

**EFICIÊNCIA ECONÔMICA NA ALOCAÇÃO DE RECURSOS
NA AGRICULTURA:
UMA AVALIAÇÃO DE DOIS MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO DO PONTO
ÓTIMO, VISANDO SUA APLICAÇÃO PRÁTICA**

**EFICIÊNCIA ECONÔMICA NA ALOCAÇÃO DE RECURSOS
NA AGRICULTURA:
UMA AVALIAÇÃO DE DOIS MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO DO PONTO
ÓTIMO, VISANDO SUA APLICAÇÃO PRÁTICA**

Zenith João de Arruda
Eng^o Agr^o, M. Sc.



EMBRAPA

Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte
Campo Grande, MS

Comitê de Publicações

Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte
Rodovia BR 262, km 4 – Caixa Postal, 154
Telefone: (067) 382-3001
Telex: 672153
79100 – Campo Grande, MS

Arruda, Zenith João de.

Eficiência econômica na alocação de recursos na agricultura: uma avaliação de dois métodos de estimação do ponto ótimo, visando sua aplicação prática. Brasília, EMBRAPA-DID, 1982.

24p. (EMBRAPA-CNPGC. Circular Técnica, 7).

1. Agricultura – Recursos – Alocação. 2. Econometria – Estimação. 3. Recursos econômicos – Produtividade. 4. Recursos econômicos – Alocação. 5. Econometria – Curva de benefícios líquidos – Métodos. I. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, Campo Grande, MS. II. Título. III. Série.

CDD: 338.1

SUMÁRIO

	Pág.
1. Introdução	5
2. Informação e Alocação Eficiente de Recursos na Agricultura	5
2.1. Produtividade e eficiência econômica	6
2.2. Teoria de alocação eficiente de recursos	7
3. O Conhecimento Científico como Elemento Básico na Alocação Eficiente de Recursos pelo Produtor	9
4. Aplicação de Dois Métodos na Estimação do Nível Economicamente Ótimo no Uso de Recursos	15
4.1. Método de análise de funções de produção	15
4.2. Método da análise marginal da curva de benefício líquido	17
5. Observações Finais	22
6. Referências	23

1. INTRODUÇÃO

A sociedade brasileira espera que os investimentos em pesquisa agropecuária resultem na melhoria do seu bem-estar, através de um acesso mais fácil aos bens de primeira necessidade. Esse acesso está condicionado ao preço destes bens, que por sua vez é o resultado da capacidade de resposta do setor produtivo às forças exercidas pelo setor de consumo.

Tal capacidade de resposta é diretamente influenciada pelo nível de eficiência econômica com que os recursos produtivos são utilizados, sendo responsabilidade básica da pesquisa oferecer à classe produtora o conhecimento de métodos alternativos para aumentar esta eficiência.

A alocação eficiente dos recursos produtivos, com base nos conhecimentos gerados pela pesquisa, é o enfoque deste trabalho, e tem como objetivo geral difundir mais amplamente o conceito de eficiência na alocação de recursos e tornar sua análise mais acessível a técnicos dedicados ao planejamento e assistência técnica de fazendas. Tem-se como objetivos específicos:

a) expor, a título de revisão, os conceitos de eficiência e níveis de produtividade, enfocando, sobretudo, os erros decorrentes da interpretação incorreta destes conceitos;

b) criticar os dados de pesquisa, elementos básicos na determinação do ponto ótimo, quanto à sua disponibilidade e apropriação para as análises de eficiência econômica;

c) apresentar e avaliar a utilização de dois métodos de determinação de níveis de eficiência no uso de recursos na agricultura, aplicados na estimação do ponto ótimo para alocação de fertilizantes na cultura de trigo.

2. INFORMAÇÃO E ALOCAÇÃO EFICIENTE DE RECURSOS NA AGRICULTURA

A eficiência na alocação de recursos produtivos constitui um objetivo natural de todo indivíduo que se envolve na produção de um determinado bem a partir de um dado número de recursos. Contudo, há a ineficiência, cuja causa essencial é o fator incerteza, que condiciona as tomadas de decisão.

Esta incerteza, por sua vez, é condicionada pelo volume de informações a que o indivíduo tem acesso durante o processo decisório. Por exemplo, um pecuarista, que enfrenta o problema de alimentação do seu rebanho na seca, requer uma série de informações para que a solução escolhida por ele, feno por exemplo, lhe dê resultados economicamente vantajosos com o máximo de certeza. Este nível de certeza, entretanto, será tanto maior quanto melhores forem as informações sobre

as futuras condições climáticas, a espécie forrageira mais adequada para fenação, a quantidade de fertilizantes que ofereça o melhor retorno econômico, o rendimento da forragem em quilos por hectare de matéria seca, a conversão pelo animal desta matéria seca em carne, os preços futuros desta carne adicional em razão do uso do feno etc. De posse destas informações, o pecuarista, como agente tomador de decisões e regulado pelo seu grau de aversão a riscos, optaria pela solução mais adequada ao problema da alimentação na seca. Regulado pelo volume de informações disponíveis e, portanto, pelo seu grau de certezas sobre cada solução alternativa, o produtor poderia optar desde a não suplementação até a estratégia do confinamento total dos animais por métodos altamente sofisticados e custosos.

Tais disparidades de soluções são comuns na prática, como consequência da somatória de condições individuais em termos de informações disponíveis, custo de oportunidade dos recursos e aversão ao risco.

Embora a teoria microeconômica tenha tomado grande impulso na tentativa de quantificação dos componentes da tomada de decisão pelo produtor (Hey, 1979), o propósito do presente trabalho é alcançar apenas o campo do extensionista rural, onde as teorias da utilidade, da aversão ao risco e da decisão não são consideradas.

Sendo o objetivo deste trabalho, o aumento da eficiência econômica dos recursos produtivos, o conceito de produtividade será discutido antes que seja abordado o tema da alocação eficiente de recursos.

