



**RELAÇÕES ESTRUTURAIS DA DEMANDA DE FERTILIZANTES NO BRASIL, 1954-77**

**Aécio Negro Neto, Natanael Miranda dos Anjos, Antonio José Braga do Carmo,  
Rosa Maria Pescarin Pellegrini e Adalberto de Oliveira Rodrigues**

Governo do Estado de São Paulo  
Secretaria da Agricultura

Instituto de Economia Agrícola





RELAÇÕES ESTRUTURAIS DA DEMANDA DE FERTILIZANTES NO BRASIL, 1954-77

Afonso Nejrri Neto  
Natanæ! Miranda dos Anjos  
Antonio José Braga do Carmo  
Rosa Maria Pescarin Pellegrini  
Adalberto de Oliveira Rodrigues

## ÍNDICE

1 - INTRODUÇÃO .....	1
1.1 - Importância do Problema .....	1
1.2 - Objetivos .....	2
1.3 - Comportamento do Consumo de Fertilizantes .....	2
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
3 - METODOLOGIA .....	15
3.1 - Modelos Econométricos .....	15
3.2 - Definição da Variáveis .....	16
3.2.1 - Consumo aparente de fertilizante .....	16
3.2.2 - Relação preço de fertilizante/preço recebido pelos agricultores .....	17
3.2.3 - Valor de produção (VPROB) .....	18
3.2.4 - Área cultivada (AREAB) .....	18
3.2.5 - Salário agrícola (WAGEB) .....	19
3.2.6 - Preço de fertilizante .....	19
3.2.7 - Preço recebido pelos agricultores .....	19
3.2.8 - Consumo de fertilizante no ano anterior .....	20
3.2.9 - Preço recebido pelos agricultores no ano Ant <u>e</u> rior (PRAAB) .....	20
3.2.10- Variável "dummy" (D) .....	20
3.2.11- Tendência (T) .....	20
4 - ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	21
4.1 - Equações Seleccionadas para Explicar a Demanda no Brasil .....	21
4.1.1 - Nitrogênio .....	21
4.1.2 - Fósforo .....	25
4.1.3 - Potássio .....	27
4.1.4 - NPK .....	30
4.2 - Resultados e Conclusões .....	32
LITERATURA CITADA .....	34
RESUMO .....	36
SUMMARY .....	37

# RELAÇÕES ESTRUTURAIS DA DEMANDA DE FERTILIZANTES NO BRASIL, 1954-77 (1)

Afonso Negri Neto  
Natanael Miranda dos Anjos  
Antonio José Braga do Carmo  
Rosa Maria Pescarin Pellegrini  
Adalberto de Oliveira Rodrigues

## 1 - INTRODUÇÃO

### 1.1 - Importância do Problema

O desenvolvimento do setor agrícola de um país leva em consideração o uso racional de técnicas modernas. Esta modernização está relacionada à qualificação dos agricultores, em termos de conhecimentos técnicos e capacidade empresarial, e às relações de preços entre os produtos e os fatores modernos e tradicionais.

Dentre os insumos modernos, os fertilizantes constituem os principais responsáveis pelo aumento da produtividade da terra e do homem; além disso agem como agentes incitantes do emprego de novas técnicas que contribuem ainda mais para maiores rendimentos e lucros para o produtor rural.

Em uma fase inicial, o aumento do uso de fertilizantes implica maiores produtividades nas principais culturas; já em estágio subsequente, o crescimento no uso de fertilizantes torna-se condição "sine qua non" na manutenção do nível de produtividade alcançado.

Estudos que mostrem as relações estruturais da demanda de fertilizantes são de alta relevância para a orientação de política de suprimento e

---

(1) Este trabalho integra as pesquisas desenvolvidas no Projeto de "Atualização de Estudos de Comportamento de Demanda Interna e Oferta de Fertilizantes para o Mercado Brasileiro", financiado pelo Convênio Petrobrás Fertilizantes e a Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo. A coordenação do projeto esteve a cargo dos dois primeiros autores.

de preços, para o desenvolvimento econômico da agricultura e também para o equilíbrio da dívida externa.

## 1.2 - Objetivos

O presente estudo tem como objetivo analisar o consumo e demanda de fertilizantes, individualmente (N,P,K) e no agregado (NPK).

Os objetivos específicos são:

- a) descrever a evolução do consumo de cada nutriente e do agregado (NPK);
- b) determinar a relação de consumo;
- c) determinar as taxas anuais de crescimento do consumo aparente, dos nutrientes e do agregado;
- d) determinar a elasticidade-preço da demanda dos nutrientes e do agregado NPK, tanto a curto como a longo prazo.

## 1.3 - Comportamento do Consumo de Fertilizantes

Em 1954, o Brasil consumia 18,3 mil toneladas de nitrogênio, enquanto em 1977 este consumo foi de 688,0 mil toneladas. O consumo aparente de fósforo no mesmo período evoluiu de 50,1 mil para 1.533,1 mil toneladas, e o de potássio passou de 30,4 mil para 927,2 mil toneladas.

Com relação ao consumo aparente de fertilizantes, de forma agregada, verificam-se também taxas elevadas de crescimento (quadro 1). O consumo aparente de fertilizantes é dado pela soma da produção doméstica e das importações.

A relação de consumo mostra a proporção dos nutrientes em relação à quantidade de nitrogênio. Esta relação apresentou os valores extremos de 1,00: 3,05; 2,12 e 1,00: 1,50; 1,11 (quadro 1).

A taxa de crescimento do consumo aparente de fertilizantes (NPK) no Brasil, no período de 1954-77, foi de 16,2% a.a. É importante que se faça uma subdivisão no período, porque de 1954-65 a taxa teria sido de 10,2% a.a. e no período 1965-77, de 26,7% a.a.. Esta diferença na taxa está di

QUADRO 1. - Consumo Aparente de Nitrogênio, Fósforo, Potássio e do Agregado (NPK), em Toneladas, e Relações de Consumo para o Brasil, 1954-77

Ano	Brasil				Relação de consumo		
	N	P	K	NPK	N	P	K
1954	18.312	50.581	30.377	99.270	1,00	2,76	1,66
1955	23.674	72.263	50.291	146.228	1,00	3,05	2,12
1956	31.203	72.192	42.683	146.078	1,00	2,34	1,36
1957	35.077	102.823	61.170	199.070	1,00	2,79	1,74
1958	46.708	141.839	67.733	243.280	1,00	3,01	1,45
1959	45.025	118.851	57.476	221.352	1,00	2,64	1,28
1960	64.735	127.693	106.306	298.734	1,00	1,97	1,64
1961	56.810	118.363	72.004	247.177	1,00	2,08	1,29
1962	50.936	117.519	68.447	236.875	1,00	2,30	1,34
1963	65.211	156.818	92.555	314.584	1,00	2,40	1,41
1964	50.809	135.052	69.564	255.425	1,00	2,66	1,37
1965	70.570	120.097	99.732	290.399	1,00	1,70	1,41
1966	71.134	116.648	93.336	281.118	1,00	1,64	1,31
1967	106.382	204.606	136.937	447.925	1,00	1,98	1,32
1968	144.320	273.093	184.295	601.709	1,00	1,89	1,28
1969	164.429	265.666	200.290	630.386	1,00	1,62	1,22
1970	276.412	415.972	306.692	999.042	1,00	1,50	1,11
1971	278.326	535.864	350.846	1.165.036	1,00	1,93	1,26
1972	411.606	874.935	459.984	1.746.525	1,00	2,13	1,12
1973	346.103	804.512	528.532	1.679.147	1,00	2,32	1,53
1974	389.193	914.151	521.302	1.824.636	1,00	2,34	1,34
1975	406.229	1.013.848	557.615	1.977.692	1,00	2,50	1,37
1976	498.274	1.008.329	721.540	2.528.143	1,00	2,63	1,45
1977	688.403	1.533.501	927.245	3.149.149	1,00	2,23	1,35

Fonte: SIACESP - Dados elaborados pelo IEA.

retamente relacionada com as mudanças verificadas na política governamental de crédito.

O quadro 2 mostra as distintas taxas de crescimento que podem ser obtidas, conforme o período considerado e o nutriente.

