

Modelos de oferta agrícola

Maria José Cyhlar Monteiro *

1. Introdução; 2. Importância dos estudos de oferta; 3. Variáveis que afetam a oferta de produtos agrícolas; 4. Modelos baseados em cortes seccionais; 5. Modelos baseados em séries cronológicas; 6. Modelos de excedente comercializável.

1. Introdução

Dentro de qualquer estudo de comercialização ocupa lugar relevante o conhecimento das relações de oferta. A derivação destas relações forma um capítulo importante da teoria econômica. Por outro lado, a obtenção de estimativas empíricas de funções de oferta é muitas vezes complexa devido seja à dificuldade de conseguir os dados primários, seja à própria complexidade dos fenômenos envolvidos.

Basicamente a oferta é uma função que relaciona as quantidades de bem que o empresário colocaria no mercado a cada preço possível, mantendo-se constantes outras forças que afetam a oferta, como estado da tecnologia, preço de insumos e outros produtos, etc. A determinação empírica desta relação é feita através de duas abordagens: séries temporais e corte seccional. As séries temporais implicam considerar a curva de

* Do Instituto Brasileiro de Economia. Trabalho realizado quando a autora fazia o curso de mestrado em economia rural na Universidade Federal de Viçosa. A autora agradece ao Prof. Sérgio A. Brandt as valiosas sugestões feitas.

oferta como incluindo os diversos preços de equilíbrio, ou seja, os preços realmente verificados no mercado, ao longo do tempo. O corte seccional se baseia no estudo da função de produção da firma (ou firmas), na obtenção a partir dela das curvas de custo e finalmente na derivação da curva da oferta como porção ascendente da curva de custo marginal.

No caso dos produtos agrícolas, há ainda que considerar na derivação empírica dos modelos de oferta certas particularidades dos diversos tipos de cultura ou criação, que irão determinar a reação do empresário aos estímulos de preço.

2. Importância dos estudos de oferta

Nos países subdesenvolvidos nunca é demais enfatizar a necessidade de se conhecer os fenômenos relativos à oferta como instrumento para se desenvolver políticas de desenvolvimento econômico globais. Por outro lado, devido à importância do setor agrícola nas economias mais atrasadas, o estudo das relações de oferta tem nestes países o objetivo de contribuir para que sejam assegurados níveis de produção de alimentos adequados no atendimento condigno das necessidades humanas. Mas os países desenvolvidos também não escapam à necessidade de estudos de oferta, desta vez como meio de controlar uma oferta excessiva e aumentar as rendas do setor agrícola.

Por outro lado, os estudos de oferta agrícola são um valioso auxílio para o planejamento da empresa agrícola auxiliando os empresários a planejar melhor seus investimentos.

O setor não-agrícola por sua vez também necessita de conhecer as situações da agricultura, que é um dos mercados potenciais para sua produção, bem como fonte insubstituível de matérias-primas.

No que se refere especificamente à comercialização agrícola os estudos de oferta são essenciais para qualquer planejamento das atividades tipicamente comerciais, como estocagem, transporte etc., ao permitir-nos prever o comportamento do produtor.

3. Variáveis que afetam a oferta de produtos agrícolas

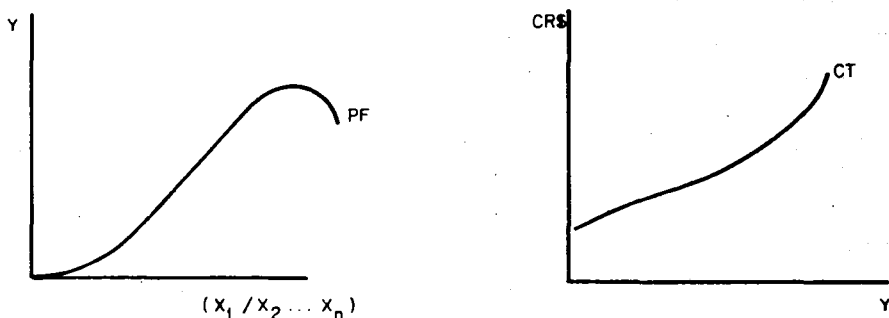
Além dos fatores comumente alinhados pela teoria microeconômica como exercendo influência sobre a oferta em geral — preço do produto, preço dos insumos, preços dos produtos competitivos, nível de tecnologia — a

oferta de produtos agrícolas está sujeita a certas influências particulares. Entre elas poderíamos alinhar condições climáticas, fatores biológicos da própria planta, características do solo etc. Devemos ainda destacar que a oferta de produtos agrícolas não pode ajustar-se aos estímulos de preço com a mesma presteza que os produtos industriais, pois não basta alterar as quantidades de insumos utilizados na produção, é indispensável respeitar o ciclo biológico da planta. A inclusão destes itens numa estimativa de oferta é por vezes impossível e torna-se necessário então encarar as estimativas obtidas com certo cuidado.

4. Modelos baseados em cortes seccionais

A função de oferta de um produto qualquer pode ser também interpretada como a porção da curva de custo marginal da firma que se situa acima da curva de custo variável médio. As curvas de custo da firma são obtidas a partir da função de produção da firma, convertendo-se as quantidades de insumos que aparecem no eixo horizontal da representação gráfica da função da produção em seus valores correspondentes e alterando-se a posição dos eixos.¹

Representação gráfica da função de produção e da curva de custo total



As funções de produção são em geral construídas para firmas isoladas podendo, entretanto, ser agregadas de modo a representar uma indústria. O que mais nos interessará aqui é destacar certas pressuposições implícitas

¹ Qualquer livro de microeconomia nos apresenta a dedução deste modelo; ver, por exemplo, Henderson, J. M. & Quandt, R. E. *Microeconomic theory*. New York, McGraw-Hill Book Co., 1958. 431 p.

na derivação de funções de oferta a partir de funções de produção e que terão grande importância na interpretação dos dados obtidos com este método: a) não há economias nem deseconomias externas, isto é, variações no tamanho da firma não afetam o nível de custos; b) alta correlação entre quantidades oferecidas no mercado e quantidades produzidas. A função estimada ao correlacionar preços e quantidades produzidas "elimina" a produção especulativa, retentiva e de subsistência; c) o número de firmas, o preço dos insumos, o preço dos produtos competitivos e a tecnologia são mantidos constantes; d) supondo-se que os produtores são maximizadores de lucros, pressupõe-se que elas tenham conhecimento perfeito das condições do mercado; e) em qualquer ponto específico do tempo nem todas as firmas estarão em equilíbrio, mas todas caminham nesse sentido; f) qualquer grupo de firmas para as quais é feita a estimativa tem função de custo similar.

Apesar destas restrições incorporadas na função de oferta derivada de estudos de corte seccional, este método apresenta uma série de vantagens que poderiam ser assim sumarizadas: a) é possível obter estimativas para qualquer área geográfica ou mercadoria; b) torna mais fácil a avaliação dos impactos de variações específicas em tecnologia ou política, sobre produção e renda do produtor; c) possibilita o uso de dados de insumo/produto coletados com outras finalidades.

Por outro lado, o uso de método de corte seccional em estudos de oferta apresenta desvantagens que podem ser assim descritas: a) as reações de oferta derivadas são reações ótimas e não reações observadas; b) é difícil manipular as inter-relações de preço e de produção de produtos alternativos; c) há dificuldade extrema de prever progressos tecnológicos específicos e sua taxa de difusão; d) o envolvimento de grande número de indivíduos com diferentes filosofias de pesquisa torna difícil manter uma metodologia consistente para a agregação de funções individuais; e) o custo deste tipo de pesquisa excede o de pesquisas de tipo alternativo; f) dificuldade de quantificar a fidedignidade das estimativas num sentido estocástico; g) dificuldade de definir os ativos com relação à fixidez temporal.

Heady² menciona ainda fato de que poucas firmas agrícolas produzem um único tipo de produto, o que só não seria relevante se: a) todos os produtos fossem competitivos tecnicamente; e b) fosse possível alocar separadamente o uso de insumos.

² Heady, Earl O. et alii. *Agricultural production functions. Estimating techniques & interpretations*. Ames, Iowa, 1961. 305 p.

Por outro lado, surgem problemas estatísticos de multicolinearidade, dificuldades de mensuração das variáveis bem como a impossibilidade de incorporar grande número de insumos distintos numa única equação. Isto nos leva também à necessidade de agregar os produtos mediante transformações de valor o que pode provocar certas distorções nos resultados obtidos.

Finalmente, lembremos que há ainda problemas impossíveis de solucionar como da inclusão nas estimativas dos efeitos residuais que são deixados por certos insumos como fertilizantes.

Embora pareça difícil no estado presente de conhecimento econômico superar as limitações aqui ressaltadas, o uso de estimativas de oferta derivadas a partir de funções de produção é, muitas vezes, a única alternativa possível.

5. Modelos baseados em séries cronológicas

5.1 Culturas temporárias

Talvez seja neste campo que tanto a teoria quanto os estudos empíricos se tenham desenvolvido com maior intensidade. Basicamente a hipótese feita é a de que quanto maior o preço mais elevada a quantidade oferecida pelo produtor, *ceteris paribus*. Então se trataria de obter as informações de preço e quantidade oferecida e através do método dos mínimos quadrados se estimariam as regressões pertinentes. Em torno deste tipo de modelos surgem discussões quanto à elasticidade da oferta dos produtos agrícolas, isto é, à sensibilidade da resposta dos agricultores face aos estímulos de preços. Durante muito tempo acreditou-se que o agricultor dos países subdesenvolvidos não reagisse aos estímulos de preço, ou seja, que a oferta de produtos agrícolas fosse bastante inelástica. A importância da verificação de uma afirmativa destas em termos de política econômica não precisa ser enfatizada, daí a razão de se dar tanto destaque a este ponto.

