

ANÁLISE ECONÔMICA DA APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO E FÓSFORO NA
CULTURA DO MILHO NO MUNICÍPIO DE PARAÍBA DO SUL, ESTADO DO RIO
DE JANEIRO*

João Basílio Costalonga Seraphim
Guarany Carlos Gomes
Sônia Coelho de Alvarenga**

1. INTRODUÇÃO

A demanda de produtos alimentícios, pressionada pelo crescimento demográfico, tem forçado os países a procurarem o aumento da produção de alimentos para suprir as necessidades de suas populações.

Nos países desenvolvidos, o aumento da produção tem sido verificado por meio do uso de melhor tecnologia, enquanto que nos países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento o aumento da produção tem-se dado, na maioria dos casos, mediante a expansão das áreas de plantio. No entanto, à medida que vai diminuindo a oportunidade de expandir a fronteira agrícola, o desenvolvimento de novas tecnologias torna-se um fator essencial para o aumento da produtividade e, consequentemente, da produção.

Melhoramento de plantas, uso adequado do solo, utilização de novos insumos são alternativas que devem ser ajustadas às condições socioeconômicas e geográficas de cada região. Assim, estudos exaustivos e grandes esforços precisam ser despendidos no sentido de aumentar a produtividade das culturas, para atender à demanda cada vez maior de alimentos.

Uma das técnicas novas que vem assegurando gradativamente seu lugar entre os agricultores brasileiros, é a da adubação orgânica. O adubo mineral pertence à classe dos insumos modernos e exige uma técnica especial na sua aplicação, a fim de responder com aumentos de produtividade em bases econômicas. Assim, o uso racional desses fertilizantes requer uma indicação das quantidades físicas adequadas e economicamente viáveis do adubo utilizado.

A pesquisa experimental, aliada à análise econômica dos experimentos, constitui um instrumento indicado para dar uma

* Aceito para publicação em 19-09-1974.

** Respectivamente, Engº-Agrº da Companhia de Desenvolvimento do Estado de Goiás - CODEG; Engº da EMBRAPA, bolsista do CNPq e Professora-Adjunta da Universidade Federal de Viçosa.

resposta relativa ao uso correto, dos pontos de vista físico e econômico desses insumos modernos.

1.1. Objetivos

O presente trabalho visa determinar os níveis econômicos da aplicação de nitrogênio e fósforo no cultivo de milho (*Zea mays* L.), no município de Paraíba do Sul, Estado do Rio de Janeiro.

Mais especificamente, pretende-se: (a) estimar os níveis econômicos da produção de milho, de acordo com os dados experimentais de campo, obtidos com aplicação de nitrogênio e fósforo; (b) identificar a combinação ótima de nitrogênio e fósforo que proporcione o nível ótimo de produção e (c) estimar as taxas marginais de substituição entre nitrogênio e fósforo, nas condições do experimento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

HEADY *et alii* (2) analisaram economicamente experimentos de milho, relacionados a produção de grãos, com adubação N,P,K, e utilizaram a função quadrática em virtude deste modelo matemático ter apresentado bons ajustamentos em todos os ensaios.

SILVA (5), utilizando dados de experimentos, conduzidos na Zona da Mata de Minas Gerais, determinou a quantidade ótima de fertilizantes para a produção de feijão, nos diferentes níveis de preços e lucros correspondentes, usando as funções Cobb-Douglas e quadrática. Concluiu o pesquisador que as estimativas obtidas a partir da função quadrática poderão ser mais reais do que as obtidas por meio da função de produção Cobb-Douglas, podendo ainda servir melhor para recomendações práticas.

TEIXEIRA (6), estudando a superfície quadrática e suas aplicações na análise econômica de experimentos, cita a função quadrática como sendo a mais indicada para analisar experimentos com fertilizantes, número de plantas e outros.

SCHUH e TOLLINI (4), analisando a função quadrática para dados de ensaios de adubação (nitrogênio e fósforo) em feijão, em Minas Gerais, descrevem métodos de análise de experimentos de adubação nos modelos econômicos, mostrando as limitações e os cuidados com relação a este modelo estatístico. Indicam também o modo de agir dos economistas quando recomendam fertilizantes aos agricultores.

BROWN *et alii* (1) analisaram economicamente vários experimentos de milho, relacionados a nutrientes, utilizando as equações raiz quadrada e quadrática. Na maioria das análises, usaram a função quadrática.