2.1. Produtividade e eficiência econômica

O conceito de produtividade, como tem sido geralmente interpretado, merece algumas considerações antes que se discuta a teoria da alocação eficiente dos recursos. Por definição, produtividade é um termo que expressa a quantidade de um produto gerada pela unidade de um determinado recurso ou de uma combinação de recursos. A produtividade pode ser medida em termos médios e marginais. A produtividade média de um determinado fator (PM_{ef}) pode ser definida como a relação entre as quantidades do produto (Y) e do fator (X_f), ou seja:

$$PM_{ef} = \frac{Y}{X_f}$$

A produtividade marginal de um determinado fator (PMa_f) define a quantidade adicional do produto (ΔY) em virtude de uma unidade a mais do fator (ΔX_f), mantendo-se constantes as quantidades dos outros fatores envolvidos no processo de produção:

$$PM_{af} = \frac{\Delta Y}{\Delta X_f}$$

Portanto, as produtividades médias e marginais são sempre definidas em relação a algum fator ou fatores de produção específicos, com a devida referência do produto em relação aos fatores correspondentes. Não raras vezes há referências sobre a produtividade da pecuária de corte no Brasil sem se definir o produto, que pode ser quilo de carne ou bezerro desmamado, e o recurso, que pode ser hectare de terra, quilo de forragem verde, quilo de P_2O_5 , unidade animal, homem-dia de trabalho, cruzeiros de capital etc. Enfim, são freqüentes as citações de taxas de produtividade sem nenhuma referência ao fator de produção, lesando o conceito de produtividade média. O erro de interpretação torna-se mais grave ainda quando ao conceito de produtividade acrescentam-se adjetivos como alta, baixa, boa ou má, lesando desta vez o conceito de eficiência econômica, que é fruto da análise marginal física associada a valores de produto e de recurso.

Adiante serão melhor detalhados os conceitos de produtividade, permitindo melhor diferenciação entre eficiência técnica e eficiência econômica, ponto chave para o entendimento da qualificação da produtividade. Crotty (1980) enfatiza este ponto dizendo: "A produção é tecnicamente ineficiente, quando muitas unidades de forragem, terra e trabalho são necessárias para a produção de uma unidade de carne. Entretanto, esta produção é economicamente eficiente se estes recursos empregados não têm normalmente uso alternativo". A terra na área do Pantanal Mato-grossense constitui exemplo clássico deste conceito.

Esta idéia de valores ou custo de oportunidade permite um melhor entendimento da produtividade econômica dos recursos. Exemplificando, um nível de produtividade física da terra que é ótimo para o Japão, pode ser péssimo para o Brasil se analisado sob o ponto de vista econômico, assim como não seria correto afirmar que a produtividade da pecuária bovina brasileira deve ser melhorada porque os seus níveis de eficiência estão bem abaixo daqueles apresentados pelos Estados Unidos e Nova Zelândia.

2.2. Teoria de alocação eficiente de recursos

Qualquer atividade produtiva envolve combinações de fatores, cuja participação deve estar consoante com o seu produto marginal e o seu custo de oportunidade. A combinação ótima dos fatores de produção pode ser enfocada sob dois critérios de eficiência: (a) eficiência técnica e (b) eficiência econômica (Teixeira et al. 1970).

Diz-se que um recurso fixo está operando com máxima eficiência técnica quando sua participação permite obter a máxima produção física (ponto A da Fig. 1). Neste ponto a sua produtividade marginal é zero. Quanto aos recursos variáveis, a sua máxima eficiência técnica ocorre quando a sua produção física média é máxima (ponto B da Fig. 1).

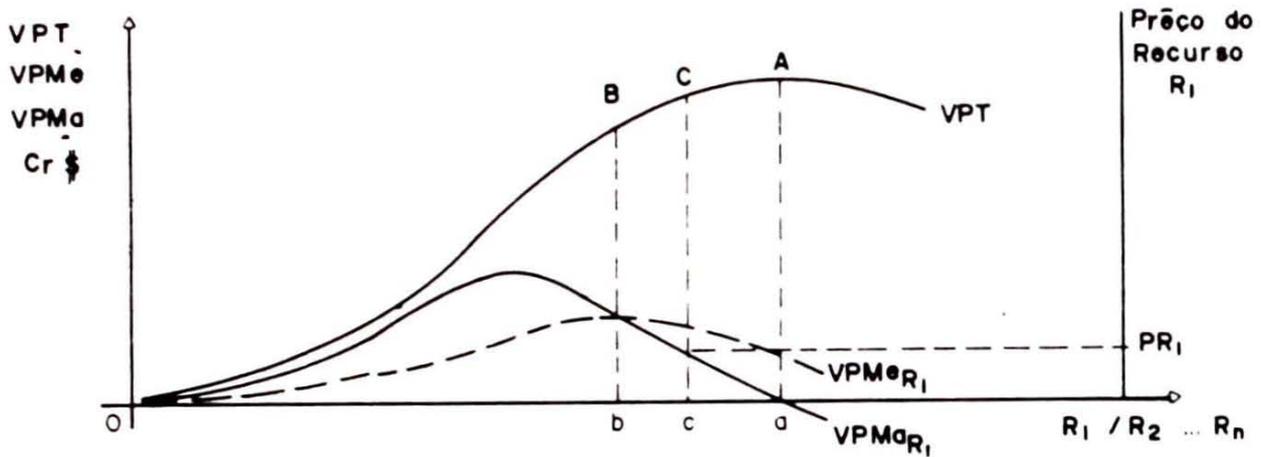


FIG. 1 — Curvas de valor da produção total (VPT), valor da produção média (VPMe), valor da produção marginal (VPMa). Na figura, aparecem também o preço do recurso (PR_1) e o recurso variável (R_1).

Por outro lado, a máxima eficiência econômica de um dado recurso (R_1) ocorre no ponto onde o valor do seu produto marginal ($VPMa_{R_1}$) é igual ao seu preço (ponto C da Fig. 1), assumindo-se uma situação de absoluta certeza, portanto, sem expectativa de risco, tendo-se então:

$$VPMa_{R_1} = P_{R_1} \quad (1)$$

O nível C de alocação de recurso R_1 , além de corresponder ao ponto de máxima eficiência econômica, também é o ponto que permite a obtenção do lucro máximo pois $VPMa_{R_1} = P_{R_1}$ é o mesmo que $P_c \cdot P_{Ma_{R_1}} = P_{R_1}$, que também é:

$$P_{Ma_{R_1}} = \frac{P_{R_1}}{P_c}$$

onde o produto marginal de um dado recurso é igual à relação de preços do recurso e do produto.

A Fig. 1 apresenta curvas de produção total, produção média e produção marginal relativas a um determinado recurso R, despertando a atenção para o fato de que o ponto de produção máxima (A) dificilmente seria o ponto de máxima eficiência econômica, pois o valor do seu produto marginal seria igual a zero. Observa-se, por outro lado, que a quantidade C do recurso R seria o único nível que permitiria a igualdade $VPMa_{R1} = P_{R1}$, condição necessária para a máxima eficiência econômica. Em outras palavras, esta igualdade ($VPMa_{R1} = P_{R1}$) seria o caminho para o alcance do lucro máximo, pois a condição estabelecida pela teoria econômica para maximização do lucro é a igualdade entre Receita Marginal (RM) e Custo Marginal (CM), ou seja:

$$RM = CM \quad (2)$$

No caso da Fig. 1, em que apenas um recurso foi considerado, o valor do produto marginal e o preço constantes na igualdade (1) correspondem, respectivamente, à receita marginal e ao custo marginal da igualdade (2).