## 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Muitos dos estudos iniciais sobre demanda e preço desenvolveram-se exclusivamente em teoria pura. Porém, a partir da teoria, vários pesquisadores têm tentado quantificar as relações entre preço e consumo. Tais objetivos são desejáveis do ponto de vista do conhecimento científico, e não estão, necessariamente, em conflito um com o outro <sup>(2)</sup>.

Embora se tenha um razoável número de trabalhos realizados sobre demanda no Brasil, a sua maioria é voltada para o lado dos produtos agrícolas, como se pode verificar em KAFKA (13), DELFIM NETTO (6), PANIAGO (18), BRANDT (2), JUNQUEIRA (12), BRANDT e CRISCUOLO (3) e SERRANO (21).

Alguns dos principais estudos de demanda, no Brasil, abordando especificamente o fator fertilizantes, são: KNIGHT (15), CIBANTOS (5), PESCARIN (19), SEITEC PROJETOS E DESENVOLVIMENTOS S.C. LTDA (20), SOUZA (22), HOMEM DE MELLO (10), CARVALHO (4) e BAUM (1). O primeiro analisou a demanda de fertilizantes no Rio Grande do Sul, no período 1955-67, em relação às culturas de arroz e trigo. Nenhuma relação foi encontrada entre consumo de fertilizantes e a variável independente dada pela relação entre preço de fertilizante e preço esperado dos produtos (arroz e trigo). O próprio autor admite que uma subestimação da área pode ter prejudicado a análise, assim como o curto período analisado.

CIBANTOS (5) realizou estudo sobre fertilizantes e, entre outros aspectos, relatou a evolução do consumo no Brasil e no Estado de São Paulo, no período 1949-71; uma revisão detalhada dos aspectos metodológicos, principalmente da literatura estrangeira, é apresentada nesse trabalho. Analisou a demanda de fertilizantes, no Estado de São Paulo, utilizando séries cronoló-

---

(2) Maiores esclarecimentos sobre demanda e preços na agricultura constam do Boletim Técnico nº 1316 do Economic Research Service, United States Department of Agriculture, ou "Análise de Demanda e Preços na Agricultura" de Frederick V. Waugh, traduzido por Serrano, Larson e Engler e publicado pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, em 1973.

QUADRO 2. - Taxas Anuais de Crescimento do Consumo Aparente de Fertilizantes,  
Brasil, 1954-77

(em porcentagem)

Período	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	NPK
1954-60	23,42	16,69	23,22	20,17
1961-65	5,57	0,36	8,48	4,11
1966-69	32,22	31,57	28,98	31,05
1970-74	8,93	21,76	14,18	16,25
1975-77	30,18	22,99	28,95	26,19
1954-65	13,05	7,89	11,41	10,25
1966-77	22,92	26,39	23,21	26,76
1954-77	17,08	15,99	16,02	16,22

Fonte: Instituto de Economia Agrícola.

gicas que abrangiam o período 1949-71. Foram analisados, ainda, os subperíodos 1949-71 (exclusive 1961-65), 1949-60 e 1966-71, por terem sido observadas variações de preço e quantidade, com características distintas da tendência normal, nesses períodos.

Nos períodos analisados observou-se, para a agricultura paulista, uma relação favorável entre os preços reais recebidos pelo produtor agrícola e os preços reais pagos pelo agricultor. Nessa relação, quando se substituiu o preço de fertilizantes pelo preço agregado de outros insumos, verificou-se uma tendência não favorável. Dessa forma, a primeira hipótese que surge para explicar a expansão no uso de fertilizantes é a melhoria dessa relação.

A partir das operações do FUNFERTIL (abril de 1966), verificaram-se significativos aumentos anuais no consumo de fertilizantes na agricultura paulista. Embora não se tenham incluído no modelo dados específicos de crédito para fertilizantes, supõe-se que uma das principais causas do incremento de seu uso tenha sido esse programa. Por outro lado, a área cultivada aumentou em cerca de 50,0%, enquanto o consumo de fertilizante cresceu vinte vezes no período analisado.

Embora o modelo tradicional tenha sido ajustado, a melhor estimativa da demanda de fertilizantes no Estado de São Paulo foi obtida através do modelo de ajustamento retardado. Os principais resultados desse modelo foram:

a) no período completo (1949-71), o coeficiente de ajustamento em contrato foi da ordem de 0,10, sugerindo que aproximadamente 10,0% do desequilíbrio entre consumo atual e o consumo desejado de fertilizantes é eliminado em um ano. A demanda de fertilizantes é relativamente inelástica a curto prazo (-0,25) e relativamente elástica a longo prazo (-2,48);

b) no subperíodo 1949-71 (exclusive 1961-65), os valores estimados, tanto no curto como no longo prazo, para coeficiente preço, estão próximos dos valores estimados no período completo, mas pode-se considerar que os resultados não foram melhores que os daquele período, pois apresentam problemas de significância estatística;

c) no subperíodo 1949-60, o coeficiente de ajustamento encontrado (0,35) foi mais alto, evidenciando um ajustamento mais rápido no consumo. As elasticidades-preço da demanda foram -0,61 a curto prazo e -1,74 a longo prazo; e

d) no subperíodo 1966-71, o número de graus de liberdade foi extremamente reduzido em algumas equações e, por isso, fizeram-se certas ressalvas nas análises, mas os coeficientes de elasticidade-preço da demanda de fertili

zantes encontrados foram relativamente elásticos.

Por fim, a pesquisa mostrou que a demanda de fertilizante, no período analisado, sofreu modificações, e que é relativamente inelástica a curto prazo e relativamente elástica a longo prazo, tornando-se mais elástica em relação aos preços reais.

PESCARIN (19) estudou a demanda de fertilizantes para o Estado de São Paulo, onde os fertilizantes não foram considerados de forma agregada (como anteriormente feito por CIBANTOS), mas individualmente, com relação a nitrogênio, fósforo e potássio. Descreveu a evolução do consumo de "nutrientes" básicos das plantas; determinou a função de demanda de tais nutrientes para o Estado de São Paulo e calculou também a elasticidade-preço dos mesmos, tanto a curto como a longo prazo. O período analisado foi de 1948 a 1972, observou-se que a tendência de consumo para os três nutrientes é de aumento e que a utilização pela agricultura paulista de fertilizantes fosfatados supera a de nitrogenados e de potássicos, embora a proporção de fósforo e potássio em relação ao nitrogênio tenha decrescido. Procurou-se, também, medir a influência do programa FUNFERTIL, através de uma variável binária ("dummy"), a qual captou diferenças significativas entre os períodos "ante-FUNFERTIL" e "pós-FUNFERTIL".

Através de modelos de ajustamento retardados, PESCARIN (19) verificou que:

a) para o nitrogênio, o coeficiente de ajustamento foi de 0,43. A demanda de nitrogênio é relativamente inelástica a curto prazo (-0,48) e relativamente elástica a longo prazo (-1,12);

b) para o fósforo, o coeficiente de ajustamento é igual a 0,41. A demanda por fósforo tanto a curto como a longo prazo é relativamente inelástica: -0,31 e -0,76, respectivamente; e

c) para o potássio, o coeficiente de ajustamento é igual a 0,51. A demanda por potássio é relativamente inelástica a curto e longo prazo: -0,30 e -0,60, respectivamente.

SEITEC PROJETOS E DESENVOLVIMENTOS S.C. LTDA. (20) desenvolveu um trabalho intitulado Estudo Nacional de Fertilizantes, com algumas análises da indústria de fertilizantes. Os grandes itens analisados foram: aspecto agrônomico quanto à fertilidade, práticas de adubação e demanda potencial de fertilizantes; motivação do agricultor para aquisição de adubos; tecnologias de produção internacionais e nacionais; evolução da produção de fertilizantes, com a determinação da oferta e procura de produtos; comercialização de adubos e sistemas de informações para o setor.

A função estimada forneceu apenas uma relação do tipo consumo-renda, e os próprios autores admitiram que essa relação não propicia uma função de demanda de fertilizantes. Todavia, admitiram também que nada impede que se tenha uma idéia aproximada de alguns parâmetros que, usados com cautela, podem fornecer subsídios à política de fertilizantes.