MALAVOLTA (3) determinou o nível ótimo econômico de nitrogênio para dez ensaios relacionados à produção de milho, realizados no Triângulo Mineiro, utilizando as equações do 2º grau e de Mitscherlich, afirmando que a dose ótima de nitrogênio encontrada através da equação polinomial é muito elevada. Faz considerações a respeito das dificuldades que podem aparecer no estudo econômico de adubação, quando se usam polinômios, e aponta os meios mais indicados que devem ser seguidos para reduzir essas dificuldades. Salienta, outrossim, o fato de haver necessidade de usar sempre grupos de ensaios numerosos, com diversas repetições e boa precisão, quando se quer tu-

sar o polinômio convenientemente.

ZAGATTO e GOMES (?) fazem considerações a respeito das equações que têm sido usadas para efetuar análise econômica de experimentos de adubação. Salientam ser a função quadrática contra-indicada para a exploração, o que não acontece com a equação de Mitscherlich. Dizem, contudo, que Pesek e Heady preferem usar o trinômio do 2º grau.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Os Dados

Os dados utilizados no presente trabalho são provenientes de estudo realizado pelo Ministério da Agricultura, por meio do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Centro-Sul.

O experimento foi instalado em 11/11/71, na fazenda São Geraldo, em Vieira Cortez, município de Paraíba do Sul, Rio de Janeiro, para o estudo de adubação mineral em culturas de milho (*Zea mays* L.).

3.1.1. O Planejamento Experimental

O esquema experimental utilizado foi um fatorial 3² de N e P, com tratamentos dispostos em blocos ao acaso, com 4 repetições cada um.

Cada bloco compreendia uma área útil de 12,00 m² (6 x 2), com duas fileiras de plantas, possuindo espaçamentos de 1,00 m entre fileiras e 0,30 m entre covas. Com duas plantas por cova foi considerada uma densidade de 66.700 plantas por hectare. Entre cada parcela foi deixada uma bordadura (fileira sem adubação).

No presente estudo foram considerados apenas 10 tratamentos, assim especificados:

$$\begin{array}{ll}
 A = N_0 P_0 K_1 & F = N_2 P_2 K_1 \\
 B = N_1 P_1 K_1 & G = N_2 P_4 K_1 \\
 C = N_1 P_2 K_1 & H = N_4 P_1 K_1 \\
 D = N_1 P_4 K_1 & I = N_4 P_2 K_1 \\
 E = N_2 P_1 K_1 & J = N_4 P_4 K_1
 \end{array}$$

Os subscritos 0, 1, 2 e 4 correspondem, respectivamente, a 0, 80, 160 e 320 kg/ha de N e P₂O₅, enquanto o K₂O é mantido constante ao nível de 50 kg/ha.

O tipo de solo utilizado no experimento foi classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo e o cultivar usado foi o milho híbrido "Cargil 5005".

A época do experimento, os insumos tinham os seguintes preços, considerados no estudo: Nitrogênio = Cr\$ 1,80/Kg; Fósforo = Cr\$ 1,60/kg e Milho = Cr\$ 0,23/Kg, este fixado pela Comissão de Financiamento da Produção, para a safra 71/72.

Para o trabalho foram utilizadas 40 observações, de acordo com os 10 tratamentos considerados (Quadro 1).

Pelo Quadro 1, pode-se ver que, mantendo-se K fixo em 50 kg/ha, cada nível de um nutriente foi combinado com cada nível do outro. O rendimento máximo no campo foi obtido quando se

aplicarem 320 kg/ha de N e de P₂O₅.

O menor rendimento, 1.562 kg/ha, foi encontrado para a testemunha, isto é, a parte do experimento não adubado.

O peso dos grãos foi calculado para um teor de 15% de umidade.

QUADRO 1 - Rendimentos de milho por parcela e médias por tratamento, por hectare, para 10 tratamentos de fertilizantes, em solo podzólico vermelho-amarelo - Paraíba do Sul - RJ - ano agrícola 71/72

Trata- mento	Par- cela	N Kg/ha	P ₂ O ₅ Kg/ha	K ₂ O Kg/ha	Rendimento Kg/ha	Média Kg/ha
A	a ₁	0	0	50	2.613	2.507
	a ₂	0	0	50	3.167	
	a ₃	0	0	50	2.333	
	a ₄	0	0	50	1.917	
B	b ₁	80	80	50	5.500	5.479
	b ₂	80	80	50	5.667	
	b ₃	80	80	50	5.167	
	b ₄	80	80	50	5.583	
C	c ₁	80	160	50	3.917	5.542
	c ₂	80	160	50	6.000	
	c ₃	80	160	50	5.917	
	c ₄	80	160	50	6.333	
D	d ₁	80	320	50	6.583	5.750
	d ₂	80	320	50	6.083	
	d ₃	80	320	50	5.667	
	d ₄	80	320	50	4.667	
E	e ₁	160	80	50	4.500	4.938
	e ₂	160	80	50	5.333	
	e ₃	160	80	50	5.667	
	e ₄	160	80	50	4.250	
F	f ₁	160	160	50	6.667	6.500
	f ₂	160	160	50	7.500	
	f ₃	160	160	50	5.333	
	f ₄	160	160	50	6.500	
G	g ₁	160	320	50	7.167	6.354
	g ₂	160	320	50	5.750	
	g ₃	160	320	50	6.917	
	g ₄	160	320	50	5.583	
H	h ₁	320	80	50	6.417	5.521
	h ₂	320	80	50	4.583	
	h ₃	320	80	50	5.333	
	h ₄	320	80	50	5.750	