Disto conclui-se que, se todos os recursos alocados na produção de um determinado bem estiverem a níveis de máxima eficiência econômica, satisfazendo assim a igualdade (1), a combinação global de todos os recursos poderá ser representada pelas seguintes igualdades, as quais atendem à condição final de máximo lucro expressa na igualdade (2):

$$\frac{VPMa_{R1}}{P_{R1}} = \frac{VPMa_{R2}}{P_{R2}} = \dots = \frac{VPMa_{Rn}}{P_{Rn}} = 1 \quad (3)$$

Embora este ponto de máxima eficiência econômica dificilmente seja alcançado na prática, poderá servir como um indicador de metas e meios para que o produtor possa tomar decisões no sentido de mais se aproximar dele.

3. O CONHECIMENTO CIENTÍFICO COMO ELEMENTO BÁSICO NA ALOCAÇÃO EFICIENTE DE RECURSOS PELO PRODUTOR

Alguns dos elementos mais importantes para a decisão do produtor quanto à combinação de recursos, presumindo-se que seu objetivo básico é a maximização do lucro, são:

- (a) estoque de conhecimentos técnico-científicos;

- (b) transferência de conhecimentos técnico-científicos;
- (c) disponibilidade e custo do capital;
- (d) valor da terra nua;
- (e) políticas de Governo quanto a subsídios e controle de preços;
- (f) mercado de produto e fatores;
- (g) condições climáticas;
- (h) comportamento do produtor em relação ao risco.

-Os itens de responsabilidade mais direta da classe técnico-científica, geração e transferência de conhecimentos constituem os elementos suporte para que o produtor opere sob condições de risco, com maior eficiência no emprego dos fatores de produção. Portanto, sob uma determinada condição de custo de oportunidade do capital, mercado de produto e fatores, políticas de Governo e incerteza, o produtor procurará combinar os seus recursos disponíveis ($R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$) de tal forma que, o seu nível de eficiência econômica dependa, apenas, do estoque de conhecimentos técnico-científicos, ou, mais especificamente, conhecimentos sobre as curvas de respostas dos fatores de produção. Esta premissa permite deduzir que a contribuição da classe técnico-científica será tanto mais efetiva quanto maior o volume de conhecimentos colocado ao alcance dos produtores, atendendo assim a uma faixa mais ampla de situações. O princípio da alocação eficiente de recursos sugere que uma combinação que é ótima para uma unidade de produção (fazenda) A pode ser ineficiente para B, dadas as diferentes condições locais em termos físicos e de uso alternativo dos recursos. Portanto, para que a pesquisa produza informações adequadas à eficiência econômica a nível de produtor, um experimento sobre recuperação de pastagem cultivada, por exemplo, deveria envolver, dentre outras, as seguintes informações:

- a) quantidade de fertilizante à base de N;
- b) quantidade de fertilizante à base de P;
- c) quantidade de fertilizante à base de K;
- d) idade da pastagem;
- e) tipos de solos;
- f) métodos de aplicação e incorporação do fertilizante;
- g) épocas de fertilização;
- h) níveis residuais de fertilizante pretendidos (ação residual no tempo);
- i) condições climáticas (variações anuais);
- j) espécies forrageiras;
- l) categoria animal.

Embora maior número de tratamentos implique em maior complexidade e custo do experimento, a alocação de recursos em pesquisa também requer aplicação da teoria da relação benefício-custo marginal. O custo aumentará com o número de tratamentos, mas haverá um ponto ótimo, onde o custo marginal (CM) é igual ao benefício marginal (BM). Em termos práticos, este ponto poderá ser aquele em

que se inclui o número máximo de variáveis sem prejuízo significativo para a qualidade dos dados experimentais, pois o benefício marginal cresce com o aumento de variáveis em virtude, principalmente, do atendimento de maior número de situações na alocação dos recursos. Em outras palavras, a geração de conhecimentos pela pesquisa, com vistas à alocação de recursos pelo produtor, será mais eficiente se os esforços forem concentrados em maior número de informações sobre cada tecnologia, ainda que em sacrifício do número de áreas de pesquisa.

Isto pode ser explicado tomando-se o caso de pesquisa em pastagem cultivada. Se a Fig. 1 representasse a produção de pastagem cultivada como função de diferentes níveis de fertilizante nitrogenado, o conhecimento produzido pela pesquisa se limitaria a apenas uma das dez variáveis de interesse, mantendo as demais em situação constante. A função de resposta teria a seguinte forma:

$$Y = f(N/P, K, I, S, M, E, AR, A, F, C)$$

- Y = kg de carne por hectare
- N = kg de nitrogênio (N) por hectare
- P = kg de P_2O_5 por hectare
- K = kg de K_2O por hectare
- I = idade da pastagem
- S = tipo de solo
- M = método de adubação
- E = época de adubação (meses do ano)
- AR = ação residual (em anos)
- A = anos de observação
- F = espécie forrageira
- C = categoria animal

Para uma situação hipotética em que N opera como variável independente e os demais fatores como constantes, a condição para alocação eficiente de N e maximização do lucro fica representada pela Fig. 2.

A condição para maximização do lucro é:

$$\frac{\partial Y}{\partial N} = P_{MaN} = \frac{P_N}{P_V}$$

que corresponde a:

$$VP_{MaN} = P_N,$$

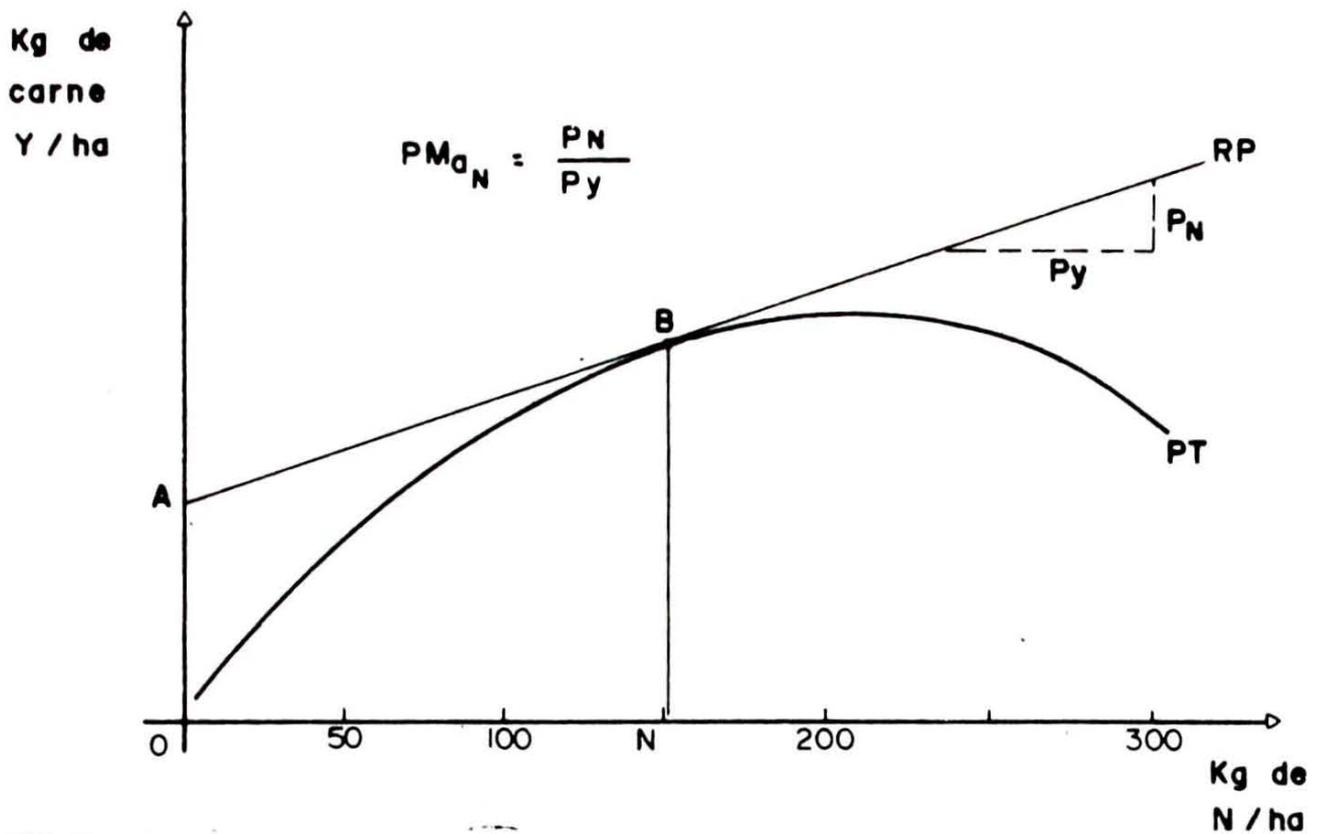


FIG. 2 – Curva de produto total (PT), função de níveis de nitrogênio (N), tangenciada pela reta de relação de preços (RP), para determinação do nível ótimo de N.

conforme apresentado na Fig. 1.

A inclinação da reta RP, que é colocada tangenciando a curva PT, é determinada pela relação de preços (RP) do fator (N) e do produto (Y).

Supondo que a curva PT da Fig. 2 é uma função quadrática da forma

$$Y = 2 + 80N - 0,26N^2 \quad (4)$$

após derivação, fica:

$$\frac{\partial Y}{\partial N} = 80 - 0,52N \quad (5)$$

Fazendo o produto marginal ($\partial Y / \partial N$) igual à relação de preços (P_N / P_Y) para que a condição de máximo lucro seja satisfeita:

$$\frac{\partial Y}{\partial N} = 80 - 0,52N = \frac{P_N}{P_Y} \quad (6)$$

donde:

Y = carne

N = nitrogênio

P_N = preço do nitrogênio

P_Y = preço da carne

$\partial Y / \partial N = PMa_N =$ produto marginal do fertilizante nitrogenado.

Para a estimação do ponto ótimo consideraram-se os seguintes preços:

$$P_Y = \text{Cr\$ } 30,00$$

$$P_N = \text{Cr\$ } 20,00$$

A quantidade de N por hectare que oferece o lucro máximo na produção de carne foi encontrada através da seguinte fórmula:

$$80 - 0,52N = \frac{P_N}{P_Y} \quad (7)$$

$$N = \frac{80 - (20/30)}{0,52} = \frac{80 - 0,67}{0,52} = 15,26$$

$$N = 152,6 \text{ kg/ha}$$

Substituindo este valor de N na equação (4), tem-se a produção de carne (Y) correspondente a este nível de adubação (N = 152,6 kg/ha):

$$Y = 2 + 80(152,6) - 0,26(152,6)^2$$

$$Y = 6.155,4 \text{ kg/ha}$$

Este resultado, contudo, poderia ser recomendado apenas para fazendas cujas condições fossem idênticas às do experimento em termos de níveis de P e K, tipo de solo, época e métodos de adubação, condições climáticas do ano experimental, espécie forrageira e categoria animal. Caso uma destas condições, a nível de produtor não coincida com a do experimento, o nível ótimo de N poderá ser bem diferente de 15,26 kg. Por exemplo, se a fertilidade do solo da fazenda for superior a

das condições experimentais, o nível ótimo de N será diferente do recomendado pela pesquisa.

A Fig. 3 exemplifica a diferença entre funções de produção ocorrentes em condições idênticas ou não às condições experimentais. Para fazendas onde as condições são idênticas às do experimento o lucro seria $P_Y(\overline{OA}_0)$, enquanto em uma fazenda onde o solo é de melhor qualidade o lucro seria $P_Y(\overline{OA}_1)$. Para o primeiro caso, a quantidade de N seria de 152,6 kg, reduzida a 80 kg para o segundo caso.

O maior volume de informações produzido pela pesquisa permitiria, portanto, que maior número de produtores passassem a operar dentro dos níveis de máxima eficiência econômica, e maior seria o benefício para a sociedade. Há, entretanto, um limite para a amplitude do conhecimento gerado, que poderia ser determinado através das estimativas do custo da informação.