A relação adotada foi:

$$C = f(A, Y)$$

onde:

C = consumo aparente de fertilizantes no agregado e isoladamente;

A = área cultivada;

Y = produto bruto da agricultura.

Uma observação importante, relativa à especificação de variáveis, é que a renda, comumente usada em função de demanda de produtos, tem sido inadequadamente especificada em funções de demanda de insumos. Estudos nessa linha foram realizados por HEADY & YEH (9) e CIBANTOS (5), sem resultados satisfatórios.

Porém, há casos em que a inadequada especificação da variável renda em ajustamentos da função de demanda de insumos leva a resultados estatisticamente satisfatórios, mas de difícil explicação econômica. A elasticidade-renda para uma função de demanda de insumo não tem o mesmo sentido e precisão da elasticidade-renda da demanda de produto. No entanto, é comum dar-se à primeira a mesma interpretação desta última.

Os coeficientes para a área cultivada não foram estatisticamente relevantes para a explicação do consumo e, aqui, convém lembrar a possibilidade da existência de uma relação inversa entre terra e fertilizantes, visto que são fatores substitutivos no aumento da produção agrícola.

Os coeficientes do produto bruto da agricultura foram altamente significativos e, com isso, as elasticidades-renda do consumo aparente de fertilizantes foram: 2,20 para NPK; 2,92 para N; 1,74 para  $P_2O_5$  e 2,57 para  $K_2O$

O padrão médio de consumo regional foi analisado através de

$$C_{jt} = f(Y_{jt}, A_{jt}, D_1, D_2)$$

onde:

$C_{jt}$  = consumo na região j, no ano t.

$Y_{jt}$  = produto bruto na agricultura na região j e no ano t.

$A_{jt}$  = área cultivada na região j e no ano t.

$D_1, D_2$  = são duas variáveis simuladas com a finalidade de captar diferenças regionais do consumo médio de fertilizantes.

Os resultados obtidos foram os seguintes:

a) uma resposta altamente sensível em relação à variação na renda, com as elasticidades-renda de consumo de fertilizantes estimadas em 1,6 para NPK; 1,9 para N; 1,2 para fósforo, e 1,8 para potássio;

b) com exceção dos fertilizantes fosfatados, o coeficiente da variável área cultivada apresentou razoável significância estatística, mostrando que a um aumento da área cultivada é utilizada maior quantidade de fertilizantes; e

c) as diferenças na taxa de crescimento do consumo de fertilizantes da Região Centro (MG, ES, RJ, SP, PR, MT, GO e DF) em relação às Regiões Norte (Amazonas até Bahia) e Sul (SC e RS) devem-se, exclusivamente, a variações na área cultivada. No caso dos fertilizantes potássicos, a diferença na taxa de crescimento do consumo da Região Sul, com relação às regiões Norte e Centro, é devida à variável renda.

Ainda na tentativa de se ter uma indicação de como se relaciona o uso de fertilizantes, foram estimadas funções de demanda de sulfato de amônio e de cloreto de potássio na Região Centro, através da seguinte relação:

$$q_t = f(P_r, q_{t-1})$$

onde:

$q_t$  = quantidade demandada no ano t.

$P_r$  = relação preço fertilizante/preço recebido pelo agricultor.

$q_{t-1}$  = a quantidade demandada no ano t-1.

t = período de 1950 a 1971.

Os coeficientes de elasticidade-preço foram -0,45 para sulfato de amônio e -1,31 para cloreto de potássio.

Outro trabalho relativo a fertilizantes foi efetuado por SOUZA (22), que estimou a demanda de fertilizantes para o Brasil, através do método de mínimos quadrados ordinários. Neste trabalho, considerou-se a quantidade procurada de fertilizantes, de forma agregada (NPK), como função das seguintes variáveis: índice de preço de fertilizantes, índice de preços recebidos pelos produtores agrícolas no ano t-1, índice de preços pagos por outros insumos (exclusive fertilizantes), índice de rendimentos físicos das principais culturas no ano t-1, tendência. O modelo utilizado foi o de retardamento distribuído no período 1950/70.

O modelo que melhor se ajustou considerou as seguintes variáveis independentes: preços de fertilizantes, rendimento físico, tendência e procura retardada. Estas variáveis foram significantes ao nível de 1,0% de probabilidade e explicaram 88,5% das mudanças na quantidade procurada de NPK. O teste F do coeficiente de determinação múltipla ( $R^2$ ) apresentou significância estatística ao nível de 1,0% de probabilidade, mostrando a capacidade do modelo em explicar a procura de fertilizantes. No entanto, a estatística de Durbin-Watson permaneceu inconclusiva para correlação serial nos resíduos calculados.

Os principais resultados obtidos foram:

- a) coeficiente de ajustamento igual a 0,445;
- b) elasticidade-preço a curto prazo igual a -0,28;
- c) elasticidade-preço a longo prazo igual a -0,63.

Conforme assinala o autor, as estimativas da elasticidade-preço de fertilizantes indicaram que a procura desse insumo é relativamente inelástica, tanto a curto como a longo prazo.

O autor conclui afirmando que se conseguem "maiores aumentos na procura de fertilizantes atuando indiretamente através dos fatores que tendem a elevar a produtividade das culturas, do que por meio de variáveis que afetem diretamente a relação preço/quantidade procurada, daqueles insumos".

O trabalho de HOMEM DE MELLO (10), referente à utilização de fertilizantes, procura analisar qual o impacto do uso de fertilizantes sobre a modernização da agricultura paulista. Inicialmente, o autor admite que a produtividade do recurso terra é afetada por três tipos de práticas agrícolas: uso de fertilizantes e defensivos, desenvolvimento e adoção de sementes melhoradas e certas práticas culturais, assim como melhoramentos do fator terra, inclusive irrigação e drenagem. Em seguida, o autor mostra como evoluiu o consumo de fertilizantes na agricultura paulista, no período 1948-73.

A primeira variável dependente que o autor usa no estudo correspondente a uma série temporal é a tonelagem total de nutrientes consumidos pela agricultura paulista durante o ano civil; alternativamente, o consumo dos nutrientes individuais é ponderado pelos respectivos preços, obtendo-se então o consumo ponderado total. Uma segunda variável dependente é usada em outra análise da utilização de fertilizantes, combinando-se as observações de quatro safras, isto é, de 1969/70 a 1972/73. Essa variável é o uso de fertilizantes por hectare cultivado de 14 culturas, nas Divisões Regionais Agrícolas

ias do Estado (DIRAs).

As duas funções utilizadas para explicar o consumo de fertilizantes no Estado de São Paulo foram, inicialmente, especificadas com as seguintes variáveis:

$$QT_t = f(\text{PRF}_t, \text{RA}_t, T_t, A_t, D_t, u) \quad (1)$$

$$QTH_{ti} = g(\text{PFV}_{ti}, \text{PFT}_{ti}, \text{PFL}_{ti}, \text{DIRA}_i, e) \quad (2)$$

onde:

$QT_t$  = quantidade total de nutrientes (N,P,K), no ano t;

$QTH_{ti}$  = quantidade total por hectare cultivada em 14 culturas, a no t;

$\text{PRF}_t$  = quociente do preço de fertilizantes pelo índice de preços recebidos pelos agricultores: preço "real" de fertilizantes;

$\text{RA}_t$  = renda agrícola em t;

$T_t$  = tempo (1951 = 1);

$A_t$  = área plantada com dezesseis culturas em t;

$D_t$  = variável binária para política governamental de crédito rural (1967-73, valores um);

$\text{PFV}_{ti}$  = preço de fertilizantes dividido pelo valor da produção por hectare; ambos, ano t, DIRA<sub>i</sub>;

$\text{PFT}_{ti}$  = preço de fertilizantes dividido pelo salário agrícola; ambos, ano t, DIRA<sub>i</sub>;

$\text{PFL}_{ti}$  = preço de fertilizantes dividido pelo aluguel da terra; ambos, ano t, DIRA<sub>i</sub>;

DIRA = Divisão Regional Agrícola; e

u, e = termos de erro.