QUADRO 1 - Continuação

Trata- mento	Par- cela	N kg/ha	P ₂₀₅ kg/ha	K ₂₀ kg/ha	Rendimento kg/ha	Média kg/ha
I	i ₁	320	160	50	5.333	
	i ₂	320	160	50	6.750	6.292
	i ₃	320	160	50	7.167	
	i ₄	320	160	50	5.917	
J	j ₁	320	320	50	6.083	
	j ₂	320	320	50	6.667	7.042
	j ₃	320	320	50	7.083	
	j ₄	320	320	50	8.333	

FONTE: IPEACS - MA. Dados experimentais obtidos pelo Engº- Agrº Paulo M. Tavares.

3.2. Modelo Conceitual

Uma função de produção é a relação física máxima entre o montante de produção e o montante dos vários serviços de fatores, dada a mais alta tecnologia conhecida, dentro de um determinado tempo.

Para o estudo pretendido decidiu-se utilizar uma função de produção da forma quadrática, de acordo com as recomendações da literatura, principalmente as citadas por TEIXEIRA (6).

A escolha de modelo (função de produção quadrática) se deve também ao fato de ser ela, dentre as funções polinomiais, uma das que apresenta características mais consistentes com o que se espera teoricamente no presente estudo, isto é, ela pode apresentar um máximo ou um mínimo.

Por outro lado, a função quadrática é mais fácil de ser trabalhada matematicamente do que outros tipos de funções, quando há mais de uma variável independente envolvida.

A associação desses motivos fez com que a função de produção quadrática fosse utilizada pelos pesquisadores agropecuários em grande número de análises de experimentos.

O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_1^2 + b_3 X_2 + b_4 X_2^2 + b_5 X_1 X_2 + e,$$

sendo Y uma variável dependente e supondo X₁ e X₂, as variáveis independentes, desprovidas de erro experimental.

As variáveis utilizadas na equação tomaram as seguintes atribuições: Y = produção de milho em kg/ha; X₁ = doses de nitrogênio (N) em kg/ha; X₂ = doses de fósforo (P) em kg/ha e "e" = termo estocástico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A função quadrática estimada assim se apresenta:

$$\begin{aligned}
 Y = & 2.651,3613 + 10,0817N - 0,0237N^2 + 22,4846P - 0,0503P^2 \\
 & (7,0389) \quad (0,0181) \quad (7,0389) \quad (0,0181) \\
 & + 0,0142NP \\
 & (0,0122)
 \end{aligned}$$

Verificando os níveis de significância dessa função (teste de t com 34 graus de liberdade) constatou-se que apenas os coeficientes das variáveis P e P^2 foram significantes, estatisticamente ao nível de 1% de probabilidade. Os demais não foram significantes nem ao nível de 10%. Isto implica que esta função apresenta limitações quanto aos resultados, quando se trabalha com as variáveis cujos coeficientes não foram significativos.

O fato do termo quadrático, para cada um dos insumos, ser negativo indica que a lei dos rendimentos decrescentes se faz presente dentro da amplitude dos dados. É preciso notar, no entanto, que esses termos não foram significativamente diferentes de zero, ao nível de 10% de probabilidade.

De acordo com a lei dos rendimentos decrescentes, à medida que doses adicionais dos dois nutrientes são aplicadas, a resposta em termos de produção é cada vez menor. Isto quer dizer que não seria apropriado pressupor uma relação linear entre os nutrientes e a produção.

O coeficiente de interação da variável NP é positivo, mas estatisticamente não é diferente de zero. No entanto, o sinal positivo pode indicar que o nível de aplicação de N afeta a produtividade de P , e vice-versa.

Analizando as correlações entre as variáveis (Quadro 2), observa-se que as correlações acima de 80% se verificam entre a variável e seu próprio quadrado, como é o caso de N e N^2 , P e P^2 . Outras correlações, no intervalo de 60 a 72%, estão relacionadas com o termo de interação NP . As outras associações parecem ser relativamente baixas.