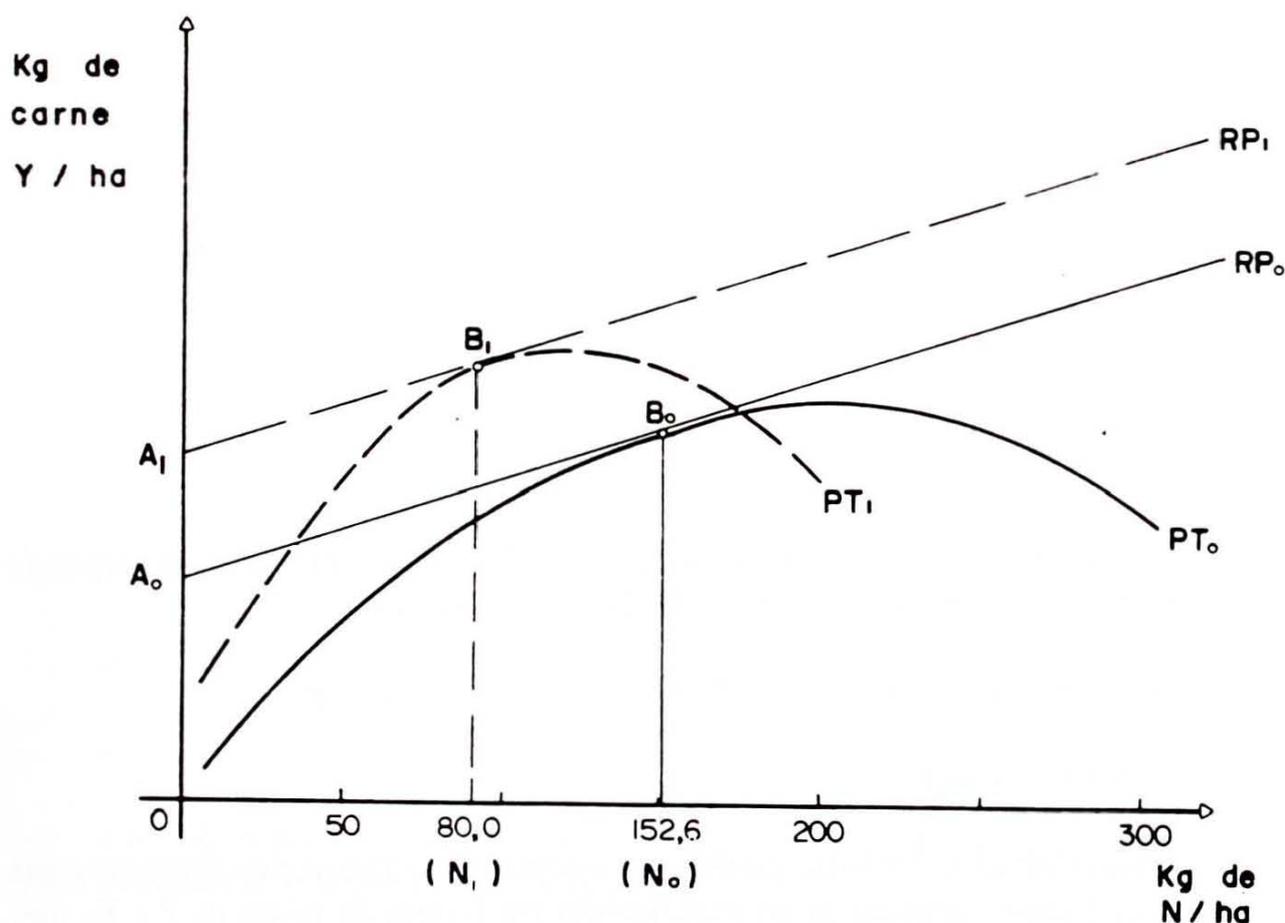


FIG. 3 — Funções de produção para fertilização nitrogenada, em dois tipos de solo.

4. APLICAÇÃO DE DOIS MÉTODOS NA ESTIMAÇÃO DO NÍVEL ECONOMICAMENTE ÓTIMO NO USO DOS RECURSOS

A alocação eficiente de recursos é uma preocupação que recai sobre a área econômica, com dois enfoques: o primeiro diz respeito à maneira como os recursos estão sendo alocados pelos produtores, constituindo exemplo deste enfoque os estudos conduzidos por Martin et al. (1980), Noronha (1974) e Pinheiro (1972). O segundo, baseado em resultados experimentais, visa gerar informações sobre novas tecnologias ou sobre tecnologias com efeitos interativos difíceis de serem isolados a nível de produtor.

No primeiro enfoque, os métodos mais apropriados são aqueles baseados em análise de regressão, com ajustamento de funções de produção e em programação matemática. No segundo caso, em que os dados são gerados sob condições experimentais e funções de produção constituem a base das análises; métodos de orçamentação também podem ser adotados, dependendo da natureza dos dados.

O presente trabalho dá ênfase ao segundo caso, sendo aplicados dois métodos alternativos, um com base em função de produção e outro em orçamentação; este último representado pelo método de "análise marginal da curva de benefícios líquidos", desenvolvido por Perrin et al. (1976). A apresentação destes dois métodos visa destacar tanto a complexidade como a precisão relativa de ambos, para que se possa dispor de métodos alternativos para analisar os dados pela forma que pareça mais conveniente.

4.1. Método de análise de funções de produção

Este método, mais adotado por economistas com treinamento nas áreas de estatística e computação, conduz a conclusões mais precisas, pelo fato de transformar informações de natureza discreta em informações de natureza contínua, permitindo, por extrapolação, identificação de pontos intermediários e mesmo fora dos limites extremos dos dados experimentais.

Para ilustrar a aplicação dos métodos das funções de produção, considerou-se o exercício desenvolvido por Cruz & Hoeflich (1976), que, tomando por base dados obtidos de experimentos de adubação de trigo, determinou os níveis ótimos de N e P. Entretanto, conforme observa Cruz & Hoeflich (1976), estes resultados devem ser tomados com certa cautela, pois os dados foram obtidos de experimento conduzido sob uma única condição local e em um só ano. A Tabela 1 apresenta os dados de rendimento da cultura de trigo em função de níveis de adubação.

A análise desenvolvida por Cruz & Hoeflich (1976) apresentou o seguinte resultado como solução economicamente ótima no uso de Nitrogênio (N) e Fósforo

TABELA 1. Rendimento da cultura de trigo em função dos níveis de adubação.

Elementos (kg/ha)			Produção (kg/ha)			Total	Média
N	P	K	I	II	III	(kg/ha)	(kg/ha)
0	0	0	715	595	577	1.987	629
0	400	0	815	610	525	1.950	650
0	800	0	925	800	1.030	2.755	918
50	200	0	970	890	1.355	3.215	1.072
50	600	0	1.705	1.295	1.220	4.220	1.407
100	0	0	670	1.220	620	2.510	837
100	400	0	1.155	1.155	1.720	4.030	1.343
100	800	0	1.565	1.780	1.000	4.325	1.442
150	200	0	1.040	945	1.065	3.050	1.017
150	600	0	1.600	1.305	1.180	4.086	1.362
200	0	0	530	940	630	2.100	700
200	400	0	1.590	1.575	1.295	4.460	1.487
200	800	0	1.505	1.040	1.090	3.635	1.212
0	0	100	715	1.070	1.045	2.830	943
100	400	50	1.845	1.770	1.745	5.360	1.787
100	400	100	1.920	2.045	1.960	5.925	1.975
100	400	150	1.865	1.690	1.945	5.500	1.833
200	800	200	1.690	1.400	1.490	4.580	1.527
100	800	200	1.565	1.515	1.420	4.500	1.500
Total			26.190	25.370	24.807	76.367	-

Fonte: EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa do Trigo 1973.