A equação (1) caracteriza-se como a função de demanda de fertilizantes com base na série temporal 1951-73, enquanto a equação (2) combina as observações (i.e., as DIRAs do Estado) de quatro anos agrícolas.

Cumpre ressaltar a variável introduzida para a política brasileira de crédito rural. A partir de 1967, dois programas especiais de crédito rural subsidiado para insumos modernos passaram a existir (FUNFERTIL e FUNDAG), como um estímulo ao seu maior uso. Como esses programas eliminaram parte das restrições financeiras ao maior uso de fertilizantes, ao mesmo tempo em que diminuíram o preço total pago pelos agricultores, foi específica-la

uma variável binária, considerando-se o valor unitário nos anos 1967-73 e o valor zero nos demais anos.

O autor utilizou o modelo de ajustamento parcial de NERLOVE (16), e os resultados obtidos mostram uma elasticidade-preço de -0,41 a curto prazo e de -1,58 a longo prazo. Adicionalmente, o coeficiente de ajustamento passou de 0,12, que ocorria na equação (2), para 0,26. Estes resultados foram possíveis graças à utilização de método de variáveis instrumentais.

O autor apresenta, em seguida, os resultados obtidos na estimação da demanda de fertilizantes no Estado de São Paulo, combinando as observações relativas a quatro anos agrícolas nas DIRAs. Em uma regressão, a melhor especificada, verificou-se que a elasticidade-preço da demanda foi -0,41 para o período analisado.

Os resultados obtidos com as regressões confirmam a expectativa de que terra e fertilizantes são fatores substitutos no Estado de São Paulo, confirmando assim os resultados de GRILICHES e BISWANGER para os Estados Unidos. Um resultado importante é o que aparece quando o aluguel da terra aumenta em relação ao preço de fertilizante, mostrando que se a relação de preços diminui em 10,0%, o consumo de fertilizantes por hectare aumenta em 11,0%.

Também HOMEM DE MELLO (10) procurou avaliar o efeito da educação formal do empresário agrícola paulista no uso de fertilizantes por hectare. Os resultados obtidos são indicativos da importância das condições de lucratividade e nível educacional do agricultor paulista, como variáveis, explicando a utilização de fertilizantes por hectare, no Estado.

Uma das conclusões interessantes a respeito da indústria nacional de fertilizantes é que a mesma não pode ser caracterizada como recebendo uma elevada proteção econômica através de medidas governamentais. A indústria de nitrogenados parece ter funcionado incorrendo em uma taxação implícita, enquanto que a indústria de fosfatados em nenhum momento se caracterizou como altamente protegida.

O preço real de fertilizantes para os agricultores parece ter es-  
tado, na última década e no início desta, a nível ligeiramente superior àqueles que prevaleceriam em condições de mercado livre.

As variáveis explicativas tiveram um desempenho satisfatório nas regressões efetuadas; quanto à variável preço real de fertilizantes, as elasticidades-preço estimadas variaram entre -0,16 e -0,47 no curto prazo e entre -1,56 e -3,66 no longo prazo. Quanto ao coeficiente de ajustamento, as estimativas obtidas foram relativamente baixas (entre 0,08 e 0,16) quando

comparadas com resultados de outros países. Entretanto, é possível que esses coeficientes apresentem uma tendenciosidade para baixo, em virtude da possibilidade de existência de correlação serial positiva. Quando o mesmo modelo foi reestimado, usando-se uma variável instrumental para a variável dependente retardada, o coeficiente de ajustamento passou a ser 0,26, portanto, mais de acordo com as estimativas de outros países. Neste caso, a elasticidade de curto prazo foi -0,41 e a de longo prazo -1,58.

No estudo referente às observações de cada DIRA, o consumo de fertilizantes por hectare foi explicado pelo preço real de fertilizantes e pela relação de preços fertilizante/terra, assim como por características regionais não diretamente especificadas. Apesar do pequeno número de observações disponíveis para este tipo de análise, a variável número de anos de escola completados revelou-se significativa na explicação do consumo de fertilizantes por hectare.

O autor cita o exemplo do programa governamental de crédito para a aquisição de fertilizantes e de outros insumos agrícolas, que eliminou, em grande parte, a partir de 1967, o problema de disponibilidade financeira, que impediria a adoção de práticas modernas na agricultura.

Em termos de possível ação por parte do setor público, os resultados indicam que aumentos no uso de fertilizantes poderiam ser obtidos eliminando-se as distorções que afetam os preços reais de fertilizantes para os agricultores. No longo prazo, investimento público em educação rural é enfatizado como uma importante estratégia para o desenvolvimento agrícola.

Apesar de a análise se referir a apenas um Estado (São Paulo), os resultados obtidos são bastante satisfatórios considerando ser esse o mais evoluído do País. Esse padrão de desenvolvimento poderá vir a servir de guia para outros estados que, presentemente, apresentam outros estágios de desenvolvimento.

CARVALHO (4) coloca como objetivo de seu trabalho estimar uma função de demanda para os nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio) e para NPK, para as regiões Norte-Nordeste, Centro e Sul. Os dados utilizados, obtidos de fonte secundária, referem-se à série temporal 1959-76.

Consideraram-se as variáveis: consumo aparente de fertilizantes no ano  $t$  e no ano  $t-1$ , preço absoluto e relativo de fertilizantes, rendimento físico médio retardado de um ano, área cultivada e tendência.

O quadro 3 sumariza os resultados relativos aos valores das elasticidades-preço de curto e longo prazo.

Visando facilitar o entendimento do problema da utilização de fer

QUADRO 3. - Elasticidade-Preço de Curto Prazo e de Longo Prazo, Regiões Norte-Nordeste, Centro e Sul, 1959-76

	Norte/Nordeste		Centro		Sul	
	$E_{cp}$	$E_{lp}$	$E_{cp}$	$E_{lp}$	$E_{cp}$	$E_{lp}$
Nitrogênio	-0,426	-	-0,479	-	-0,316	-
Fósforo	-0,549	-2,418	-0,077	-0,252	-0,516	-
Potássio	-0,144	-	-0,476	-	-0,272	-0,344
NPK	-0,533	-1,596	-0,382	-0,832	-0,477	-1,344

$E_{cp}$  = Elasticidade de curto prazo.

$E_{lp}$  = Elasticidade de longo prazo.

Fonte: Demanda regional de fertilizantes no Brasil (CARVALHO, 4).

tilizantes, que constituem uma tecnologia moderna, procurou-se colocar as condições em que operou a indústria de fertilizantes. Neste sentido, é importante situar o trabalho desenvolvido por BAUM (1) que procura analisar as condições de operação da indústria de fertilizantes, desde sua instalação, dentro de um enfoque de substituição de importações.

A idéia geral do referido trabalho é a preocupação com o fato de estar ou não a indústria de fertilizantes operando em condições ideais frente aos objetivos da agricultura brasileira, ou seja, fornecer insumos a preços reais decrescentes, compatíveis com a maximização de lucro por parte do agricultor.

Para isso, o autor utiliza diversos esquemas teóricos, dentre os quais desponta a Teoria de Proteção Efetiva (TPE) e seus prolongamentos. A dificuldade encontrada para a efetivação prática de cálculos relativos às vantagens comparativas da indústria de fertilizantes limita a análise para apenas um ano, 1976, e a um segmento da indústria, fosfatados.

Adicionalmente, o autor descreve a indústria de fertilizantes de um modo geral e os esquemas utilizados visando o aproveitamento de sua capacidade produtiva, mas ao mesmo tempo garantindo preços satisfatórios de fertilizantes para o agricultor nacional.

Desde que, através do sistema de contingenciamento, se garanta escoamento para a produção nacional, isto quase sempre leva os custos de produção de fertilizantes a níveis bastante elevados, que não ocorreriam se se tentasse para os preços vigentes no mercado internacional. Obviamente, os custos maiores com fertilizantes irão limitar a rentabilidade da atividade agrícola. E, no longo prazo, isto pode ser um favor limitativo de uso de fertilizantes e, conseqüentemente, da melhoria de nível tecnológico da agricultura brasileira.