QUADRO 2 - Matriz de correlação das variáveis da regressão estimada

Variáveis	Variáveis e valor dos coeficientes de correlação					
	Y	N	P	N^2	P^2	NP
Y	1,000	0,544	0,630	0,413	0,492	0,611
N		1,000	0,259	0,970	0,164	0,715
P			1,000	0,164	0,970	0,715
N^2				1,000	0,104	0,694
P^2					1,000	0,694
NP						1,000

Quanto mais baixa for a correlação entre as variáveis independentes, melhor é o resultado, tendo em vista a pressuposição de que essas variáveis devem agir independentemente uma da

outra.

O coeficiente de determinação múltipla, R^2 , foi igual a 0,7152, indicando que 71,52% das variações na produção devem estar sendo explicadas pelas variáveis independentes da equação estimada.

Utilizando a equação estimada, foram calculados os diversos níveis de produção para as várias combinações de proporção de fertilizantes (Quadro 3).

QUADRO 3 - Produção prevista de milho através da função ajustada a dados experimentais - kg/ha (K = 50 kg/ha)

Quilos de P ₂₀₅ por hectare	Quilos de N por hectare							
	0	80	120	160	220	265	292	320
0	2651	3306	3520	3658	3722	3659	3574	3451
80	4128	4874	5133	5316	5449	5436	5383	5291
120	4625	5416	5698	5904	6071	6086	6046	5970
160	4961	5798	6102	6331	6532	6571	6548	6487
220	5163	6068	6407	6670	6922	6998	6999	6962
265	5077	6033	6397	6686	6976	7082	7099	7081
292	4928	5915	6294	6598	6911	7034	7062	7054
320	4696	5714	6109	6429	6766	6907	6946	6949

O rendimento físico mais alto, estimado de acordo com a função ajustada, ocorre quando se aplicam 292 kg de N e 265 kg de P₂₀₅.

A superfície de produção (Figuras 1 e 2) é construída mantendo-se constante um fator e variando o outro. Obtém-se, assim, uma curva de "fator x produto".

É interessante notar que, quando se fixa P ou N em seu nível mais alto considerado, o comportamento da resposta da produção é distinto do que ocorre nos níveis mais baixos.

O produto físico marginal para N e P, mantendo-se K constante em 50 kg/ha, pode ser derivado da equação ajustada.

Desse modo, os produtos físicos marginais para N e P podem ser obtidos de acordo com as seguintes equações:

$$PFM_N = \partial Y / \partial N = 10,0817 - 0,0474N + 0,0142P$$

$$PFM_P = \partial Y / \partial P = 22,4846 - 0,1006P + 0,012N$$

Substituindo os diversos valores de N e P nestas equações, obtém-se os produtos físicos marginais correspondentes (Quadros 4 e 5).

O rendimento físico marginal é maior quando o N está constante e a dosagem de P₂₀₅ varia mais do que no caso inverso. De modo geral, a produtividade marginal de P₂₀₅ é mais que o dobro da de N, em qualquer nível.

A relação fator x fator pode ser derivada da função de produção ajustada, e expressa as diferentes combinações dos fatores para produzir um determinado nível de produto.