(P) na produção de trigo, usando uma função de produção ajustada à forma polinomial do segundo grau:

$$N = 89 \text{ kg/ha}$$

$$P = 47 \text{ kg/ha}$$

Foram utilizados resultados experimentais de 13 combinações de N e P, conforme dados constantes da Tabela 1.

O modelo estatístico adotado foi a seguinte função quadrática:

$$Y = a_0 + a_1 N + a_2 P + a_3 N^2 + a_4 P^2 + a_5 NP + u$$

Após as análises de regressão e testes de significância, com base nos dados experimentais, a equação ajustada apresentou os seguintes coeficientes de regressão:

$$(1) Y = 504,3 + 6,381 N + 1,492 P - 0,027 N^2 - 0,0013 P^2 + 0,00133 NP$$

Na etapa de otimização, em que o valor do produto marginal de um fator deve ser igual ao preço do fator, foi obtido o seguinte:

$$\frac{\partial Y}{\partial N} = \frac{P_N}{P_Y} = 6,54 - 0,054 N + 0,0013 P = 1,778$$

$$\frac{\partial Y}{\partial P} = \frac{P_P}{P_Y} = 1,49 - 0,0025 P + 0,0013 N = 1,492$$

Pelo fato de ter havido interação entre N e P, as expressões acima, solucionadas de forma simultânea, apresentaram os níveis ótimos para N e P já apresentados, ou seja:

$$N = 89 \text{ kg/ha}$$

$$P = 47 \text{ kg/ha}$$

Substituindo-se estes valores de N e P na equação (4) ajustada, resultou a seguinte produção (Y) estimada:

$$\hat{Y} = 940 \text{ kg/ha de trigo}$$

Isto quer dizer que, se o produtor adotar a dosagem de 89 kg/ha de N e de 47 kg/ha de P, a produção esperada de trigo será de 940 kg/ha.

4.2. Método da análise marginal da curva de benefício líquido

Este método de análise, desenvolvido por Perrin et al. (1977) com base em orçamentação, visa tornar mais fácil a estimação dos níveis ótimos de alocação de recursos na agricultura. Apresenta a vantagem da sua simplicidade, podendo ser inclusive adotado por produtores, desde que disponham de informações sobre “respostas da produção aos diferentes níveis de recursos”, dados procedentes de trabalhos de pesquisa. De posse destas informações e de alguma noção de orçamentação, a determinação do nível ótimo é uma tarefa fácil de ser conduzida através da análise marginal da curva do benefício líquido, a qual relaciona os custos variáveis dos recursos e os benefícios líquidos médios, nos seus diversos usos alternativos.

Cabe assinalar que o termo “custos variáveis”, adotado por Perrin et al. (1977), refere-se aos custos diretamente afetados pela decisão do produtor em relação ao recurso analisado. Em outras palavras, toda vez que o produtor modifica

sua decisão em relação a um determinado insumo, a fração do custo total que se modifica é caracterizada como "custo variável".

Partindo-se da montagem de um orçamento parcial de cada tecnologia alternativa, com base em resultados experimentais, obtêm-se os dados de custos e benefícios de cada uma delas, elementos básicos para a elaboração da curva de benefícios líquidos (Fig. 4). Em seguida, uma análise marginal desta curva permite a identificação do ponto de máxima eficiência econômica, dada uma situação específica. Para melhor entendimento deste método, um exemplo foi desenvolvido no presente trabalho, com base nos mesmos dados utilizados por Cruz & Hoeflich (1976), para uma posterior comparação dos resultados.