### 3 - METODOLOGIA

#### 3.1 - Modelos Econométricos

A função de demanda será estimada através de um modelo de regressão logarítmica múltipla:

$$Y_i = b_0 \prod_{j=1}^m X_{ji}^{b_j} \cdot E_i$$

Linearizando-a através de uma transformação duplo-logarítmica, tem-se:

$$\log Y_i = \log b_0 + \sum_{j=1}^m b_j \log X_{ji} + \log E_i$$

onde:

$Y_i$  é a quantidade consumida no  $i$ -ésimo ano;

$b_0$  é uma constante;

$b_j$  é o coeficiente de regressão parcial do  $\log X_j$ ;

$E_i$  é o erro multiplicado

Baseando-se em trabalhos de GRILICHES (8) e de HSU (11), e nos resultados obtidos por CIBANTOS (5) e PESCARIN (19), adotaram-se dois modelos para analisar a demanda de nutrientes (N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ ) no Brasil: o "tradicional" e o de "defasagens distribuídas".

O ajustamento das equações estimativas da regressão múltipla foi feito através da utilização do método dos mínimos quadrados, estimando-se para cada modelo:

a) um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) que explica percentualmente os efeitos do conjunto de variáveis independentes contidas no modelo, sobre a variável dependente. O efeito da regressão será testado pelo teste "F" que dá a significância estatística da contribuição das variáveis independentes na explicação da variável dependente; e

b) os coeficientes de regressão parcial ( $b_j$ ) das variáveis independentes consideradas.

A seleção das melhores equações estimativas será baseada nos seguintes critérios:

- a) consistência dos resultados com a teoria (econômica);
- b) significância estatística dos coeficientes de regressão;
- c) coeficientes de correlação entre as variáveis independentes;
- d) magnitude do coeficiente de determinação.

### 3.2 - Definição das Variáveis

No estudo das diversas regiões e do Brasil, procurou-se contemplar os nutrientes per se e o agregado NPK para o período 1954-77.

#### 3.2.1 - Consumo aparente de fertilizante

Para variável dependente utilizou-se o consumo total aparente de

cada um dos nutrientes e do agregado NPK, expressos em tonelada por ano, pois não se dispunha de informações sobre estoque que passa de um ano para outro.

Para a obtenção desta variável foi somado o total da importação anual de cada nutriente com respectiva produção nacional.

Assim, definiram-se as seguintes variáveis:

BUNIT = consumo aparente de nitrogênio no Brasil;

BUFOS = consumo aparente de fósforo no Brasil;

BUPTOT = consumo aparente de potássio no Brasil;

BUNPK = consumo aparente de NPK no Brasil.

As informações a respeito desta variável foram obtidas junto a Sindicato da Indústria de Adubos e Corretivos Agrícolas no Estado de São Paulo (SIACESP).

### 3.2.2 - Relação preço de fertilizante/preço recebido pelos agricultores

Ao especificar a variável preço na forma de um quociente, subentende-se que os agricultores seriam influenciados somente pelos preços relativos (insumo e produto). O objetivo da utilização desta variável é obter uma medida do preço real de fertilizantes como visto pelo agricultor, em termos da lucratividade do uso desse insumo. Esse procedimento corresponde ao de HOMEM DE MELLO (10), quando estudou a demanda de fertilizantes no Estado de São Paulo.

Espera-se que o consumo de um nutriente qualquer varie inversamente a esta relação de preços.

Definem-se as seguintes variáveis:

PFPRB = preço do fósforo/preço recebido pelos agricultores no Brasil;

PNPRB = preço do nitrogênio/preço recebido pelos agricultores no Brasil;

PPPRB = preço do potássio/preço recebido pelos agricultores no Brasil;

PTPRB = preço do NPK/preço recebido pelos agricultores no Brasil.

### 3.2.3 - Valor da produção (VPROB)

A introdução desta variável deve-se ao fato de que se espera que quanto maior seja o valor da produção agrícola, maior seja o consumo de fertilizantes.

Esta variável é medida em termos de um índice de valor em cruzeiro de 1975, tendo por base o período 1966-70.

Preços e quantidades produzidas dos seguintes produtos foram considerados: algodão, arroz, batata, cacau, café, cana-de-açúcar, laranja, milho, soja, tomate, trigo e feijão. Estes produtos respondem pela maior parte do valor da produção.

Este índice foi obtido pelo método de Laspeyres. Sendo uma medida do valor de compra do agricultor, espera-se um sinal positivo para seu coeficiente.

### 3.2.4 - Área cultivada (AREAB)

Esta variável é utilizada admitindo-se que variações na área cultivada influenciam o consumo de fertilizantes (nitrogênio, fósforo, potássio ou NPK), quer pela utilização por novos consumidores, fixado um nível de consumo por unidade de área, quer pela modificação deste nível.

Pode ocorrer que diminuições da área cultivada impliquem aumentos na intensidade de uso, como mostra o estudo da HEADY (1959) para os Estados Unidos. No entanto, não se espera que isto ocorra na região Sul.

Para efeito de dimensionamento desta variável, considerou-se a área cultivada com as doze culturas anteriormente citadas.

Objetiva-se considerar através desta variável a quantidade do fator terra, na qual é feita aplicação de fertilizantes. Tal procedimento corresponde ao de HOMEM DE MELLO (10) ao estudar a demanda de fertilizantes no Estado de São Paulo, embora se reconheça também que o preço de fertilizantes em relação ao preço da terra é a variável apropriada para a verificação da relação de substitutibilidade entre esses fatores.

### 3.2.5 - Salário agrícola (WAGEB)

Pretende-se com a utilização desta variável investigar possível relação de complementariedade entre fertilizantes e mão-de-obra.

O sinal do coeficiente dessa variável não pode ser determinado "a priori", dependendo da relação de substitutibilidade ou complementariedade entre fertilizantes e mão-de-obra.

### 3.2.6 - Preço do fertilizante

Admite-se que o nível de preços de fertilizantes é uma das principais variáveis que determinam a quantidade de fertilizantes que o agricultor está disposto a comprar.

Esta variável é considerada na forma de um índice de preços, tendo por base o período 1966-70 = 100.

PFOSB = preço do fósforo no Brasil;

PNITB = preço do nitrogênio no Brasil;

PPOTB = preço do potássio no Brasil;

PNPKB = preço do NPK no Brasil.

### 3.2.7 - Preço recebido pelos agricultores (PRAGB)

Os preços recebidos pelos agricultores devem influir nas compras de insumos, no caso, fertilizantes. Consideraram-se os preços recebidos no ano  $t$  e não em  $t-1$ . Acredita-se que, procedendo desta forma, pode-se obter uma melhor caracterização das condições de lucratividade, pois no período em que as compras de fertilizantes estão concentradas (maio a outubro), os preços da maioria dos produtos agrícolas já são do conhecimento dos agricultores.

### 3.2.8 - Consumo de fertilizante no ano anterior

A utilização desta variável como pertencendo ao conjunto das variáveis explicativas significa que o consumo de um nutriente é influenciado pelo nível de consumo que vigorou no ano anterior.

São definidas as seguintes variáveis:

- FOAAB = consumo do fósforo no ano anterior no Brasil;
- NIAAB = consumo de nitrogênio no anterior no Brasil;
- POAAB = consumo de potássio no ano anterior no Brasil;
- NKAAB = consumo de NPK no ano anterior no Brasil.

### 3.2.9 - Preço recebido pelos agricultores no ano anterior (PRAAB)

A mesma variável considerada em 3.2.7, apenas defasada de um ano.

Os preços recebidos pelos agricultores no ano anterior devem exercer influência na compra de insumos no ano seguinte. Tal procedimento corresponde ao realizado por CIBANTOS (5) quando estudou a demanda de fertilizantes para o Estado de São Paulo e também por PESCARIN (19).

### 3.2.10 - Variável "dummy" (D)

Desejava-se explicar uma variável que refletisse a influência das condições de crédito para aquisição de fertilizantes.

A introdução desta variável procuraria captar a influência da política de crédito rural praticada no Brasil, ao longo do período em análise. Assim sendo, especificou-se uma variável "dummy", tomando o valor 1 (um) nos anos 1967-77 e 0 (zero) nos demais.