Genericamente, e em sua forma mais simples, a função de oferta poderia ser representada como:

$$Y_x = (P_{x_i+1}, P_1, \dots P_n, I_1, \dots I_n) \quad (1)$$

onde

Y_x = quantidade oferecida do x

P_x = preço do bem x recebido pelo produtor no período $t - 1$

$P_1 \dots P_n$ = preço dos demais bens, substitutos e complementares

$I_1 \dots I_n$ = preço dos insumos utilizados na produção do bem x .

Em torno deste modelo foram feitas variações procurando-se acrescentar variáveis capazes de melhorar o poder explicativo do modelo como rendimento da lavoura em questão, indicadores do comportamento climático, etc.

5.1.1 Modelos com retardamentos

Uma contribuição importante ao aperfeiçoamento dos modelos de oferta foi a introdução por Nerlove do conceito de retardamento. A principal pressuposição da teoria dos retardamentos distribuídos é a de que o ajuste de produção não se faz imediatamente após o estímulo de preços, mas que condições técnicas específicas fazem com que a reação do agricultor só se manifeste totalmente após vários períodos. Estes retardamentos decorrem de três fontes: ³ a) retardamento psicológico, ou seja, lapso de tempo que transcorre entre o momento em que ocorre a mudança de preço ou o reconhecimento de que o preço mudou e a alteração das expectativas baseadas naquele preço. Em certos casos pode-se considerar ainda um retardamento adicional devido à resistência às mudanças; b) o retardamento físico, referente ao tempo mínimo necessário à alteração da produção devido às suas características biológicas; e c) o retardamento econômico, que se refere ao tempo necessário para mudar os ativos fixos da empresa.

A forma matemática desta função de oferta a longo prazo é expressa como:

$$Y^* = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + E \quad (2)$$

em que Y^* representa a produção desejada a longo prazo, X_1 é o preço real do produto, X_2 preço real de um produto competitivo e E o termo de erro aleatório.

³ Brandt, S. A. Derivação de funções de oferta a partir de funções de produção e de modelos com retardamentos distribuídos. *Bol. Técn.*, SP, IEA, n. 14, 1969.

Y^* sendo uma variável que não pode ser observada empiricamente, temos que recorrer então a uma aproximação, que geralmente toma a forma

$$Y_t - Y_{t-1} = \beta(Y_t^* - Y_{t-1}) \quad (3)$$

Esta relação exprime a quantidade que os agricultores produzirão efetivamente como uma parcela da variação a longo prazo. O parâmetro β , denominado coeficiente de ajustamento, exprime quando em forma logarítmica a elasticidade de ajustamento. Assim o comportamento da produção Y ao longo do tempo será refletida pela magnitude de β , quanto mais próximo de 1 estiver o valor de β tanto menor o tempo que a produção levará para alcançar o nível desejado.

Considerando as equações (2) e (3) como um sistema e resolvendo para Y_t chegamos à forma

$$Y_t = ba_0 + ba_1 X_1 + ba_2 X_2 + (1 - b) Y_{t-1} + b E \quad (4)$$

que envolve apenas variáveis observáveis e pode ser ajustada por mínimos quadrados ortodoxos. A derivação de um modelo análogo em que sejam incluídas outras variáveis que afetam a oferta como preço de insumos, rendimento da lavoura, índice de condições climáticas etc. não oferece maiores dificuldades. A inclusão da variável retardada Y_{t-1} oferece contudo um problema econométrico sério que é o da multicolinearidade. Assim, em certos casos o valor do R^2 (coeficiente de determinação) é elevado artificialmente pela inclusão desta variável.

O modelo nerloviano nesta forma parte das seguintes pressuposições: a) o nível de produção observado só é igual ao nível de produção desejado no longo prazo; b) as variações nos preços não são permanentes; c) os ajustamentos de produção só são feitos após determinado prazo, implicando a existência de custos; d) a variação observada na produção, *ceteris paribus*, é proporcional à diferença entre nível desejado correntemente e o nível previamente alcançado de produção; e) os produtores baseiam seus planos de produção nos preços da safra anterior; e f) as expectativas dos produtores são estáticas, isto é, eles acreditam que os preços correntes prevalecerão no futuro.

Um passo à frente no que tange à inclusão de maior realismo nas estimativas de oferta está no abandono da hipótese f) e sua substituição pela idéia de que as expectativas dos produtores são formadas por uma média ponderada das ofertas de longo prazo verificadas em períodos anteriores, e que os seus pesos declinam exponencialmente à medida que nos

afastamos do momento presente. Neste caso falamos de *expectativas adaptadas*. A origem desta teoria está nos estudos de Koyck sobre funções de investimento em que ele usa uma expressão

$$Y_t = \sum_{\gamma=0}^{\infty} a'_{\gamma} x_{t-\gamma} + u_t \quad (5)$$

em que $a' = a'_0 h$ onde $h < 1$

por uma transformação obtém-se uma expressão do tipo

$$Y_t = a'_0 \sum_{\gamma=0}^{\infty} h^{\gamma} x_{t-\gamma} + u_t \quad (6)$$

O coeficiente h de Koyck é conhecido como coeficiente de reação. Também é bastante simples a transformação do modelo de Koyck no de Nerlove e se verifica que $b = 1 - h$.

O principal problema envolvido no uso das séries temporais é o da identificação. Segundo mostrou Working⁴ às vezes podemos estar tentando calcular uma função de oferta e na realidade chegamos a uma função de procura, ou vice-versa. Entretanto, o uso do preço retardado, hoje comum nos estudos de oferta, evita este problema.

Ainda neste sentido merece ser citado o modelo de Cagan em que as expectativas do empresário são função dos valores esperados da variável X , em que o valor de X_t é o valor de X_{t-1} corrigido proporcionalmente ao erro cometido no período anterior.

Entretanto, destaque-se que, embora partindo de hipóteses diferentes, o resultado final dos três tipos de modelos é formalmente idêntico.⁵

5.1.2 Algumas estimativas empíricas

A título de exemplo apresentaremos aqui alguns resultados de estimativas empíricas de oferta de culturas anuais, baseados em séries temporais.

Brandt,⁶ um dos pioneiros no Brasil deste tipo de estudo, estimou a oferta de alguns produtos agrícolas no Estado de São Paulo para o período 1948/1963.

⁴ Working, E. S. What do statistical demand curves show? *Quarterly Journal of Economics*, Feb. 1927.

⁵ Para uma explanação mais detalhada, além das obras originais de Nerlove, Koyck e Cagan, ver estudo de Pastore, Affonso Celso. *A resposta da produção agrícola aos preços no Brasil*. São Paulo, APEC, 1973. 170 p.

⁶ Brandt, S. A. *Estimativa de oferta de produtos agrícolas no Estado de São Paulo*. Trabalho apresentado a IV Reunião da Sociedade Brasileira dos Economistas Rurais, São Paulo, 1966.

Algodão

$$\hat{Y}_t = 0,111 + 0,008 X_1 + 0,377 Y_{t-1} - 0,003 X_2$$

$$(0,002) \quad 0,195 \quad (0,002)$$

$$3,253 \quad 1,937 \quad 1,785$$

$$R^2 = 0,62 \quad E_p = 0,94 \quad E_p^* = 1,51 \quad E_c = 0,70$$

onde

\hat{Y}_t = produção estimada de algodão no ano t , em milhões de t

X_1 = preço pago aos produtores de algodão no ano $t-1$ no Estado de São Paulo, corrigido pelo IPPA (1948/52 = 100) expresso em cruzeiros por arroba de algodão em caroço

Y_{t-1} = produção de algodão com retardamento de um ano

X_2 = preço pago aos produtores de milho no ano $t-1$ no Estado de São Paulo corrigido pelo IPPA (1948/52 = 100) expresso em cruzeiros por saca de 60 kg

E_p = elasticidade da oferta a curto prazo

E_p^* = elasticidade da oferta a longo prazo

E_2 = elasticidade cruzada

R^2 = coeficiente de determinação

Milho

$$\log \hat{Y}_t = -0,696 + 0,446 X_1' + 0,825 Y_{t-1}' + 0,119 X_3'$$

$$(0,204) \quad (0,217) \quad (0,066)$$

$$2,186 \quad 3,802 \quad 1,803$$

$$R^2 = 0,78 \quad E_p = 0,45 \quad E_p^* = 2,55$$

onde

\hat{Y}_t = produção de milho no ano t no Estado de São Paulo, expressa em milhões de sacas de 60 kg

X_1 = preço pago aos produtores de milho no ano $t-1$ no Estado de São Paulo, corrigido pelo IPPA (1948/52 = 100) expresso em cruzeiros por saca de 60 kg

Y_{t-1} = Y_t com retardamento de 1 ano

X_3 = tendência ou tempo, expresso em anos (1949 = 1)

X'_i = $\log X_i$

Arroz

$$\log \hat{Y}_t = 0,446 + 0,623 X'_1 + 0,860 Y'_{t-1} - 0,395 X'_2 - 0,052 X_3$$

(0,219)	(0,312)	(0,221)	(0,054)
2,845	2,724	0,787	0,963

$$R^2 = 0,53 \quad E_p = 0,62 \quad E_p^* = 4,10 \quad E_c = 0,40$$

onde:

\hat{Y}_t = estimativa da produção de arroz em casca no ano t no Estado de São Paulo, expressa em milhares de sacas de 60 kg

X_1 = preço pago aos produtores de arroz no ano $t-1$ no Estado de São Paulo, corrigido pelo IPPA (1948/52 = 100) expresso em cruzeiros por saca de 60 kg

Y_{t-1} = Y_t com retardamento de 1 ano

X_2 = preço pago aos produtores de milho no ano $t-1$ no Estado de São Paulo, corrigido pelo IPPA (1948/52 = 100) expresso em cruzeiros por saca de 60 kg

X_3 = tendência ou tempo expresso em anos (1949 = 1)

X'_i = $\log X_i$

Batata

$$\hat{Y}_t = -0,490 + 0,342 X'_1 + 0,789 Y'_{t-1} - 0,235 X'_3$$

(0,166)	(0,123)	(0,157)
2,059	6,435	1,492

$$R^2 = 0,87 \quad E_p = 0,34 \quad E_p^* = 1,62$$

onde

\hat{Y}_t = estimativa da produção de batata no ano t no Estado de São Paulo, expressa em milhões de sacas de 60 kg

X_1 = preço pago aos produtores de batatas no ano $t-1$ no Estado de São Paulo, corrido pelo IPPA (1948/52 = 100) expresso em cruzeiros por saca de 60 kg

Y_{t-1} = Y_t com retardamento de um ano

X_3 = variável de tendência ou tempo expressa em anos (1962 = 1)

$X'_i = \log X_i$

Mais recentemente Pastore⁷ apresentou um estudo bastante pormenorizado sobre as funções de oferta de produtos agrícolas. Dada a quantidade de formas alternativas testadas, bem como porque trabalhou não só com a oferta a nível estadual (São Paulo) como também regional (Nordeste e Centro-Sul), assim como para o Brasil, não apresentaremos aqui os resultados obtidos por Pastore. Apenas citaremos algumas de suas conclusões. Primeiramente o autor afirma que o comportamento do agricultor é aparentemente racional, sendo que a resposta da oferta é consistente com a teoria microeconômica. Em segundo lugar destaca ele que os coeficientes de elasticidade encontrados não diferem muito daqueles de outros países. Em terceiro lugar, conclui o autor que “desde que os agricultores agem racionalmente do lado da produção deverão agir racionalmente também na alocação dos fatores”. Isto leva a outra hipótese — a de que a própria estagnação encontrada nos níveis de produtividade do fator trabalho não decorre da falta de resposta aos estímulos econômicos, mas da falta mesmo desses estímulos.

5.2 Culturas perenes

A estimativa de oferta de lavouras perenes oferece uma série de problemas muito específicos devido às condições biológicas e econômicas envolvidas. Para caracterizar bem estes problemas examinaremos detidamente o trabalho apresentado por French e Mathews,⁸ que apresenta com riqueza de detalhes a construção de um modelo para culturas perenes.

⁷ Pastore, A. C. op. cit.

⁸ French, B. C. & Mathews, J. L. *A supply response model for perennial crops*. Los Angeles, University of California. 12 p. (Gianni Foundation Paper n. 322.).

O que diferencia este modelo de outros se relaciona fundamentalmente com os ajustamentos de área e plantação e, numa especificação mais geral, de relações que parecem apropriadas à maioria das lavouras perenes.

Também são sugeridas modificações do modelo básico que permitam ao estudioso obter alguns resultados úteis dentro de uma estrutura empírica mais restrita, quando não forem encontradas séries temporais importantes.

5.2.1 Modelo geral

As lavouras permanentes se distinguem por:

- a) longo período de gestação entre o insumo inicial e a primeira produção;
- b) um extenso período de produção desde a produção inicial ou decisão de investimento;
- c) uma deterioração gradual da capacidade produtiva das plantas.

Portanto, o modelo deve explicar não só o processo de plantio, mas a remoção e substituição de plantas e deve considerar explicitamente os retardamentos entre insumo e produto e os efeitos das populações de plantas em fase produtiva.

Este modelo é agregativo, tentando explicar o comportamento dos produtores como grupo a partir de certas suposições sobre o comportamento do indivíduo.

Supõe-se que os produtores enfrentam os mesmos preços seja no caso do produto seja no caso dos fatores, têm as mesmas funções de produção e tentam maximizar os lucros. Supomos também que o comportamento do produtor individual é condicionado por expectativas referentes ao comportamento de outros produtores e ao impacto provável deste comportamento sobre a produção.

O modelo tem cinco partes principais:

- a) um par de funções explicando a produção e a área de plantas em fase produtiva desejadas pelos agricultores;
- b) função de novos plantios definidos como o ajustamento que deslocaria a área para o nível desejado;

- c) uma equação explicativa da área removida a cada ano;
- d) relação entre as variáveis de expectativas observáveis e não observáveis;
- e) equação explicativa das variações nos valores dos rendimentos médicos.

Combinando *b)* e *c)* obtemos uma equação que explica as alterações anuais de área.

A produção total é obtida por um aidentidade que multiplica a equação de área pela equação de rendimento.

5.2.1.1 Produção desejada e área

A equação explicativa das mudanças em quantidade total de produção desejada pelos produtores baseia-se em hipóteses adequadas sobre o sistema de decisão do produtor e a natureza da variação de custos e lucros.

A hipótese básica é que as variáveis principais na determinação da produção desejada são: rentabilidade esperada do bem em questão e rentabilidade esperada dos usos alternativos da terra. A rentabilidade esperada é função dos preços e custos esperados. Em qualquer momento dado os produtores deverão, supõe-se, ter em mente uma taxa de rentabilidade de longo prazo, por unidade de produto, "normal" ou de equilíbrio (L^*). Em condições de concorrência, isto implica um preço de equilíbrio cobrindo todos os custos e o lucro "normal". Cada ano os produtores formam expectativas condicionais de longo prazo sobre o provável preço médio a ser obtido com os rendimentos normais esperados ($Y_t e$) e a área plantada com espécies em idade produtiva corrente (do ano anterior) (A_{t-1}). O rendimento médio esperado para o empreendimento variará com a tecnologia e a idade média das espécies plantadas. A partir dessas expectativas condicionais de preço e das expectativas de custo, os produtores formam expectativas condicionais de lucro ($L_t e$).

Dadas suas expectativas de rentabilidade condicional e de equilíbrio os produtores tentam ajustar o nível da produção média (a produção observada pode variar de ano para ano devido a fatores biológicos e climáticos aleatórios), de modo a atingir o nível normal de rentabilidade a longo prazo. Numa economia bem desenvolvida, a taxa de ajustamento, dado um desequilíbrio na rentabilidade, pode estar condicionada pelo conhecimento que o produtor tem de que outros produtores podem ter expectativas de preço condicional e rentabilidade semelhantes às suas e

que podem reagir da mesma maneira. Assim, cada produtor pode ter uma noção (não necessariamente correta) do efeito das mudanças totais na produção sobre os preços e a rentabilidade. Estas noções determinam de quanto será alterada a produção desejada para qualquer desvio entre expectativas de rentabilidade condicional e de equilíbrio.

O processo de ajustamento pode ser expresso como:

$$Q_t^* = Q_{t-1} + c_{11} (L_t^e - L_t^*) = 0_{12} (L_{At}^e - L_{At}^*) + u_{1t} \quad (7)$$

Q_t^* = produção desejada no ano t

$Q_{t-1}^e = Y_t^e - A_{t-1} =$ produção esperada com área no nível observado em $t-1$

L_t^e = rentabilidade esperada a longo prazo, por unidade, para o bem considerado, dada a produção de Q_{t-1}^e

L_t^* = rentabilidade normal (de equilíbrio) a longo prazo por unidade de produto para o produto considerado

L_{At}^e = rentabilidade condicional esperada por unidade de produto para uso de terra alternativo

L_{At}^* = rentabilidade normal a longo prazo por unidade de produto para uso de terra alternativo

u_{1t} = termo de erro.

Embora só se tenha considerado um uso de terra alternativo, é fácil estender o modelo a mais usos alternativos. Os valores de L_t^e e L_{At}^e são considerados como se fossem determinados independentemente. O valor de c_{12} será influenciado pelas expectativas referentes aos ajustamentos da oferta para o bem (bens) alternativo (s).

Espera-se que o sinal de c_{11} seja positivo e o de c_{12} negativo, isto é, desvios positivos das expectativas de rentabilidade condicional (em relação ao nível de equilíbrio) levariam a uma produção desejada maior que a produção normal, dada a área existente em $t-1$. Por outro lado, desvios positivos da expectativa de rentabilidade condicional do uso alternativo da terra reduziria o nível corrente da produção desejada, pelo menos no curto prazo já que alguns produtores tenderiam a deslocar parte de bens e recursos para uso alternativo.