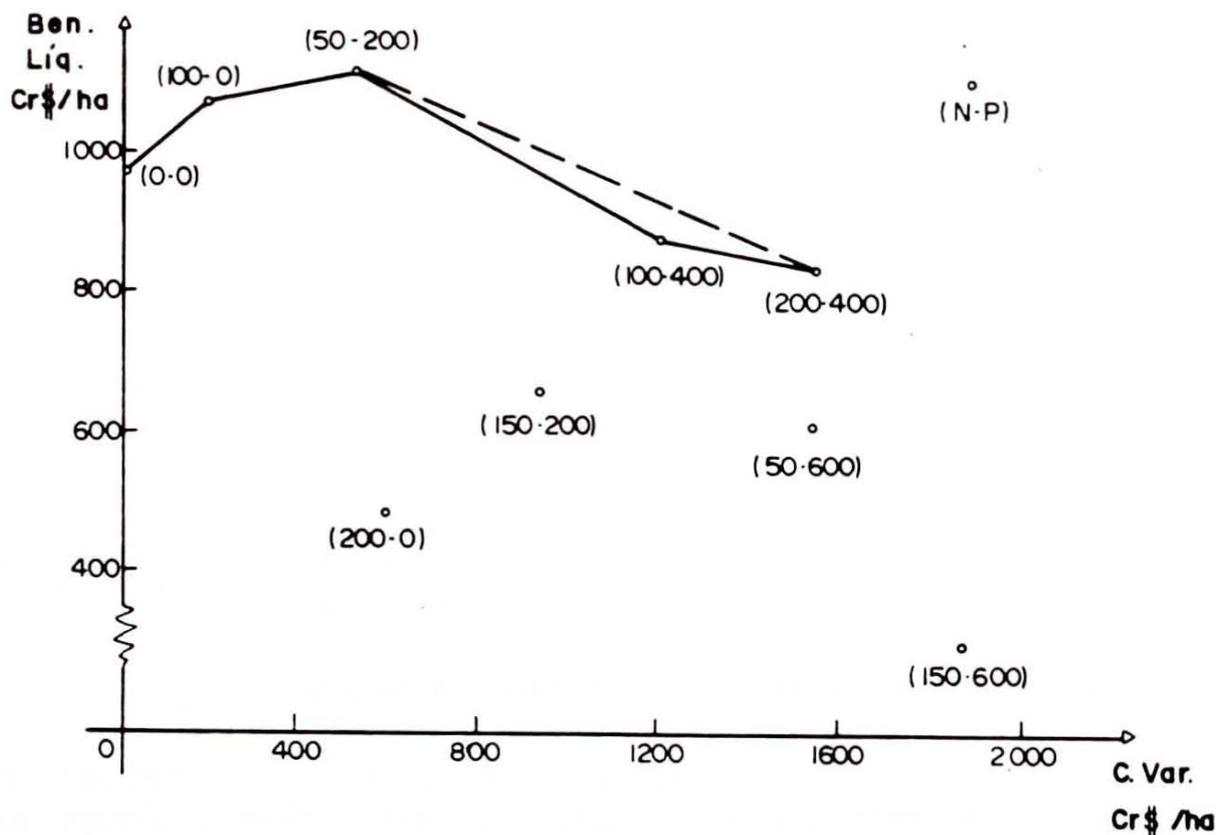


FIG. 4 — Curva de Benefício Líquido

A Tabela 2 apresenta os dados relativos a tratamentos, produção, renda bruta, e custos variáveis em virtude do custo do fertilizante, bem como do benefício líquido.

TABELA 2. Níveis e custos dos tratamentos

N	Custo de N	P	Custo de P	Produção	Benefício	Custo variável	Benefício líquido
kg	$P_N =$ Cr\$ 2,80	kg	$P_P =$ Cr\$ 2,36	Y = kg	$P_4 =$ Cr\$ 1,58	Cr\$ 1,00	Cr\$ 1,00
0	0	0	0	629	994	0	994
0	0	400	944	650	1.027	944	83
0	0	800	1.888	918	1.450	1.888	-438
50	140	200	472	1.072	1.694	612	1.082
50	140	600	1.416	1.407	2.223	1.556	667
100	280	0	0	837	1.322	280	1.042
100	280	400	944	1.343	2.122	1.224	898
100	280	800	1.888	1.442	2.278	2.168	110
150	420	200	472	1.017	1.607	892	715
150	420	600	1.416	1.362	2.152	1.836	316
200	560	0	0	700	1.106	560	546
200	560	400	944	1.487	2.349	1.504	845
200	560	800	1.888	1.212	1.915	2.448	-533

Fonte: Tabela elaborada com base nas informações contidas em Cruz (1976).

Com base nos dados de custo variável e benefício líquido (Tabela 2), traçou-se a curva de benefício líquido (Fig. 4), cuja forma se caracteriza por retornos decrescentes, apresentando uma fase ascendente apenas até o ponto (50-200). As Tabelas 3 e 4 apresentam a seqüência de cálculos, sendo que na Tabela 2 são dispostos os dados de produção, benefício e custo variável relativos a cada tratamento, derivando assim os benefícios líquidos. Na Tabela 3 estes benefícios líquidos são dispostos em ordem decrescente, de tal forma que uma análise de dominância dos custos variáveis permita a seleção das alternativas dominantes e, finalmente, o cálculo das taxas marginais de retorno, conforme apresentadas na Tabela 4.

A Tabela 4, uma forma matemática de análise marginal dos dados da Tabela 3, apresenta as taxas de retorno marginal, indicadores do aumento do benefício líquido que uma tecnologia gera por cada cruzeiro adicional nos custos, em relação à alternativa imediatamente menos rentável. Essas taxas foram calculadas com base na seguinte fórmula:

$$TRM_{(N-P)} = \frac{BLM}{CM} = \frac{BL_N - BL_{N+1}}{CV_N - CV_{N+1}}$$

TABELA 3. Análise de dominância das respostas aos fertilizantes de N e P

Benefício líquido (Cr\$ 1,00)	Tratamento (kg/ha)		Custo variável (Cr\$ 1,00)
	N	P	
1.082	50	200	612
1.042	100	0	280
994	0	0	0
898	100	400	1.224
845	200	400	1.504
715	150	200	892
667	50	600	1.556
546	200	0	560
316	150	600	1.836
110	100	800	2.168
83	0	400	944
-438	0	800	1.888
-533	200	800	2.448

TABELA 4. Análise marginal das alternativas dominantes

Benefício líquido (Cr\$ 1,00)	Tratamentos (kg/ha)		Custo variável (Cr\$ 1,00)	Mudança em virtude do próximo mais alto benefício (Cr\$ 1,00)		
	N	P		Aum. marg. no ben. líquido	Aum. marg. no custo variável	Taxa marg. retorno
(a) 1.082	50	200	612	40	332	12%
(b) 1.042	100	0	280	48	280	17%
(c) 994	0	0	0	-	-	-
(d) 546	200	0	560	-	-	-

Exemplo:

$$TRM_{(100-0)} = \frac{1.042 - 994}{280 - 0} = \frac{40}{280} = 0,17$$

$$\text{TRM}_{(100-0)} = 17\%$$

TRM = Taxa de Retorno Marginal
BLM = Benefício Líquido Marginal
CM = Custo Variável Marginal
CV = Custo Variável

Observa-se, por exemplo, que a alternativa (b) apresenta uma taxa de retorno marginal de 17% e a (a) de 12%. Isto quer dizer que, o fato de se colocar adubo (100-0), em relação a não fazê-lo (0-0), permite um incremento na renda líquida da cultura de trigo de Cr\$ 17,00 por cada Cr\$ 1,00 adicional investido na fórmula (100-0). Por outro lado, verifica-se que uma adubação mais completa (50-200) que a anterior (100-0), embora produza um incremento na renda líquida de Cr\$ 12,00 por Cr\$ 1,00 de custo adicional, não apresenta resposta tão elevada quanto o primeiro nível (100-0) em relação ao seu anterior (0-0). Estes resultados refletem a natureza de uma função que obedece a lei dos rendimentos decrescentes. Outras alternativas não foram consideradas na Tabela 4, pois nenhuma outra combinação de fertilizantes apresentou benefício líquido e custos variáveis mais vantajosos que a alternativa (c), com ausência total de adubo (0-0). A título de ilustração da desvantagem econômica de uma alternativa de uso de fertilizante sobre a testemunha (0-0), incluiu-se a alternativa (d), de composição (200-0), menos vantajosa que (c), tanto em custo como em benefício.

A Tabela 4 indica que, matematicamente, a alternativa (b) é economicamente superior à (a) e (c).

Uma análise gráfica dos dados constantes da Tabela 2 facilita a visualização das posições dos diversos tratamentos em relação ao ponto ótimo (100-0). A Fig. 4 aponta o tratamento (50-200) como o que oferece o máximo de benefício líquido, embora o método matemático tenha demonstrado a superioridade do tratamento (100-0) sobre os demais, com uma taxa de retorno marginal de 17%. A visualização gráfica, neste caso, permite que se aproxime uma dosagem intermediária de N e P entre as dosagens (100-0) e (50-200).