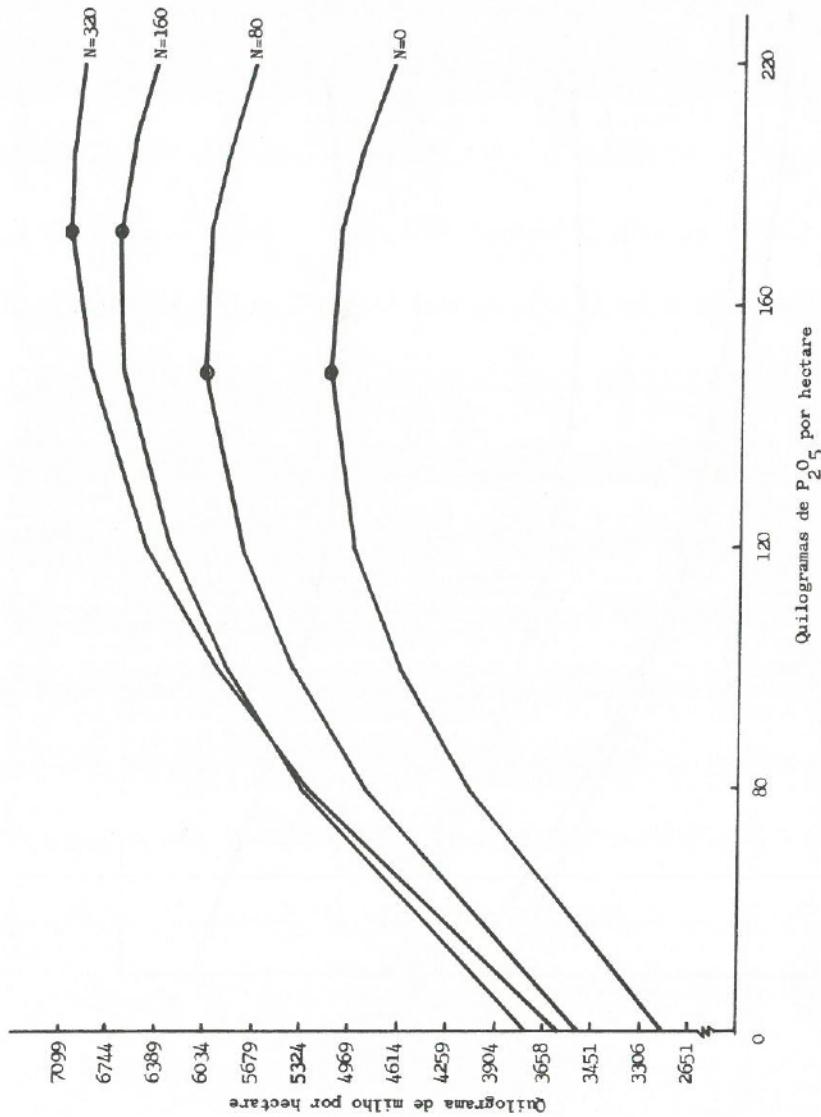


FIGURA 1 - Superfície de produção para níveis constantes de nitrogênio.

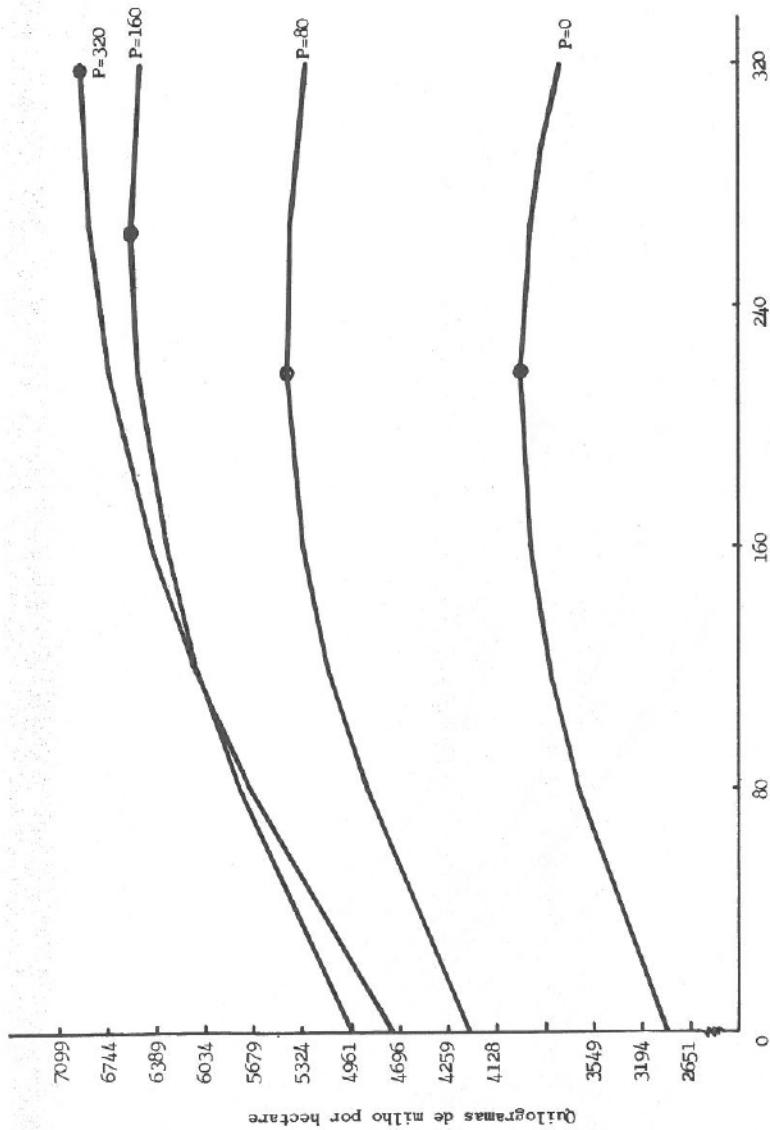


FIGURA 2 - Superfície de produção para níveis constantes de fósforo.