Uma vez que a decisão básica sobre a produção é concretizada basicamente em termos de área plantada e erradicada, torna-se necessária uma equação que explique as alterações na quantidade de área produtiva que os produtores desejam conservar. A partir de (7) verificamos que $Q_t^* = Y_t^e = Y_t^e A_t^*$ e $Q_{t-1}^* = Y_{t-1}^e A_{t-1}$ onde Y_t^e é o rendimento médio, ou normal, esperado, A_t é a área produtiva desejada no ano t e A_{t-1} é a área existente em $t-1$. Substituindo estes termos em (1) e ordenando, obtemos

$$A_t^* = \frac{Y_{t-1}^*}{Y_t^e} A_{t-1} + \frac{c_{11}}{Y_t^e} (L_t^e - L_t^*) + \frac{c_{12}}{Y_t^e} (L_{At}^e - L_{At}^*) + \frac{u_{1t}}{Y_t^e} \quad (8)$$

Esta equação nos permite, caso os rendimentos esperados permaneçam constantes ou possam ser medidos através de uma única variável observável, uma estimativa final que pode ser efetuada através dos métodos ordinários de regressão. Contudo, há que ter cuidado pois é incômoda, com a possível heterocedasticidade entre o termo de erro Y_t^e . Provavelmente, u_{12} em (7) tenha certa proporcionalidade em relação a Y_t^e , o que cancelaria seu efeito em (8); mas há outras possibilidades. Geralmente, Y_t^e é expressa como função de variáveis observáveis e (8) torna-se de cálculo muito trabalhoso. Podemos então usar algumas aproximações como a expansão de (8), pelo uso das séries de Taylor, em torno dos valores médios de $A_t^* - A_{t-1}$, Y_t^e , Y_{t-1}^e e abandonando todos os termos da expansão a partir do 2.º termo. Contudo, a estrutura dos coeficientes obtidos não é satisfatória, de modo que adotamos uma alternativa mais conveniente, ainda sob a forma linear e muito semelhante a (8):

$$A_t^* = A_{t-1} + c_{21} (L_t^e - L_t^*) + c_{22} (L_{At}^e - L_{At}^*) + c_{23} \Delta Y_t^e + u_{2t}$$

onde

$$\Delta Y_t^e = Y_t^e - Y_{t-1}^e \quad (9)$$

Esta será a forma usada daqui por diante. Note-se que, se as expectativas de rendimento permanecerem constantes, (8) e (9) terão idênticas formas. Note-se também que se $L_t^e = L_t^*$, $L_{At}^e = L_{At}^*$ e não houver mudanças no rendimento esperado então

$$A_t^* = A_{t-1} + u_{2t} \quad (10)$$

5.2.1.2 Novos plantios

Dado o nível desejado de área produtiva, A_t^* , os novos plantios desejados, N_t^* , serão a quantidade necessária para levar a área produtiva observada ao nível desejado. Evidentemente, não teremos uma resposta imediata, a menos que $N_t^* = A_{t-1}$. Haverá um intervalo de k anos, sendo k igual ao período de maturação das espécies, para se atingir aquela igualdade. Assim, operacionalmente, poderemos substituir A_t^* por A_{t+k}^* na expressão (9). Obtemos a partir daí uma expressão para os novos plantios que são determinados pela diferença entre $A_{t+k}^* - A_{t-1}$, bem como pelos plantios efetuados anteriormente e que atingiram a idade produtiva e pelos exemplares que serão removidos durante os próximos k anos, inclusive t .

$$N_t^* = A_{t+k}^* - A_{t-1} + R_{kt}^e - N_{kt-1} \quad (11)$$

$$(N_t^* \geq 0)$$

onde

N_t^* = área de novo plantio desejada pelos produtores no ano t

R = anos transcorridos entre plantio e início da produção

R_{kt}^e = área total esperada de ser erradicada nos próximos k anos (inclusive t)

$N_{kt-1} = \sum_{i=1}^k N_{t-i} =$ área total plantada a partir de $t-k-1$ (área não-produtiva em $t-1$)

O valor de R_{kt}^e envolve dois componentes: exemplares não-produtivos e exemplares produtivos que devem ser erradicados devido à ação de pragas e moléstias, e exemplares velhos que devem ser erradicados em virtude do declínio de sua capacidade produtiva. A erradicação do primeiro grupo tende a ser proporcional à extensão das áreas produtiva e não-produtiva. A erradicação do segundo grupo tende a estar altamente correlacionada à extensão da área com exemplares cuja produtividade entrou na fase de declínio significativo. Embora R_{kt}^e possa também ser afetada por mudanças nas expectativas de preço, a erradicação se concentrará no grupo de exemplares mais antigos, de modo que não é de se esperar que as expectativas de preço alterem significativamente as expectativas de erradicação globais nos próximos k anos.

Designando a área com exemplares mais antigos por A^0 , obtemos então:

$$\begin{aligned} R_{kt}^e &= c_{31} A_{t-1}^0 + c_{32} (N_{kt-1} + A_{t-1} - A_{t-1}^0) + u_{3t} = \\ &= c_{33} A_{t-1}^0 + c_{32} N_{kt-1} + c_{32} A_{t-1} + u_{3t} \end{aligned} \quad (12)$$

sendo: u_{3t} , o termo de erro

$$0 \leq c_{31} \leq 1$$

c_{32} uma proporção muito pequena

O valor de c_{32} pode diferir para exemplares não-produtivos e produtivos, mas como não é muito importante será considerado constante.

N_t , o plantio observado num dado ano, pode diferir do plantio desejado para esse ano devido a uma série de motivos como atritos, rigidez, erro de julgamento e efeitos decorrentes da ação de muitos produtores distintos. A fim de incluir estas diferenças no modelo podemos recorrer a uma relação de ajustamento parcial da forma

$$N_t - b N_{t-1} = a(N_t^* - b N_{t-1}) + e_t \quad (13)$$

ou simplificando

$$N_t = a N_t^* + b (1 - a) N_{t-1} + e_t \quad (14)$$

onde

$0 \leq a \leq 1$ coeficiente de ajustamento

$0 \leq b \leq 1$ termo que permite absorver os efeitos residuais de desejos de plantio não concretizados no passado.

Observa-se que quando $b = 1$ caímos numa relação do tipo nerloviano comum e se $b = 0$, a não concretização do nível desejado de novos plantios não repercutirá sobre os plantios futuros.

As suposições feitas sobre o valor de b são bastante estratégicas nos casos de falhas nas séries temporais referentes a replantio. É razoável supor que se b está próximo de zero, N desaparece; podendo ser também eliminado na relação de oferta final. Para que b seja zero é necessário que as decisões sejam implementadas tão logo sejam tomadas, o que pressupõe determinados requisitos.

Supondo $b = 0$, pode-se fazer as substituições adequadas nas equações precedentes e chegar ao resultado final.

$$N_t = c_{51} (L_t^e - L_t^*) + c_{52} (L_{At}^e - L_{At}^*) + c_{53} \Delta Y_t^e + c_{54} A_{t-1}^0 + c_{55} N_{kt-1} + c_{56} A_{t-1} + u_{5t} \quad (15)$$

onde

$$\begin{aligned} c_{51} &= ac_{21} & c_{55} &= a(c_{31} - 1) \\ c_{52} &= ac_{22} & c_{56} &= ac_{32} \\ c_{53} &= ac_{23} & u_{5t} &= a(u_{2t} + u_{3t}) + e_t \\ c_{54} &= ac_{33} \end{aligned}$$

5.2.1.3 Área erradicada

Além das conclusões quanto à produtividade que influenciam as erradicações esperadas, a área produtiva realmente erradicada ao fim de cada ano pode ser afetada por: a) fatores fortes; b) expectativas de lucro a curto prazo para o ano seguinte (se estas foram altas, parte da erradicação pode ser adiada, caso contrário poderão ser apressadas); e c) fatores aleatórios associados a desvios entre os planos e as ações dos produtores.

Como ocorre com R_{kt}^e , a proporção de erradicações anuais devida à queda de produtividade parece estar altamente correlacionada com a área plantada com exemplares cuja idade está além do limite em que a produtividade inicia um declínio significativo. Isto pode ser medido mais convenientemente da forma usada para A^0 na equação (12), portanto

$$R_t = c_{60} + c_{61} A_t^0 + c_{62} A_t^0 (L_t^e - L_t^*) + c_{63} A_t^0 (L_{At}^e - L_{At}^*) + c_{64} Z_t + c_{65} A_t + u_{6t} \quad (16)$$

onde

R_t = área erradicada no fim do ano (agrícola) t

A_t^0 = área que excede determinada idade no ano t

L_t^e = expectativas de lucro a curto prazo (por unidade de produto) feito no ano t em relação a $t + 1$

L_{At}^e = a mesma coisa em relação ao uso alternativo da terra

L_t^*, L_{At}^* = rentabilidade normal de longo prazo, por unidade de produto no ano t

Z_t = variável representativa dos fatores institucionais ou físicos relevantes

A_t = área produtiva no ano t

u_{6t} = termo de erro

É possível que L_t^e e L_t^* sejam idênticos mas isso não ocorre necessariamente. Espera-se que os sinais de c_{61} , c_{63} e c_{65} sejam positivos e que c_{62} tenha sinal negativo. O sinal de c_{64} depende do tipo de variável considerada e de seu sentido, seria positivo, por exemplo, para a expansão urbana ou para geadas.