### 3.2.11 - Tendência (T)

Inclui-se esta variável com o objetivo de englobar mudanças tecnol

tógicas ocorridas na Região Centro, no período em análise, assumindo o valor 1 inicialmente, e variando de 1 a 24 (número de anos). Esta variável estaria englobando as influências de certas alterações difíceis de serem quantificadas, porém provavelmente correlacionadas com o tempo, destacando-se os resultados da pesquisa agrônômica, educação formal dos agricultores e serviços de extensão rural.

#### 4 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

##### 4.1 - Equações Seleccionadas para Explicar a Demanda no Brasil

###### 4.1.1 - Nitrogênio

Todas as variáveis explicativas incluídas nas equações do quadro 4 apresentaram os sinais dos coeficientes de acordo com a teoria econômica.

Na equação I, a variável preço do nitrogênio é medida como um relativo de preço, ou seja, preço do nitrogênio/preço recebido pelos agricultores, diferentemente de todas as demais equações do quadro 4. O coeficiente da variável valor da produção mostrou-se estatisticamente não significativo.

A equação II considera, como uma das variáveis explicativas, o consumo de nitrogênio no ano anterior, ou seja, a variável dependente retardada. Portanto, pertence ao modelo de retardamentos distribuídos, permitindo o cálculo das elasticidades-preço de curto e longo prazo. O coeficiente de ajustamento é 0,6486, a elasticidade-preço de curto prazo é -0,4180 e a elasticidade-preço de longo prazo é -0,6444. "Coeteris paribus", uma diminuição de 10,0% no preço do nitrogênio estaria associada a um aumento de 4,18% no seu consumo, a curto prazo. Por outro lado, 64,7% das diferenças entre consumo e equilíbrio a longo prazo são eliminados em um ano e o período de tempo necessário para o completo ajustamento é 3,74 anos.

O coeficiente da variável "dummy" mostrou-se significativo em todas as equações, com exceção da equação VII, mostrando que há diferenças significativas no consumo de nitrogênio no Brasil entre os períodos 1954-66 e 1967-77; isto significa dizer que houve uma alteração do coeficiente de intersecção da função, que foi deslocada para cima, a partir de 1966, quando

JUADRO 4. - Equações Seleccionadas para Explicar a Demanda de Nitrogênio, Brasil, 1954-77

(Continua)

Equação I (em ln)

LBNIT	= - 11,6973	- 0,565290 LPNPB	+ 0,172113 LYPRB	+ 2,19829 LAREB	+ 0,497830 LDE	+ 0,214770 LT
	(-1,543) <sup>d</sup>	(-3,976) <sup>a</sup>	(0,612)	(2,487) <sup>b</sup>	(3,554) <sup>a</sup>	(1,566) <sup>d</sup>
R <sup>2</sup>	= 0,982	DW = 2,024(g)	F = 199,583			

Equação II (em ln)

LBNIT	= - 13,3665	+ 2,28369 LAREB	+ 0,301011 LDE	- 0,417993 LPNIB	+ 0,351363 LNIAB
	(-3,041) <sup>a</sup>	(3,622) <sup>a</sup>	(2,289) <sup>b</sup>	(-2,489) <sup>b</sup>	(2,350) <sup>b</sup>
R <sup>2</sup>	= 0,983	DW = 2,360(i)	F = 269,878		

Equação III (em ln)

LBNIT	= - 11,0205	+ 2,74794 LAREB	+ 0,437062 LDE	+ 0,147761 LT	- 0,610117 LPNIB	+ 0,562622 LPRAB
	(-2,660) <sup>b</sup>	(3,672) <sup>a</sup>	(3,010) <sup>a</sup>	(0,961)	(-3,874) <sup>a</sup>	(1,961) <sup>c</sup>
R <sup>2</sup>	= 0,982	DW = 1,823(i)	F = (195,664)			

Equação IV (em ln)

LBNIT	= - 21,2603	+ 3,40807 LAREB	+ 0,387034 LDE	- 0,642937 LPNIB	+ 0,365719 LPRAB
	(-8,315) <sup>a</sup>	(11,486) <sup>a</sup>	(2,860) <sup>b</sup>	(-4,191) <sup>a</sup>	(1,824) <sup>c</sup>
R <sup>2</sup>	= 0,981	DW = 1,605(i)	F = 245,329		

Os valores de "t" estão entre parenteses.

Níveis de significância: (a) 1,0% (b) 5,0% (c) 10,0% (d) 20,0% .

DW: (g) ausência de autocorrelação

(i) inconclusivo

Fonte: Instituto de Economia Agrícola.

QUADRO 4. - Equações Seleccionadas para Explicar a Demanda de Nitrogênio, Brasil, 1954-77

(Conclusão)

Equação V (em ln)

LBNIT	= - 14,7089	+ 2,56046 LAREB	+ 0,486913 LDE	+ 0,198909 LT	- 0,617876 LPNIB	+ 0,671555 LPAAB
	(-2,180) <sup>b</sup>	(2,978) <sup>a</sup>	(3,078) <sup>a</sup>	(1,103)	(-3,892) <sup>a</sup>	(1,852) <sup>c</sup>
R <sup>2</sup>	= 0,983	DW = 1,454(i)	F = 191,856			

Equação VI (em ln)

LBNIT	= - 7,56535	+ 0,513591 LVPRB	+ 1,79053 LAREB	+ 0,475544 LDE	+ 0,234904 LT	- 0,637341 LPNIB	+ 0,321264 LPAAB
	(-1,002)	(1,771) <sup>c</sup>	(1,942) <sup>c</sup>	(3,177) <sup>a</sup>	(1,368) <sup>d</sup>	(-4,235) <sup>a</sup>	(0,812)
R <sup>2</sup>	= 0,985	DW = 1,980(g)	F = 179,393				

Equação VII (em ln)

LBNIT	= - 11,0030	+ 1,76263 LAREB	+ 0,150738 LDE	+ 0,356864 LT	- 0,692642 LPNIB	+ 0,167396 LPAAB	+ 1,18919 LWGEB
	(-2,378) <sup>b</sup>	(2,913) <sup>a</sup>	(1,174)	(2,825) <sup>b</sup>	(-6,387) <sup>a</sup>	(0,626)	(4,733) <sup>a</sup>
R <sup>2</sup>	= 0,992	DW = 2,847(i)	F = 353,696				

Os valores de "t" estão entre parenteses.

Níveis de significância: (a) 1,0% (b) 5,0% (c) 10,0% (d) 20,0%.

DW: (g) ausência de autocorrelação

(i) inconclusivo

Fonte: Instituto de Economia Agrícola.

começaram a ser sentidos os efeitos da implantação de um sistema de crédito para a compra de fertilizantes.

As equações III e IV divergem entre si, pois esta última não inclui a tendência. A exclusão da tendência teve como uma das conseqüências diminuir o nível de significância estatística da variável "dummy" de 1,0% para 5,0%, ao mesmo tempo em que aumentou a significância estatística da constante.

As equações V e VI consideraram como uma das variáveis explicativas o preço recebido pelo agricultor no ano anterior (LPAAB). Essas equações divergem entre si, pois a equação VI inclui também a variável valor da produção (LVPRB). A inclusão da variável (LPAAB) teve as seguintes conseqüências: diminuiu o nível de significância estatística da variável área cultivada (LAREB) de 1,0% para 5,0%, tornou significativa a variável tendência (LT) e tornou não estatisticamente significativa a variável preço recebido pelo agricultor no ano anterior (LPAAB). Há que se considerar que as variáveis valor da produção e área cultivada apresentaram um coeficiente de correlação simples muito alto (0,903).

Os problemas de multicolinearidade encontrados nas equações foram contornados pelo critério adotado por KLEIN (14), pois toda vez que duas variáveis apresentam coeficientes de correlação simples altos, mas que sejam relevantes para o modelo, elas devem permanecer na equação desde que esse coeficiente ( $r$ ) seja menor que o coeficiente de correlação múltipla da regressão.

A equação VII diverge da equação VI, pois utiliza no lugar da variável valor da produção (LVPRB), a variável salário agrícola (LWGE). De modo geral, a substituição das referidas variáveis aumentou a significância estatística da tendência (de 5,0% para 1,0%), diminuiu a da área cultivada (de 10,0% para 1,0%), tornou não estatisticamente significativa a variável "dummy" (LDE); o coeficiente da variável salário agrícola mostrou-se estatisticamente significativo a 1,0%.