Deve-se ressaltar que, embora não tenham sido considerados os dados dos sete últimos tratamentos constantes da Tabela 1, a sua inclusão na aplicação deste segundo método não teria gerado nenhuma dificuldade no processamento dos cálculos, a exemplo do que ocorreu na aplicação do primeiro método, o das funções de produção, que requer delineamento experimental mais compatível.

A Fig. 4 permite visualizar facilmente os tratamentos que mais se aproximam do ótimo (Tabela 4), segundo sua posição relativa. Pelo fato deste método não permitir a determinação do ótimo fora dos níveis de resposta considerados, deve-se procurar uma aproximação daquele ponto através do conhecimento do comporta-

mento do benefício líquido em relação às variáveis consideradas. Observa-se que quanto mais P em relação a N, maior a distância da ordenada (benefício líquido) e maior a proximidade da abscissa (custo).

A dosagem ótima de N e P deve estar nas proximidades de (100—0) com tendência para o ponto (50—200), entretanto em virtude de estar o ponto ótimo na dosagem (100—0), isto indica que N oferece melhor resposta econômica que P, portanto, a dosagem de N deve estar mais próxima de 100 do que de 50, e a de P, mais próxima de zero do que de 200. Esta interpretação tende a confirmar os resultados apresentados por Cruz (1976), onde o nível ótimo de N é 89 kg/ha e de P 47 kg/ha.

5. OBSERVAÇÕES FINAIS

1. O termo produtividade necessita de melhor interpretação quando qualificado de bom ou ruim, alto ou baixo, para não confundir eficiência física com eficiência econômica, e mais especificamente, em relação a que recurso se refere. Sem critério econômico, não se pode qualificar de má a produtividade física de um rebanho bovino A, no Ceará, por simples comparação com a de um rebanho D em São Paulo.

2. No Brasil, os estudos sobre eficiência econômica na alocação de recursos têm sido mais realizados no sentido de identificar o nível de eficiência dos produtores na alocação dos recursos do que baseado nos dados gerados pela pesquisa, com vistas à recomendação para produtores.

3. O elemento essencial na análise de eficiência econômica na alocação de recursos é o conhecimento dos níveis de respostas gerado pela pesquisa biológica. Quanto mais completo esse conhecimento, maior a probabilidade de êxito na aproximação do ponto ótimo, pelos produtores.

4. A metodologia de análise marginal de benefícios apresenta resultados menos precisos do que aquela baseada em análise de funções de respostas, ou mesmo em programação matemática. Contudo, dada a simplicidade desta metodologia, é interessante considerá-la como forma alternativa de análise.

5. O método de análise da curva de benefício líquido é bastante simples e prático, sendo recomendado para extensionistas e mesmo para produtores dotados de conhecimentos sobre orçamentação parcial.

6. O método baseado nas funções de respostas exige melhor apropriação dos desenhos experimentais para análise econômica, razão pela qual Cruz & Hoeflich (1976) deixou de analisar as respostas à formulação completa (N — P — K).

7. A reduzida variação nos tratamentos e condições experimentais, quanto a tipos de solos e condições climáticas, restringe o alcance das recomendações sobre uma determinada tecnologia.

8. Em ambos os métodos, fica visível a importância dos preços dos insumos e

do produto como componentes decisivos na determinação do ponto ótimo. Daí a conveniência de ser feita análise de sensibilidade do ponto ótimo em relação a preços.

9. A vantagem do método da curva de benefício líquido reside, principalmente, no fato de permitir aos técnicos de extensão rural uma determinação fácil dos níveis ótimos, face às situações heterogêneas de tempo e lugar com que defrontam na prática.

6. REFERÊNCIAS

01. CROTTY, R. **Cattle, economics and development**. Farnham Royal, CAB, 1980. 253p.
02. CRUZ, E. R. & HOEFLICH, V. A. **Análise econômica dos dados de pesquisa agropecuária: uma abordagem pragmática**. Brasília, EMBRAPA-DDM, 1976.
03. DILLON, J. L. **The analysis of response in crop and livestock production**. 2.ed. Oxford, Pergamon Press, 1977, 213p.
04. ECHEVERRIA, L. C. R.; COSTA, F. P. & GARDNER, A. L. Fertilização em pastagens cultivadas: estimacão da dose ótima econômica de fósforo. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, Campo Grande, MS. **Nutrição de plantas forrageiras em solos tropicais ácidos**. Campo Grande, 1979. p.47-56.
05. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Departamento Técnico-Científico. Brasília, DF. **Programa Nacional de Pesquisa de Gado de Corte**. Brasília, EMBRAPA-DID, 1981. 291p.
06. FARRINGTON, J. A note on planned versus actual farmer performance under uncertainty in undeveloped agriculture. *J. Agric. Econ.*, 27:257-60, 1976. Citado por PALMER-JONES, C., 1977.
07. HEADY, E. O. & DILLON, J. L. **Agricultural production functions**. Ames, Iowa State University, 1961. 667p.
08. HEY, H. D. **Uncertainty in microeconomics**. New York, New York University, 1979. 261p.

09. MARTIN, N. D.; TOYAMA, N. K. & PIRES, Z. A. Análise econômica da produtividade de recursos produtivos na pecuária de corte no Estado de São Paulo. *R. Econ. Rural*, 18(4):741-66, 1980.
10. NORONHA, J. R. Um estudo sobre alocação eficiente de recursos ao nível de empresa rural no sul do Brasil. *Agric. São Paulo*, 21(2):219-45, 1974.
11. PALMER-JONES, C. A comment on planned versus actual farmer performance under uncertainty in underdeveloped agriculture. *J. Agric. Econ.*, 28(2):177-9, 1977.
12. PERRIN, R. K.; WINKELMANN, D. L.; MOSCARDI, E. R. & ANDERSON, J. R. From agronomic data to farmer recommendations; an economics training manual. México, CIMMYT, 1976. 51p. (Information Bulletin, 27).
13. PINHEIRO, F. A. Análise econométrica da alocação de recursos na produção bovina do município de Botucatu. Piracicaba, ESALQ, 1972. 140p. Tese Mestrado.
14. TEIXEIRA, T. D.; GOMES, F. R.; TOLLINI, H. & MOURA, L. M. de. Análise e derivação dos instrumentos básicos da análise econômica, partindo-se da superfície de produção quadrática. *Experientiae*, 10(8):209-74, 1970.