5.2.1.4 Mudanças na área

A mudança total na área produtiva de um ano para outro pode ser definida

$$A_t - A_{t-1} = (1 - c_{32}) N_{t-k} - R_{t-1} + v_{1t} \quad (17)$$

onde k e c_{32} são definidos como anteriormente e v_{1t} representa variações aleatórias insignificantes nas perdas decorrentes de moléstias. Substituindo (15) e (16) na expressão (17) obtemos

$$\begin{aligned} A_t - A_{t-1} = & c_{70} + c_{71} (L_{t-k}^e - L_{t-k}^*) + c_{72} (L_{At-k}^e - L_{At-k}^*) + \\ & + c_{73} \Delta Y_{t-k}^e + c_{74} A_{t-k-1}^0 + c_{75} A_{t-1}^0 + c_{76} A_{t-1}^0 - \\ & (L_{t-1}^e - L_{t-1}^*) + c_{77} A_{t-1}^0 (L_{At-1}^* - L_{At-1}^*) + \\ & + c_{78} Z_{t-1} + c_{79} N_{kt-k-1} + c_{710} A_{t-k-1} + \\ & + c_{711} A_{t-1} + u_{7t} \end{aligned} \quad (18)$$

onde

$$c_{70} = -c_{60}$$

$$c_{77} = -c_{63}$$

$$c_{71} = (1 - c_{32}) c_{51}$$

$$c_{78} = -c_{64}$$

$$c_{72} = (1 - c_{32}) c_{52}$$

$$c_{79} = (1 - c_{32}) c_{55}$$

$$c_{73} = (1 - c_{32}) c_{53}$$

$$c_{710} = (1 - c_{32}) c_{56}$$

$$c_{74} = (1 - c_{32}) c_{54}$$

$$c_{711} = -c_{65}$$

$$c_{75} = -c_{61}$$

$$u_{7t} = (1 - c_{32}) u_{5t-k} + u_{6t-1} + v_{1t}$$

$$c_{76} = -c_{62}$$

Portanto, a equação (18) indica que as mudanças na área produtiva de lavouras perenes entre os anos $t-1$ e t é determinada pelo lucro unitário e pelas expectativas de rendimento do ano $t-k$, pela plantada com exemplares velhos nos anos $t-k-1$ e $t-1$, pelas expectativas de lucro a curto prazo do ano $t-1$ (multiplicadas pela área com exemplares antigos em $t-1$) por fatores institucionais ou físicos, pelo volume da área não produtiva em $t-k-1$, pela área produtiva total em $t-1$ e $t-k-1$ e por um termo de erro aleatório. Espera-se que os coeficientes c_{72} , c_{63} , c_{75} , c_{77} , c_{79} e c_{711} tenham sinal negativo; c_{71} , c_{74} , c_{76} e c_{710} teriam sinal positivo e o sinal de c_{78} dependeria das especificações da variável Z . Os coeficientes c_{710} e c_{711} que representam as perdas médias decorrentes de moléstias e pragas serão geralmente muito pequenos. Contudo, nas aplicações empíricas da expressão (18) pode ser conveniente abandonar A_{t-k-1} e A_{t-1} em virtude de possíveis intercorrelações.

5.2.1.5 Expectativas dos produtores

A equação (18) contém sete variáveis referentes a expectativas não-observáveis (ΔY^e , L^* , L_A^* , L^e , L_A^e , L^s e L_A^s), portanto torna-se necessário formar hipóteses que relacionem as expectativas a variáveis observáveis.

As mudanças esperadas nos rendimentos normais ou médios parecem relacionar-se com a declividade de uma linha de tendência ajustada aos rendimentos recentes de plantas em plena capacidade produtiva. Estas expectativas poderiam ser também modificadas pela introdução de alguma nova prática cultural ou por uma variedade com rendimentos mais altos e até, talvez, pelo conhecimento da distribuição etária das plantas (embora este seja um fator muito importante não é de se esperar que o agricultor forme suas expectativas de forma tão sofisticada, o que, naturalmente, pode provocar diferenças entre os níveis desejado e observado de produção). Para mudanças discretas na tecnologia podemos usar variáveis do tipo 0-1 para representar as mudanças nas expectativas. Em geral, o rendimento esperado pode ser representado por:

$$\Delta Y_t^e = (Y_{mt-1}, Y_{mt-2}, \dots, v_{2d}) \quad (19)$$

onde Y_m representa o rendimento dos exemplares em fase produtiva. A forma específica da função será determinada para cada caso por estudos empíricos.

O problema das expectativas de rentabilidade, embora semelhante, é mais complexo. As previsões de longo prazo seriam essencialmente aque-

las fornecidas pela teoria econômica e os ajustamentos necessários seriam aqueles que conduzissem a área plantada a seus níveis de equilíbrio.

Para definir e medir L_t^* devemos considerar $L_t = P_t - C_t$ (preço menos custo médio).⁹ Em concorrência perfeita esta diferença estaria próxima de zero, considerando-se os "lucros normais". O valor dos lucros normais variaria no tempo de acordo com a estimativa da indústria e possivelmente com o nível dos custos médios (sobretudo se a variação destes se relaciona estreitamente com o nível geral de preços). Na falta de valores observados poderíamos usar as seguintes aproximações:

$$L_t^* = c_{80} + c_{81} C_t + u_{8t} \quad (20)$$

$$L_{At}^* = c_{90} + c_{91} C_{At} + u_{9t} \quad (21)$$

C_t deverá ser considerado uma variável exógena e estimado através dos métodos apropriados, sejam eles econométricos ou sintéticos (projeções baseadas em simulações condicionais). De qualquer forma será possível usar (20) e (21) para substituir L_t^* por C_t nas equações (15), (16) e (18).

O lucro unitário esperado L_t^* , associado à área A_{t-1} , poderia ser o lucro observado em $t-1$. Contudo, as culturas permanentes estão sujeitas a grandes flutuações em rendimento e produção de ano para ano, de modo que é possível que os produtores considerem sua experiência num número maior de anos como sendo um melhor indicador da rentabilidade esperada. Este indicador pode ser representado por uma média simples ou podemos empregar um método mais sofisticado como o que se poderia derivar de um modelo de expectativas adaptadas do tipo nerloviano. Em alguns casos uma variável sintética d_t pode ser acrescentada, representando modificações temporais de L_t^* em consequência de fatos inesperados que alterem subitamente as fontes de oferta de trabalho. Assim, é possível escrever:

$$L_t^* = h(L_{t-1}, L_{t-1}, \dots, L_t, v_{3t}) \quad (22)$$

$$L_{At}^* = h_A(L_{At-1}, L_{At-2}, \dots, v_{4t}) \quad (23)$$

e através de investigações empíricas é possível determinar a forma específica da equação para cada caso. De forma geral as médias simples serão, ainda, os melhores indicadores do lucro passado.

⁹ Quando não for possível obter-se dados para estimar C_t é ainda possível considerar o custo como função de algum índice associado a alterações dos custos, tal como o dos salários.

As expectativas de lucro a curto prazo para o ano $t + 1$ (L_t^s e L_{At}^s) podem ser determinadas como (22) e (23). Também é razoável supor que a experiência mais recente deva ter peso maior, de modo que $L_t^s = L_t$. Mas isto também deve ser confirmado empiricamente. Em casos particulares, variáveis representativas de fatos outros que pareçam ter sido relevantes podem ser incluídas nas funções de expectativas de lucros.

5.2.1.6 Rendimentos

O rendimento por ha de uma cultura perene varia com a idade dos exemplares produtivos, com a tecnologia (práticas culturais, variedades etc.) e com fatores de tempo ou biológicos. Em alguns casos, os rendimentos correntes também podem se relacionar com os rendimentos passados e podem também variar em resposta às expectativas de lucro, principalmente por colheitas mais ou menos cuidadosas e intensivas; entretanto, estes fatos não serão incluídos no modelo geral.

Os efeitos das alterações tecnológicas são medidos por variáveis de tendência (função do tempo ou variáveis *dummy*). Os efeitos de clima e dos fatores biológicos são habitualmente representados por distúrbios aleatórios. Assim:

$$Y_t = \sum_{i=k}^h g_i A_{it} + c_{71} r + v_{5t} \quad (24)$$

onde

A_{it} = área com i anos de idade no período t

k = ano inicial da produção

h = idade máxima (razoável) da planta

t = tempo

v_{5t} = termo de erro

Quando a cultura for produtiva num número muito grande de anos é possível, para simplificar a expressão (24) e ganhar graus de liberdade, agrupar as plantas em classes, cujo rendimento seja aproximadamente igual.

No caso de existirem séries de exemplares plantados e erradicados ano a ano é possível através de manipulação de expressões anteriores (referente a plantio e erradicação) determinar a área correspondente a cada área.¹⁰

Quando os dados referentes à distribuição etária dos exemplares não existirem, o que se pode fazer é medir o rendimento como função do tempo, com o cuidado de evitar que as variações devidas a um ciclo de idade não sejam projetadas como tendência. Assim poderíamos aplicar:

$$Y_t = g_{20} + g_{21} (A_t - A_{t-h}) + g_{22} T = v_{7t} \quad (25)$$

onde h é um número pequeno como 2, 3 ou 4.

5.2.1.7 Estimação dos parâmetros

Substituindo em (15) as expressões (19), (20), (21), (22) e (23), obtemos uma equação de novos plantios em que as variáveis são predeterminadas em relação a N_t . Da mesma forma, especificando uma relação entre L_t^s e uma variável observável, tal como $L_t^s = L_t$, a equação (16) (área erradicada) pode ser expressa em função de variáveis predeterminadas. Se é razoável supor que os termos de erro sejam distribuídos aleatoriamente com média zero e variância constante, os parâmetros daquelas equações podem ser calculados por mínimos quadrados ordinários. Contudo, os termos de erro encontrados nessas expressões são de natureza bastante complexa, de modo que é necessário realizar testes em cada caso concreto.

As estimativas dos parâmetros da expressão (19) podem ser derivadas de (15) e (16), desde que seja possível estimar $(1 - c_{32})$, que aparece como parte de c_{55} (15) e está implícita em (16).