Na equação VII, os coeficientes das variáveis "dummy" e preço recebido pelo agricultor no ano anterior mostraram-se estatisticamente não significantes, embora com sinais corretos.

Através do teste de Durbin-Watson, detectou-se a ausência de autocorrelação serial a um nível de 5,0% nas equações I e VI. Para as demais equações, o mesmo mostrou-se inconclusivo. Reconhece-se que para a equação II deveria ser aplicado o teste  $h$  de DURBIN (7), dada a existência de variável defasada no modelo.

Em relação ao teste "F", todas as equações apresentaram-se esta

tisticamente significantes ao nível de 1,0%, podendo-se portanto rejeitar a hipótese nula. De modo geral, todas as equações do quadro 4 apresentaram coeficientes de determinação ( $R^2$ ) bastante altos (acima de 0,98).

Do conjunto de variáveis comuns a todas as equações, ou seja, área cultivada (LAREB), preço do nitrogênio (LPNPB) ou (LPNIB), "dummy" (LDE), apenas esta última não se mostrou estatisticamente significativa em todas as equações (como é o caso na equação VII).

Nas equações em que se detectou ausência de autocorrelação serial, a elasticidade-preço da procura variou entre -0,565 (equação I) e -0,637 (equação VI).

Particularmente, tendo em vista o objetivo de se escolher uma equação para efeito de estudo da demanda de nitrogênio no Brasil, optou-se pela equação VI ( $R^2 = 0,98$ ).

Os resultados da equação VI sugerem que uma diminuição de 10,0% no preço do nitrogênio estaria associada a um aumento de 6,37% no consumo de nitrogênio no Brasil. O coeficiente da variável área cultivada é 1,7905, enquanto os demais são menores do que um.

#### 4.1.2 - Fósforo

Todas as variedades do quadro 5 apresentaram sinais corretos, conforme teoria econômica.

Na equação I, as variáveis "dummy" (LDE) e preço recebido pelo agricultor (LPRAB) mostraram-se estatisticamente significantes ao nível de 1,0%, enquanto a tendência (LT) o foi a 20,0%. As variáveis área cultivada (LAREB) e preço do fósforo (LPFOB) mostraram-se como estatisticamente não significantes.

A equação II diverge da equação I por ter sido acrescida a variável salário agrícola (LWGEA), o que trouxe as seguintes consequências: aumentou o nível de significância estatística da variável tendência (de 10,0% para 1,0%), diminuiu a significância estatística da variável preço recebido pelo agricultor (de 1,0 para 5,0%), tornou significativa a variável preço do fósforo (a 5,0%), enquanto a variável "dummy" tornou-se estatisticamente não significativa; a variável salário agrícola foi significativa a 5,0%.

A equação III diverge da equação I pelo fato de ter sido a variável preço recebido pelo agricultor substituída pela variável preço recebido

QUADRO 5. - Equações Seleccionadas para Explicar a Demanda de Fósforo, Brasil, 1954-77

Equação I (em ln)

LBFOS	= - 5,57039	+ 1,04931 LAREB	+ 0,630278 LDE	+ 0,375588 LT	- 0,385589 LPFOB	+ 1,75974 LPRAB
	(-0,674)	(1,041)	(3,149) <sup>a</sup>	(1,781) <sup>c</sup>	(-1,308)	(4,207) <sup>a</sup>
R <sup>2</sup>	= 0,961	DW = 1,378(i)	F = 89,565			

Equação II (em ln)

LBFOS	= - 2,75017	+ 0,330445 LAREB	+ 0,206103 LDE	+ 0,572011 LT	- 0,618957 LPFOB	+ 1,13219 LPRAB	+ 1,45654 LWGEB
	(-0,388)	(0,370)	(0,914)	(2,974) <sup>a</sup>	(-2,346) <sup>b</sup>	(2,698) <sup>b</sup>	(2,814) <sup>b</sup>
R <sup>2</sup>	= 0,974	DW = 1,784(i)	F = 104,651				

Equação III (em ln)

LBFOS	= - 6,25294	+ 1,04781 LAREB	+ 0,785941 LDE	+ 0,370805 LT	- 0,173386 LPFOB	+ 1,62977 LPAAB
	(-0,569)	(0,754)	(3,127) <sup>a</sup>	(1,273)	(-0,511)	(2,699) <sup>b</sup>
R <sup>2</sup>	= 0,945	DW = 0,970(i)	F = 62,382			

Equação IV (em ln)

LBFOS	= - 2,36640	+ 0,592484 LAREB	+ 0,370995 LDE	- 0,0913857 LPFOB	+ 0,741299 LFOAB
	(-0,538)	(1,011)	(2,177) <sup>b</sup>	(-0,379)	(5,765) <sup>a</sup>
R <sup>2</sup>	= 0,970	DW = 2,174(g)	F = 152,412		

Os valores de "t" estão entre parenteses.

Níveis de significância: (a) 1,0% (b) 5,0% (c) 10,0% (d) 20,0% .

DW: (g) ausência de autocorrelação

(i) inconclusivo

Fonte: Instituto de Economia Agrícola.

pele agricultor no ano anterior (LPAAB), trazendo as seguintes consequências: a variável tendência tornou-se estatisticamente não significativa, enquanto a variável preço recebido pelo agricultor no ano anterior foi significativa a 5,0%.

A equação IV considera como uma das variáveis explicativas a dependente retardada (LFOAB). Pertencendo ao modelo de defasagens distribuídas, permite a obtenção do coeficiente de ajustamento e das elasticidades-preço de curto e longo prazo. A variável "dummy" mostrou-se estatisticamente significativa a 5,0%, enquanto área cultivada e preço do fósforo mostraram-se como estatisticamente não significantes.

A aplicação do teste de Durbin-Watson mostrou-se inconclusiva quanto à existência de autocorrelação serial, para todas as equações com exceção da equação IV, em que se constatou ausência de autocorrelação; reconhece-se que para a equação IV dever-se-ia utilizar o teste de Durbin.

Os resultados de equação I, escolhida como sendo a "melhor" para efeito de análise, sugerem que a uma diminuição de 10,0% no preço do fósforo está associada uma elevação de 3,856% no seu consumo, a curto prazo (elasticidade de curto prazo igual a -0,386).

O coeficiente da variável "dummy", significativo ao nível de 1,0% de probabilidade, mostra que há diferenças significativas entre os períodos 1954-66 e 1967-77.

A variável área cultivada, como a todas as equações, mostrou-se estatisticamente não significativa em nenhuma delas; já a variável "dummy" apenas na equação II mostrou-se como estatisticamente não significativa. Por outro lado a variável preço do fósforo mostrou-se como estatisticamente significativa apenas na equação II.

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para a equação I foi 0,961, o que significa dizer que as variáveis independentes estariam explicando 96,0% da variação na quantidade demandada de fósforo no Brasil; cumpre assinalar que para as demais equações o coeficiente de determinação foi bastante alto, acima de 0,94.

#### 4.1.3 - Potássio

As equações I, II, IV pertencentes ao modelo tradicional, e a e

quação III pertencentes ao modelo de retardamentos distribuídos, constantes do quadro 6, foram as que melhor explicaram a demanda desse elemento no Brasil, no período em análise.

Em relação aos valores do teste "F" e ao coeficiente de determinação, todas as equações apresentaram-se estatisticamente significantes ao nível de 1,0%, podendo-se portanto rejeitar a hipótese nula.

As variáveis independentes incluídas nessas equações apresentaram os sinais dos coeficientes condizentes com a teoria econômica.

Na equação I, todas as variáveis apresentaram poder explicativo bastante alto. A variável preço do potássio (LPPOB) foi significativa ao nível de 1,0% de probabilidade, sugerindo que um decréscimo de 10,0% no preço real desse elemento ocasionaria um aumento no seu consumo por parte dos agricultores da ordem de 5,2%. Portanto, a elasticidade-preço do potássio, a curto prazo, é -0,5249. A variável binária para crédito (LDE) foi significativa a 5,0%, e através dela mediu-se o deslocamento da função, para cima, a partir de 1967. As variáveis área cultivada (LAREB) e preço recebido pelos agricultores (LPRAB) apresentaram coeficientes significantes ao nível de 1,0% de probabilidade. O teste de Durbin-Watson aplicado a essa equação detectou a ausência de autocorrelação nos resíduos.