QUADRO 4 - Produtos físicos marginais para nitrogênio em diferentes níveis de P₂O₅, para K mantido constante (50 kg/ha)

Quilos de P ₂ O ₅ por hectare	Quilos de nitrogênio por hectare			
	0	80	160	320
0	10,0817	6,2897	2,5077	- 5,863
80	11,2230	7,4257	3,6337	- 3,9503
160	12,3537	8,5617	4,7697	- 2,8143
320	14,6257	10,8337	7,0417	- 0,5423

QUADRO 5 - Produtos físicos marginais para P₂O₅, em diferentes níveis de nitrogênio, para K mantido constante (50 kg/ha)

Quilos de nitrogênio por hectare	Quilos de P ₂ O ₅ por hectare			
	0	80	160	320
0	22,4846	14,4366	6,3886	- 9,7074
80	23,6206	15,5726	7,5246	- 8,5714
160	24,7566	16,7086	8,6606	- 7,4354
320	27,0286	18,9806	10,9326	- 5,1634

Fixando Y em um nível Y₀, obtém -se a seguinte relação:

$$P = (223,504 + 0,1412) \pm (102.668,9723 + 263,5276N -$$

$- 0,4512N^2 - 19,8814Y_0)^{1/2}$, que é a equação geral das isoquantas. Ela expressa P em função de N.

O conjunto de isoquantas (Figura 3), construído para 5 níveis predeterminados de Y, apresenta-se convexo à origem, demonstrando substituição decrescente entre os 2 insumos considerados.

A taxa marginal de substituição técnica (TMST) entre os insumos indica de quanto se deve aumentar o uso de um fator quando se diminui uma unidade do outro, mantendo-se constante a produção.

Esta taxa pode ser expressa pela relação entre as produtividades marginais dos 2 insumos e indica o negativo da inclinação da isoquanta no ponto considerado.

Partindo-se das equações dos produtos físicos marginais, a TMST_{PN} está assim expressa:

$$TMST_{PN} = \frac{\partial Y / \partial N}{\partial Y / \partial P} = \frac{dP}{dN} = \frac{10,0817 - 0,0474N + 0,0142P}{22,4846 - 0,1006P + 0,0142N}$$

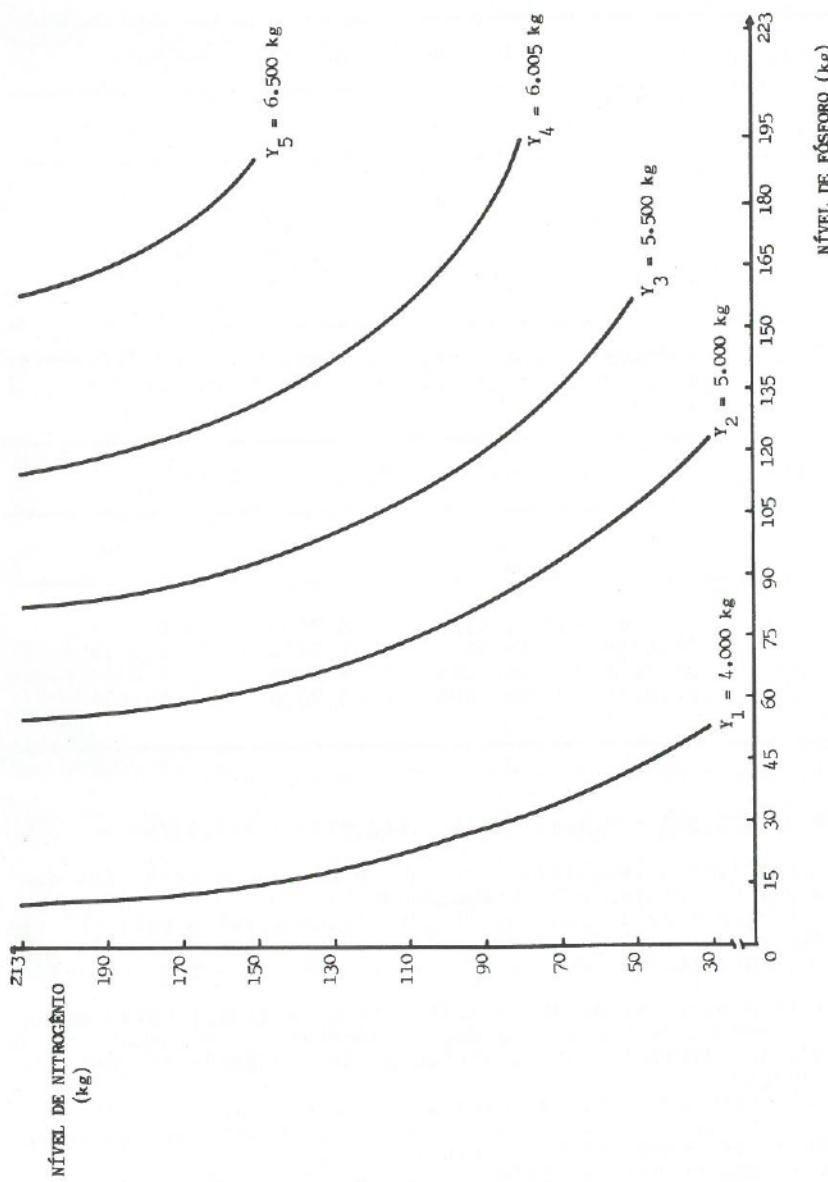


FIGURA 3 - Mapa de isoquantes para cinco níveis predeterminados de produção de milho.