Os rendimentos também podem ser estimados através dos mínimos quadrados ordinários. A identidade $Q_t = A_t Y_t$ completa a estimativa estatística do sistema de resposta da oferta.

O principal problema, contudo, parece estar na limitação dos dados disponíveis relativos a novos plantios, área erradicada e distribuição etária das plantas. Quando os dados de plantio e erradicação faltarem é possível estimar os parâmetros de (18) diretamente, utilizando as funções de expectativa, o que lamentavelmente implica perda de graus de liberdade.

¹⁰ Veja p. ex. French & Mathews. op. cit.

O tempo de erro u_{7t} na expressão (18) se revela não-correlacionado serialmente, se não existir correlação serial entre u_5 e u_6 , os demais erros estiverem distribuídos independentemente, ao contrário do que aparece à primeira vista. Embora o distúrbio decorra de fatos passados, não está correlacionado com seus valores passados.

O último problema importante é o da possível falta de informações sobre A^0 , área com idade mais antiga, que então deverá ser estimada através de alguma aproximação. Por exemplo, em períodos em que a área permanece estável, é possível tornar $A_t^0 = a_1 A_t$, em que a_1 será um coeficiente de proporcionalidade em relação à área total.

5.2.2 Alguns resultados empíricos

Outros modelos empíricos aplicados às lavouras permanentes são os de Arak¹¹ e Bacha,¹² ambos relativos ao café. Em sua tese de Ph.D. Arak abordou a relação entre o estoque de árvores e os movimentos de preço. A disponibilidade de dados sobre o café brasileiro permitiram a Arak realizar vários testes e experimentar vários modelos. Sua tese concentrou-se sobre os fatores determinantes da oferta sob controle do agricultor, a saber: o estoque e distribuição etária dos cafezais. Dado que o número total de cafeeiros e o número em cada grupo etário dependem da decisão dos agricultores sobre plantio e erradicação ou abandono, sua pesquisa analisou estas decisões e procurou estimar a resposta dos agricultores às mudanças de preço para cada tipo de decisão.

Para cada região, devido à diferença em suas características específicas, Arak experimentou modelos diferentes. Para a área de São Paulo, um dos modelos testados supôs que o plantio no ano t fosse função das expectativas de preço dos agricultores naquele ano, da disponibilidade de terra apta ao plantio de café e da composição etária do estoque de cafeeiros. Em outro modelo, Arak toma como variável independente a taxa de plantio em lugar do seu nível, as variáveis dependentes sendo as mesmas. Assim:

$$(1) \quad N_t = a_0 + a_1 p_t^* - \left(T_0 + \sum_{i=1}^t N_i \right) + a_2 T_{At}$$

$$(2) \quad \frac{NT}{T_{t-1}} = a_0 + a_1 p_t^* - \left(T_0 + \sum_{i=1}^t N_i \right) a_2 T_{At}$$

¹¹ Arak, Marcelle. Estimation of asymmetric long run supply functions: the case of coffee. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, v. 17, n. 1, p. 15-22, 1969.

¹² Bacha, Edmar L. *Análise econométrica do mercado internacional do café e da política brasileira de preços*. IBRE-FGV, 1970. 45 p. (Ensaio Econômico da EPGE. n. 2).

Sendo:

N_t = plantio no ano t

T_{t-1} = estoque de árvores no ano $t-1$

P_t^* = preço esperado no ano t

T_0 = estoque de árvores no ano zero

N_i = plantio no ano i

T_{At} = percentagem de cafeeiros com 10 anos e mais no ano t

Usando estes modelos (sem fazer ajustamentos para retardamento) Arak chegou a resultados bastante elevados. A elasticidade do plantio anual com relação aos preços do café foi de 2,0 no primeiro modelo e 2,3 no segundo modelo. O período analisado foi a série 1930-1955.

Para os Estados de Minas Gerais e Espírito Santo as hipóteses formuladas foram diferentes. O período de análise foi 1927-1955. O modelo geral empregado poderia ser assim resumido:

$$(3a) \quad T_t^* = a + bp_t^* \quad ; \quad b \neq 0$$

$$(3b) \quad N_t = g_2 (T_t^* - T_{t-A}) \quad ; \quad 0 \leq g_1 \leq 1 \quad ; \quad T_t^* > T_{t-1}$$

$$(3c) \quad N_t = 0 \quad T_t^* = T_{t-1}$$

$$(3d) \quad R_t = E_t \quad T_t^* \geq T_{t-1}$$

$$(3e) \quad R_t = 0 \quad T_t^* \leq T_{t-1}$$

$$(3f) \quad E_t = g_2 (T_t^* - T_{t-1}) \quad -1 \leq g_2 \leq 0 \quad ; \quad T_t^* < T_{t-1}$$

A expressão (3a) pressupõe que o estoque desejado pelo agricultor é função de sua expectativa sobre o preço real do café. As expressões (3b) e (3c) afirmam que os novos plantios serão proporcionais à diferença entre cafeeiros desejados e cafeeiros existentes se esta for positiva, serão nulos em caso contrário. As expressões (3d) e (3e) formulam hipóteses sobre as erradicações e replantios. Erradicação e replantio serão iguais quando o estoque desejado for igual ou maior do que o existente, caso contrário serão nulos. A expressão (3f) indica que as erradicações serão proporcionais à diferença entre os estoques desejados e existentes e se verificarão quando o estoque existente for maior do que o desejado. Arak ainda fez hipóteses adicionais supondo uma correspondência direta entre o estoque total de cafeeiros e o estoque de cafeeiros adultos (plantas com três anos ou mais). Portanto, a variável dependente foi a variação no

estoque de cafeeiros adultos e seu modelo tentou estimar os efeitos do plantio e da erradicação sobre aquela variável. Os resultados referentes às estimativas de plantio foram considerados satisfatórios, o que não aconteceu com os resultados referentes à erradicação. As estimativas sugeriram uma elasticidade a longo prazo de 0,54 e 0,28 para Minas Gerais e Espírito Santo, respectivamente.

No caso do Paraná, Arak trabalhou com um conjunto de hipóteses diferentes, dado que esta região pode ser considerada como uma fronteira aberta após a II Guerra Mundial e tendo tido uma taxa de crescimento notável. Arak tomou a taxa de alocação A_t / C_t como uma função dos preços relativos do café e de outras lavouras. A_t é a variação na área com cafeeiros adultos no estado e C_t é a variação na área agrícola total do estado. A elasticidade-preço encontrada foi de 0,955.

Bacha em sua tese de doutorado também estudou a procura e oferta mundiais de café. A oferta mundial foi dividida em dois modelos, um aplicado aos países produtores da África e América de língua espanhola, o outro específico para São Paulo.

Em linhas gerais seu modelo tem a forma:

$$(4a) \quad T_{t-n}^* = a + bP_{t-n}^*$$

$$(4b) \quad N_{t-n} = g_1 (T_{t-n}^* - T_{t-n-1})$$

$$(4c) \quad A_t = T_{t-n}$$

$$(4d) \quad Q_t = s A_t$$

$$(4e) \quad Q_t = 3 g_1 a + SS_1 bP_{t-n}^* + (1 - S_1) Q_{t-1}$$

Verifica-se que as expressões (4a) e (4b) representam as mesmas hipóteses apresentadas no modelo de Arak. (4c) identifica o estoque de cafeeiros adultos com aquele existente n anos atrás, o que é possível graças a uma hipótese simplificadora considerada por Bacha: a de que o agricultor "representativo" prevê no ano $t-n$ (sendo n o período de maturação dos cafeeiros) o número de árvores que irá erradicar daí a n anos e providencia um plantio destinado a compensá-los. Com (4d) se determina que o produto é proporcional ao estoque de cafeeiros adultos. Finalmente, (4e) é uma expressão derivada das anteriores, através das quais Bacha faz suas estimativas. Note-se que o modelo é simplificado pela hipótese adicional de que as expectativas de preço nunca foram tão baixas de modo a permitir que o estoque existente excedesse o estoque desejado, no período de análise, 1940-60.

Em 1966, Coni e Moura¹³ em sua tese objetivou estimar e analisar a elasticidade-preço da produção do cacau no curto e no longo prazo, bem como estimar e analisar a elasticidade de ajustamento da produção atual para a produção de equilíbrio. Em seu modelo pressupõe que a elasticidade-preço para a quantidade plantada seja igual à elasticidade-preço para a quantidade produzida. Usou como variáveis dependentes a área retardada e os preços passados. Considerou que as variáveis independentes eram predeterminadas. A equação estatística apresentou a seguinte forma:

$$\log Y = \log a + b_1 \log X_1 + b_2 \log X_2 + u$$

onde

Y = área cultivada com cacaueiros produtivos no ano t , expressa em milhares de hectares

X_1 = área cultivada com cacaueiros produtivos com retardamento de seis anos, em milhares de hectares

X_2 = preço real pago ao produtor, calculado como média de seis anos atrás

u = termo de erro aleatório

O coeficiente de determinação múltipla encontrado foi de 0,918. A elasticidade-preço a curto prazo foi de 0,436 e a elasticidade de ajustamento a curto prazo apresentou um valor de 0,47. Ainda foi calculada a elasticidade-preço a longo prazo (coeficiente de regressão dividido pelo coeficiente de ajustamento), que foi de 0,930.

Outros estudos sobre oferta de cacau ajustada segundo processos alternativos são apresentados por Almeida.¹⁴ Foram ajustadas 62 equações, usando-se dados de corte seccional e de séries temporais. Destas, quatro foram destacadas para discussão, concluindo-se que:

a) as estimativas de oferta para o produto a partir de funções Cobb-Douglas mostraram-se inconsistentes com a teoria em relação a sinal e valor da elasticidade-preço;

¹³ Coni e Moura, Geraldo A. de. *Relações estruturais da oferta de cacau no Brasil, 1924-1963*. Tese de mestrado. U.F.V., 1966. 63 p. mimeogr.

¹⁴ Almeida, Jayme R. de. *Estimativa da oferta de cacau ajustada segundo processos alternativos*. Um ensaio metodológico. U.F.V., 1971. 6 p. mimeogr.

b) a introdução de retardamento aumentou os valores de R^2 e Durbin-Watson;

c) o uso de equações ajustadas numericamente apresentou resultados satisfatórios.

Quanto ao item b), cabe notar que o uso de variáveis retardadas eleva automaticamente o valor do R^2 .

Bateman¹⁵ propõe quatro modelos gerais destinados a explicar as diferentes formas pelas quais o agricultor pode reagir às variáveis econômicas durante a fase de plantio. O primeiro modelo foi desenvolvido pelo autor para explicar a oferta do cacau em Sharma. Sua forma é:

$$X_t = a_0 + a_1 \bar{P}_t + a_2 \bar{S}_t + u_t$$

em que o número de hectares plantado X_t é explicado como função do valor médio dos preços futuros \bar{P}_t da lavoura estudada, bem como do valor médio dos preços futuros \bar{S}_t de uma lavoura alternativa. Supõe-se que as expectativas de preços dos agricultores se formem de acordo com o modelo de retardamentos distribuídos:

$$(a) \quad \bar{P}_t - \bar{P}_{t-1} = b (P_t - \bar{C}_{t-1})$$

$$(b) \quad \bar{S}_t - \bar{S}_{t-1} = b (S_t - \bar{S}_{t-1})$$

O segundo modelo considera o *estoque* de árvores como função dos preços esperados:

$$T_t = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 \bar{P}_t + \hat{b}_2 \bar{S}_t + u_t$$

introduzindo os preços esperados a e \hat{b} do modelo anterior chegamos a

$$X_t = \hat{b}_0 a + \hat{b}_1 a \bar{P}_t + \hat{b}_2 a \bar{S}_t - \hat{b} T_{t-1} + \bar{u}_t$$

Nota-se a introdução da variável defasada T_{t-1} . A formulação empregando o estoque de árvores elimina um problema do primeiro modelo que era rígido em relação à queda de preços. Mas parece que este modelo

¹⁵ Bateman, Merrill. Supply response in the Colombian coffee sector - The Rand Corporation. Memorandum RM-5780 RC/AID, Oct. 69. 49 p. — Supply relations for perennial crops in the less developed areas. In: Wharton, C. R. ed. *Subsistence agriculture and economic development*. Chicago, Aldine. Pub. Co., 1970. p. 243-53.

superestima a resposta do agricultor aos preços, o que levou à formulação do terceiro modelo: *estoque desejado* de árvores como função dos preços.

$$T_t^* = c_0 + c_1 \bar{P}_t + c_2 \bar{S}_t + u_t$$

T_t^* , o estoque desejado no ano t , é o estoque de equilíbrio a longo prazo, dadas as expectativas sobre o nível dos preços futuros.

Fazendo-se uma hipótese sobre o processo de ajustamento

$$T_t - T_{t-1} = g(T_t^* - T_{t-1})$$

e substituindo na expressão para T^* , encontraremos o estoque de árvores retardado de dois períodos, o que pode levar a experimentos interessantes quanto ao comportamento do agricultor. Por outro lado, aparecem expressões em que se torna impossível distinguir os coeficientes das diferenças de elasticidades a curto e longo prazo, daqueles das diferenças entre os níveis de preços reais e esperados, b , o que complica a interpretação do modelo.

O último modelo é o da *liquidez*, que leva em conta os mercados de capitais imperfeitos e os recursos limitados, o que permite supor que a renda do agricultor seja um importante elemento na determinação dos plantios:

$$X_t = a_0 + a_1 \bar{P}_t + a_2 \bar{S}_t + a_3 Y_{t-1} + u_t$$

6. Modelos de excedente comercializável

Outro capítulo destacado, no que se refere aos modelos de oferta de produtos agrícolas, são os modelos de excedente comercializável. Sua importância se relaciona primordialmente com a agricultura de subsistência tão expandida, ainda, nos países subdesenvolvidos. De modo geral, nestas economias o setor agrícola se divide em dois: o dos agricultores que plantam principalmente para consumo próprio e os que se orientam para o mercado. Entretanto, o primeiro grupo não está totalmente isolado do mercado, pois eventualmente vendem uma parcela insignificante de sua produção para financiar despesas pessoais. Portanto, do ponto de vista macroeconômico, isto é, considerando-se o conjunto dessa oferta "marginal", pode ela ter um peso considerável em relação à oferta global,

principalmente no que diz respeito aos produtos alimentícios. Assim, torna-se significativo indagar qual o grau de resposta do pequeno agricultor aos movimentos de preço, em termos de qual a proporção de sua produção que seria colocada no mercado.

Behrman¹⁶ observa que alguns economistas afirmam que a resposta dos agricultores em países subdesenvolvidos é idêntica à dos agricultores em países mais adiantados, enquanto que outros afirmam que preços mais altos implicam oferta reduzida. Há ainda uma terceira corrente que nega a existência de qualquer resposta dos agricultores aos estímulos de preço, em decorrência de restrições institucionais. Para Behrman esta falta de uma opinião geral unânime sobre a resposta a preços do agricultor nos países subdesenvolvidos resulta da não-distinção precisa entre oferta de um único produto e oferta global, entre produção total e excedente comercializável e entre respostas a curto e longo prazo.

Grande parte destes estudos de excedente comercializável foram desenvolvidos na Índia e outros países da Ásia, embora economistas norteamericanos como Behrman e outros tenham também dado atenção ao problema.

De modo geral, constata-se que o excedente comercializado aumenta de acordo com aumentos do tamanho da firma e do produto. Nota-se que há resposta ao aumento na receita dos agricultores (usada como indicador do nível de preços); Mandal e Ghosh,¹⁷ contudo, observam que um aspecto fundamental do problema está ligado às relações estruturais entre os setores agrícola e não-agrícola. O excedente comercializado dos produtos agrícolas seria determinado em grande parte pela oferta de bens industrializados para o setor agrícola. Quanto mais alto o nível operacional da empresa agrícola e o nível de vida da família rural, tanto maior a demanda por bens de consumo e insumos de origem industrial no setor agrícola. Isto por sua vez aumentará o excedente comercializável que é o meio de que o agricultor dispõe para obter os bens não-agrícolas.

Os modelos de excedente comercializável procuram incluir tamanho da exploração, produção total e consumo familiar do produto estudado. A produção total é então considerada como sendo função do preço esperado, custo dos fatores, preço esperado de lavouras competitivas e tecnologia. O consumo familiar (isto é, tudo aquilo que não é levado ao mer-

¹⁶ Behrman, J. R. Price elasticity of the marketed surplus of a subsistence crop. *Journal of Farm Economics*, v. 48, n. 4, p. 875-93, 1966.

¹⁷ Mandal, G. C. & Gosh, M. G. A study of marketed surplus of paddy at the farm level in four East Indian villages. *Indian Journal of Agricultural Economics*, v. 23.

cado) é função do preço corrente, do preço corrente dos alimentos substitutos e da renda real *per capita* da população da região em estudo. Assim, a combinação dos elementos das funções produção total e consumo familiar nos leva à expressão do excedente comercializável que, em sua forma estatística, conterà ainda um termo de erro para representar fatores não-econômicos como condições climáticas que exerçam influência.

A forma de se proceder às estimativas depende em grande parte das informações disponíveis e das hipóteses relativas ao comportamento dos agricultores, de vez que variáveis como "preços esperados" não podem ser observadas diretamente.

Outros modelos tomam o excedente comercializado como diferença entre a produção total e a produção vendida, sendo, portanto, de formulação mais simples, desde que seja possível obter-se aqueles dados.

Sharma e Gupta,¹⁸ de posse de informações diretas sobre o volume do excedente comercializado e a produção de *bajra* numa região da Índia, estimaram a relação entre excedente comercializado (variável dependente) e produção total de *bajra* e tamanho da família (variáveis independentes), ajustando vários tipos de função. Concluíram que a forma linear era a mais representativa de acordo com os critérios de valor do R^2 , significância dos coeficientes individuais da regressão e explicação econômica. Os resultados indicaram que havia uma quantidade mínima do produto que não era vendida pela família, que esta crescia com o tamanho da família e que o excedente vendido aumentava com a produção.

Mandal e Ghosh também concluem que o excedente comercializado está diretamente relacionado com o produto e o tamanho da exploração. O cálculo da propensão marginal a reter estoques mostrou que os agricultores das regiões mais atrasadas respondem mais do que aqueles das regiões mais adiantadas. Tanto o modelo de Sharma e Gupta quanto o de Mandal e Ghosh são baseados em estudos de corte seccional. Já Krishna e Behrman¹⁹ desenvolveram modelos baseados em séries temporais. O excedente comercializado no modelo de Krishna é definido também como diferença entre quantidade produzida e consumida.

$$M_1 = Q_1 - C_1 \quad (26)$$

¹⁸ Sharma, K. L. & Gupta, M. P. Study of farm factors determining marketed surplus of *bajra* in Jaipur District. *Indian Journal of Agricultural Economics*, v. 25, n. 3.