Para cada relação de preço dos insumos, pode-se estabelecer qual a combinação de insumos que resultará em um mínimo custo, para um determinado volume de produção desejado.

Como as relações físicas são dadas pela função, pressupondo que não haja mudança na tecnologia, se os preços mudarem é possível derivar nova combinação de insumos para se produzir determinada quantidade do produto a um custo mínimo, bastando, para isso, igualar a TMST à nova razão de preços dos insumos (nitrogênio/fosforo).

Derivando-se o nível ótimo de uso dos insumos, para a razão de preços dos fertilizantes à época do experimento, obtém-se também, o nível ótimo da produção de milho, ou seja:

$$\begin{aligned} Y &= 6.005,3984 \text{ kg/ha de milho} \\ P &= 168,2012 \text{ kg/ha de P}_{205} \\ N &= 98,0907 \text{ kg/ha de N} \end{aligned}$$

Este é um dos pontos mais importantes da contribuição da economia à avaliação de experimentos.

Aqui, é necessário observar que a idéia de máximo de produção física não implica, necessariamente, em máximo lucro. Este, deve-se verificar quando se obtém um ótimo econômico.

Desse modo, a análise econômica procura antes aquele ponto onde, dados os preços dos fatores e dos produtos e de acordo com a função de produção, a renda líquida será maior, e não onde a renda bruta o é.

4.1. Funções Estáticas: Oferta de Milho e Demanda de Fertilizantes

A derivação das funções de oferta de milho e demanda de fertilizantes, embora baseada em dados experimentais, possibilita determinar a amplitude da reação da produção de milho e de fertilizantes a variações no preço.

As duas funções - de oferta de milho e demanda de fertilizantes - e suas respectivas elasticidades são derivadas da função de produção estimada.

Esta análise será feita considerando o longo prazo, aqui definido como aquele prazo onde ambos os fatores (N e P) são variáveis.

Considerar-se-á, também, que os preços de milho e dos fertilizantes são conhecidos com certeza e que os agricultores buscam seus lucros, sem considerar outras restrições.

4.1.1. Oferta Estática de Milho a Longo Prazo

A equação de oferta de milho, derivada da função de produção ajustada, para os preços de N e P é:

$$Y = 7.064,0060 - 41,8299P_y^2$$

Dada esta função, a quantidade ofertada de milho deve ser igual a zero quando seu preço for Cr\$ 0,077 ou mais baixo.

A elasticidade-preço da oferta estática a longo prazo é:

$$E_o = 83,6598 / (7.064,0060P_y^2 - 41,8299)$$

Ao preço considerado à época do estudo (Cr\$ 0,23/kg), a elasticidade-preço da oferta foi estimada em 0,252, sendo inelástica. Isto implica que pequenas variações no preço de milho não têm efeitos substanciais sobre a quantidade ofertada deste produto.

4.1.2. Função de Procura Estática a Longo Prazo

A função de procura de um fator também é derivada da função de produção ajustada, considerando as variações no outro fator para dar as combinações de preço mínimo, à medida que o preço do fator considerado varia.

Desse modo, as equações de procura a longo prazo dos insumos N e P são as seguintes (dado o preço do produto e do outro fator):

$$N = 270,5333 - 95,8095P_N$$

$$P = 265,0763 - 45,2290P_P$$

As elasticidades-preço da procura dos insumos são obtidas de suas respectivas equações de procura e suas estimativas são as seguintes:

$$E_d(N) = 95,8095P_N / (95,8095P_N - 270,5333) = -1,76$$

$$E_d(P) = 45,2290P_P / (45,2290P_P - 265,0763) = -0,37$$

A procura a longo prazo para P é mais inelástica do que para N. Isto implica que mudanças de preços tenderão a afetar menos a quantidade utilizada de fósforo do que a de nitrogênio.

Embora os coeficientes das variações da equação utilizada no presente estudo sejam, em sua maioria, não significantes estatisticamente (dentro do limite estabelecido de até 10% de probabilidade), o que limita a aplicação de uma análise mais profunda, cabe salientar novamente a importância de se utilizar análise econômica em dados de experimentos.