¹⁹ Behrman. op. cit.

A resposta do agricultor ao preço do produto é definida como a derivada da expressão (1) em relação a preço

$$\frac{\delta M_1}{\delta P} = \frac{\delta Q_1}{\delta P} - \frac{\delta C_1}{\delta P} - \frac{\delta C_1}{\delta I} \times \frac{\delta I}{\delta P} \quad (27)$$

O termo $\delta I/\delta P$, que representa a variação da renda em relação ao preço do produto analisado, pode ser substituído por M_1 , baseado no argumento de que se o agricultor fosse apenas produtor do mesmo o aumento em sua renda devido a aumento no preço desse produto seria igual ao número de unidades produzidas. Se, por outro lado, o agricultor fosse apenas um consumidor desse produto, o decréscimo de sua renda devido ao aumento do preço desse produto seria igual ao número de unidades consumidas. Já que Krishna considera o agricultor tanto produtor quanto consumidor, então, a variação em sua renda é a soma algébrica desses dois efeitos. Como Krishna está interessado principalmente na elasticidade do excedente comercializável, ele realiza a substituição de (27) em (26) e multiplica tudo por P/M_1 , chegando a:

$$\begin{aligned} \frac{P}{M_1} \cdot \frac{M_1}{P} = \frac{Q_1}{M_1} - \frac{P}{Q_1} \cdot \frac{\delta Q_1}{P} - \left(\frac{\delta Q_1}{M_1} - 1 \right) \left(\frac{P}{C_1} \cdot \frac{C}{\delta C_1} + \right. \\ \left. + \frac{M_1}{Q_1} \cdot \frac{P Q_1}{I} \cdot \frac{I}{C_1} \cdot \frac{\delta C_1}{I} \right) \end{aligned} \quad (28)$$

Behrman levanta alguns problemas em relação a este modelo, como o fato de que a única renda relevante para a retenção de excedente é a renda decorrente da venda do próprio produto analisado; por outro lado, Krishna define P como preço relativo e o utiliza como um preço absoluto. Behrman, então, propõe um modelo alternativo da forma

$$e \cong r b_1 - (r - 1) (g + h k) (1 + b_1) - (r - s) h b_2 (1 - k) \quad (29)$$

onde

g = elasticidade de C_1 (procura familiar do produto estudado) em relação a (P_1/P_3) sendo P_3 o preço agregado de todos os bens, exceto P_1 , consumidos pelo produtor de Q_1 ; P_1 é o preço de Q_1 , o produto estudado

h = elasticidade C_1 em relação a I ; I é a renda total do produtor de C_1

$M_1 = Q_1 - C_1$, excesso comercializado do produto estudado

- e = elasticidade de M_1 em relação a P_1 , como função do tempo permitido para o afastamento
- $m = M_1/Q_1$, razão de vendas para Q_1
- r = recíproco de m
- $k = P_1Q_1/I$, a razão entre o valor total da produção Q_1 e a renda total líquida do produtor de Q_1
- b_1 = elasticidade-preço de Q_1 com relação a P_1/P_2 como função do tempo permitido para o ajustamento
- b_2 = elasticidade-preço de Q_2 quantidade desejada de bens produzidos pelo produtor de Q_1 , exceto Q_1 como função do tempo permitido para o ajustamento.

Observa-se que a elasticidade é função do número de períodos transcorridos após uma mudança em T_1 , porque b_1 , b_2 e h são funções do tempo transcorrido para o ajustamento. A forma matemática da dependência entre essas elasticidades e o tempo depende da forma das relações funcionais existente entre os preços relativos normais e os esperados, entre as quantidades produzidas desejadas e esperadas e entre as vendas normais corrente e esperada. O próprio Behrman observa que é impossível estimar diretamente a elasticidade-preço do excedente comercializado já que inexistem séries temporais relativas a M_1 e as observações de P_1 nos estudos de corte seccional têm variância pequena. Assim, estes modelos se valem de métodos indiretos para chegar a esse resultado.

No Brasil, Puga Rebello²⁰ analisa o excedente comercializável, a oferta e a demanda de arroz em áreas selecionadas do Estado do Pará. O modelo utilizado para estimar as relações do excedente comercializável foi:

$$\hat{Y} = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_4 + b_5 X_5$$

onde \hat{Y}_2 é a estimativa da quantidade comercializável de arroz no ano t expressa em toneladas; X_1 é a quantidade produzida de arroz no ano t expressa em toneladas; X_2 é a quantidade de arroz para autoconsumo no

²⁰ Puga Rebello, Armando da Paz. *Estruturas do excedente comercializável, oferta e demanda de arroz em áreas selecionadas no Estado do Pará*. Tese de mestrado. Viçosa, U.F.V. 1973. 110 p. mimeogr.

Ver também Brandt et alii. *Estimativas do excedente comercializável de milho em Ituiutaba e Patos de Minas*. Viçosa, U.F.V., D.E.R., 1973. 16 p. mimeogr.

ano t expressa em toneladas; X_3 é a quantidade de arroz perdida no ano t e X_4 é o preço do arroz recebido pelo produtor no ano t expresso em cruzeiros do ano 1969 por tonelada; X_5 é a distância da empresa rural ao mercado, expressa em quilômetros; a é a constante da regressão, ou intercepto. Essa equação multivariada foi ajustada pelo método dos mínimos quadrados ortodoxos.

Equações estimativas de excedente comercializável, Estado do Pará

Especificação	Modelos alternativos (a)			
	I	II	III	IV
b_0	-0,266	1,947	-0,022	-0,267
t	0,530	0,832	0,074	0,670
b^1	0,894	0,895	0,885	0,895
t	60,602	59,846	53,089	59,884
b^2	-0,383	-0,411	...	-0,398
t	4,275	4,491	...	4,394
b^3	0,001	-0,930
t	0,489	0,960
b^4	-0,405	...	-0,349	...
t	2,021	...	1,532	...
b^5	...	-0,338	...	-0,274
t	...	2,044	...	1,811
$R^2_{y.1,2...t}$	0,99	0,99	0,98	0,99

(a) No modelo I, as variáveis x_1 e x_3 são expressas na forma linear e as demais variáveis x e x_4 na forma logarítmica. No modelo II, a variável x_1 é expressa na forma linear, e as demais x_2 , x_3 e x_5 na forma logarítmica. No modelo III a variável x_1 é expressa na forma linear e x_4 na forma logarítmica. No modelo IV, as variáveis y e x_1 são expressas na forma linear e as demais na forma logarítmica. Em todos os quatro modelos a variável dependente é linear. As variáveis (x_i) para os respectivos coeficientes de regressão parcial (b_i) são: x_1 é quantidade produzida de arroz no ano t , expressa em toneladas; x_2 é quantidade perdida de arroz no ano t , expressa toneladas; x_3 é preço de arroz recebido pelo produtor no ano t , expresso em cruzeiros de 1969, por tonelada; x_4 é distância a mercado local, expressa em quilômetros; x_5 é distância a mercado principal (Belém ou Manaus), expressa em quilômetros.

DEMOGRAFIA Y ECONOMIA
Redactores

Raúl Benítez Zenteno, Gerardo M. Bueno, Gustavo Cabrera Acevedo, Eliseo Mendoza Berrueto, Leopoldo Solís M., Rodolfo Stavenhagen, Claudio Stern, Luis Unikel S., Víctor L. Urquidí.

Secretario de redacción: Raúl de la Peña

Vol. VIII, Núm. 3 (24)

1974

ARTICULOS

Fernando Chaves, Angel de la Vega y Alejandro Nadal,

Características del sistema científico y tecnológico en México.

Elizabeth Jelin

La bahiana en la fuerza de trabajo, actividad doméstica, producción simple y trabajo asalariado en Salvador, Brasil.

Hannes Hyrenius,

El uso de modelos como instrumentos para la formulación de políticas de población.

Juan Carlos Lerda,

Estimación de la mortalidad intercensal mediante el uso de factores de separación.

Herman E. Daly,

La economía del estado estacionario.

INFORMES

Documentos de la conferencia mundial de población.

Plan de acción mundial sobre población

Recomendaciones sobre desarrollo rural

Posición oficial del gobierno de Brasil sobre política de población

Declaración de Víctor L. Urquidí del Comité de Ciencia y Tecnología, en la Conferencia Mundial de Población.

RESEÑA DE LIBROS

Ellen M. Bussey, *The Flight from Rural Poverty. How Nations Cope*, por Alejandro Rodríguez y González.

Raanan Weitz (Comp.), *Urbanization and the Developing Countries. Report on the Sixth Rehovot Conference*, por Alejandro Rodríguez y González.

Nicolás Sánchez-Albornoz, *La población de América Latina. Desde los tiempos precolombinos hasta el año 2000*, por Abelardo Hernández M.

Robert L. Grouch, *Macroeconomics*, por Raúl de la Peña.

NOTAS BREVES

DEMOGRAFIA Y Economía se publica tres veces al año.

Redacción y administración:

El Colegio de México, Guanajuato 125, 7º piso, México (7), D.F.

Precio del ejemplar: México, \$ 25.00; Extranjero, Dis. \$ 2.50

Suscripción anual: México: \$ 60.00; Extranjero, Dis. \$ 6.00