Considerando a indústria de milho como atuando em mercado de competição pura, tanto na venda do produto como na compra de fatores de produção, podem-se indicar os resultados aqui apresentados como sendo úteis para decisões a nível de fazenda e também como fonte de informações para uso educacional.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

A demanda de produtos alimentícios, pressionada pelo crescimento demográfico, tem forçado os países a procurarem o aumento da produção de alimentos para suprir as necessidades de suas populações.

A pesquisa experimental tem buscado soluções para o problema do aumento de produtividade, de forma a suprir as necessidades crescentes de alimentos.

O presente trabalho tem por objetivo determinar os níveis econômicos da aplicação de nitrogênio e fósforo na cultura de milho, no município de Paraíba do Sul, Rio de Janeiro.

Ajustou-se uma função quadrática a dados de experimentos,

obtendo-se:

$$Y = 2.651,36 + 10,0817N - 0,0237N^2 + 22,4846P - 0,0503P^2 + \\ + 0,0142NP$$

O rendimento físico marginal do P₂₀₅ mostrou-se bem maior do que o do N.

Para os preços vigentes à época do estudo, o nível ótimo de insumos foi obtido com 168,20 kg/ha de P₂₀₅ e 98,09 kg/ha de N, para uma produção de 6.005 kg/ha de milho.

Derivaram-se funções de demanda de insumos e oferta de produto, considerando o longo prazo.

Ao preço considerado à época do estudo, a elasticidade-preço da oferta estática foi bem inferior a um (0,25), indicando pouco efeito de variações de preço do milho sobre a quantidade ofertada.

A procura de longo prazo para P é mais inelástica do que para N. Isto implica que as mudanças de preços do fator tenderão a afetar menos a quantidade utilizada de fósforo do que a de nitrogênio.

Estudos econômicos e dados experimentais são a complementação indispensável para a aplicação adequada dos resultados obtidos no experimento. Informações como as do presente trabalho podem ser adequadas, tanto para administração quanto para políticas.

6. SUMMARY

The demand for food products required by an increasing population has forced countries to increase food production to supply their needs. Experimental research has been geared to increasing productivity, to help meet this growing demand for food. The objective of this study was to determine the most economically feasible levels of nitrogen and phosphorus for corn production in the município of Paraíba do Sul, Rio de Janeiro. The experimental data was adjusted to a quadratic function and the following equation was obtained.

$$Y = 2,651.36 + 10.0817N - 0.0237N^2 + 2.4846P - 0.0503P^2 + \\ + 0.0142NP$$

The marginal yield increase obtained with P₂₀₅ was shown to be greater than that obtained with N. The optimal fertilizer level was 168.20 kg/ha of P₂₀₅ and 98.09 kg/ha of N, which yielded 6.005 kg/ha of corn. The functions for the demand of inputs and product supply were derived for a long term time period. The price during this study showed the price elasticity of supply to be less than (0.30) indicating the small effect of corn price variation on the quantity supplied. The demand for P in the long run is more inelastic than for N. This indicates that changes in price will tend to have less effect on the quantity of phosphorus used than on the quantity of nitrogen.

Economics studies of experimental data are an indispensable complement to the adequate application of experimental

results. Information provided by the present study will benefit farm management and agricultural policies.

7. LITERATURA CITADA

1. BROWN, W.G., HEADY, O.; PESEK, John; STRITZEL, J.A. *Production functions, isoquants, isoclines and economic optima in corn fertilization for experiments with two and three variable nutrients*. Ames, Iowa State College, 1956. 67 p. (Research Bulletin, 441).
2. HEADY, Earl O.; PESEK, John; RAO, V.Y. *Fertilizer production functions from experimental data with associated supply and demand relationships*. Ames, Iowa State College, 1966. 58 p. (Research Bulletin, 543).
3. MALAVOLTA, Eurípedes. *Manual de química agrícola; adubos e adubação*. 2 ed. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 1967. 606 p.
4. SCHUH, George Edward & TOLLINI, Hélio. *Análise econômica de ensaios de adubação*. Itabuna, EAPA/SUPLAN, 1972. 45 p.
5. SILVA, Paulo Roberto. *Análise econômica do emprego de fertilizantes na cultura do feijoeiro, através da função de produção*. Zona da Mata, Minas Gerais. Viçosa, U.F.V., Imprensa Universitária, 1967, 61 p. (Tese M.S.).
6. TEIXEIRA, Teotônio Dias. *Análise e derivação dos instrumentos básicos da análise econômica, partindo-se da superfície de produção quadrática*. Viçosa, U.F.V., Imprensa Universitária, 1970. 274 p. (Tese M.S.).
7. ZAGATTO, Alcides G. & GOMES, F. Pimentel. O problema técnico-econômico da adubação. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós*, Piracicaba, 17(384):149-63. 1960.