A equação II difere da equação I por apresentar a tendência (LT) entre as variáveis independentes. A sua inclusão e a falta de significância estatística concorreram para que as variáveis LPPOB e LPRAB sofressem uma queda nos seus níveis significativos. A elasticidade-preço do potássio nessa equação é -0,5106 e a significância de variável binária faz com que a função se desloque para cima a partir de 1967. Através da estatística "d" de Durbin-Watson, verificou-se a ausência de correlação serial nos resíduos da equação.

A equação IV, significativa ao nível de 1,0% de probabilidade, também apresenta ausência de autocorrelação em seus resíduos. Nesta equação, a variável preço do elemento aparece na forma de uma relação (LPPPB) preço de potássio/preço recebido pelos agricultores e significativa ao nível de 1,0%. A variável binária, altamente significativa, mostrou a influência do sistema creditício para a compra de fertilizantes a partir de 1967. As variáveis área cultivada e tendência apresentaram-se correlacionadas. A variável valor da produção agrícola (LVPRB) apresentou-se significativa apenas a 20,0%. Todos os coeficientes das variáveis independentes incluídas nessa e

QUADRO 6. - Equações Seleccionadas para Explicar a Demanda de Potássio, Brasil, 1954-77

Equação I (em ln)

LB POT	= - 19,8145	- 0,529488 LPPDB	+ 3,0956 LAREB	+ 0,401063 LDE	+ 0,653563 LPRAB
	(-6,51895) <sup>a</sup>	(2,64499) <sup>a</sup>	(8,01042) <sup>a</sup>	(2,37981) <sup>b</sup>	(2,88345) <sup>a</sup>
R <sup>2</sup>	= 0,971	DW = 2,007(g)	F = 161,359		

Equação II (3m ln)

LB POT	= - 17,8278	- 0,510553 LPPDB	+ 0,727360 LPRAB	+ 2,84219 LAREB	+ 0,424420 LDE	- 0,053794 LT
	(-2,36546) <sup>b</sup>	(-2,37062) <sup>b</sup>	(2,10890) <sup>b</sup>	(2,95824) <sup>a</sup>	(2,22611) <sup>b</sup>	(0,289505)
R <sup>2</sup>	= 0,972	DW = 2,030(q)	F = 122,879			

Equação III (em ln)

LB POT	= - 12,6123	+ 0,369364 LPOAB	- 0,393746 LPPDB	+ 2,19676 LAREB	+ 0,262791 LDE
	(2,45220) <sup>b</sup>	(2,19295) <sup>b</sup>	(-1,71254) <sup>d</sup>	(2,97894) <sup>a</sup>	(1,47545) <sup>d</sup>
R <sup>2</sup>	= 0,967	DW = 2,553(i)	F = 140,042		

Equação IV (em ln)

LB POT	= - 10,3363	- 0,453706 LPPPB	+ 0,471940 LVPRB	+ 1,96834 LAREB	+ 0,470502 LDE	+ 0,116397 LT
	(-1,14408)	(-2,55164) <sup>a</sup>	(1,33974) <sup>d</sup>	(1,84518) <sup>c</sup>	(2,90257) <sup>a</sup>	(0,740100)
R <sup>2</sup>	= 0,974	DW = 2,190(g)	F = 133,760			

Os valores de "t" estão entre parênteses.

Níveis de significância: (a) 1,0%; (b) 5,0%; (c) 10,0% e (d) 20,0%.

DW = (g) ausência de autocorrelação

(i) inconclusivo

(n) sinal contrário ao esperado

Fonte: Instituto de Economia Agrícola.

quação apresentaram sinais esperados pela teoria econômica.

A equação III, pertencente ao modelo de defasagens distribuídas, apresenta um coeficiente de correlação múltipla ( $R^2$ ) estatisticamente significativo ao nível de 1,0%. Portanto, pode-se dizer que as variáveis independentes incluídas na equação estariam explicando 97,4% da variação na quantidade demandada de potássio.

A elasticidade-preço a curto prazo do potássio é -0,394 e o coeficiente de ajustamento é 0,631, obtendo-se através deste uma elasticidade-preço a longo prazo da ordem de -0,624. O coeficiente de ajustamento sugere que 63,0% das diferenças entre consumo e equilíbrio a longo prazo são eliminados em um ano.

Dentre as equações acima analisadas, considera-se a equação I como a que melhor representa a estrutura da demanda de potássio no Brasil no período 1954-77.

#### 4.1.4 - NPK

O quadro 7 apresenta as melhores equações explicativas da demanda de NPK para o Brasil, no período de 1954-77.

As equações I e II são do modelo tradicional e as equações III e IV do modelo de ajustamentos retardados.

As quatro equações foram significativas ao nível de 1,0% de probabilidade; os sinais dos coeficientes das variáveis independentes das equações apresentaram-se coerentes com a teoria econômica; a estatística "d" de Durbin-Watson mostrou-se inconclusiva quanto à ausência ou presença de autocorrelação serial nos resíduos da equação.

A variável preço médio real do NPK (LPNK) só foi significativa nas equações I e II, a 5,0% de probabilidade. Nessas mesmas equações, a variável binária (LDE), usada para medir a influência do crédito, foi altamente significativa (1,0%), donde se pode inferir que há uma diferença bastante nítida entre os períodos de utilização e não utilização do sistema creditício; também através dela foi medido o deslocamento da função de demanda para cima a partir de 1967. A não ser entre a área cultivada (LAREB) e a tendência (LT) na equação II, não se verificou o problema da multicolinearidade entre

QUADRO 7. - Equações Seleccionadas para Explicar a Demanda de NPK, Brasil, 1954-77

Equação I (em ln)

$$\begin{aligned} \text{LBNPK} &= - 17,9764 & - 0,55922 \text{ LPNKB} & + 2,91989 \text{ LAREB} & + 0,504103 \text{ LDE} & + 0,925894 \text{ LPRAB} \\ &(-5,76301)^a & (-2,31114)^b & (7,69306)^a & (3,12661)^a & (3,80276)^a \\ R^2 &= 0,9696 & \text{DW} = 1,1385(i) & F = 151,552 & & \end{aligned}$$

Equação II (em ln)

$$\begin{aligned} \text{LBNPK} &= - 8,10236 & - 0,560734 \text{ LPNKB} & + 1,29625 \text{ LPRAB} & + 1,71524 \text{ LAREB} & + 0,576233 \text{ LDE} & + 0,276804 \text{ LT} \\ &(-1,17527) & (-2,04893)^b & (3,92516)^a & (2,04035)^c & (3,56593)^a & (1,59086)^d \\ R^2 &= 0,9734 & \text{DW} = 1,5093(i) & F = 131,516 & & & \end{aligned}$$

Equação III (em ln)

$$\begin{aligned} \text{LBNPK} &= - 7,02014 & - 0,283903 \text{ LPNKB} & + 1,33468 \text{ LAREB} & + 0,292531 \text{ LDE} & + 0,632068 \text{ LNKAB} & - 0,048854 \text{ LT} \\ &(-1,10457) & (-1,32289) & (1,64229)^d & (1,96001)^c & (4,55124)^a & (-0,40834) \\ R^2 &= 0,9770 & \text{DW} = 2,48923(i) & F = 152,98 & & & \end{aligned}$$

Equação IV

$$\begin{aligned} \text{LBNPK} &= - 5,22594 & - 0,266837 \text{ LPNKB} & + 1,09744 \text{ LAREB} & + 0,298840 \text{ LDE} & + 0,648294 \text{ LNKAB} \\ &(-1,26373) & (-1,29638) & (1,97497)^c & (2,05875)^c & (4,98222)^a \\ R^2 &= 0,9768 & \text{DW} = 2,5116(i) & F = 199,952 & & \end{aligned}$$

Os valores de "t" estão entre parênteses.

Níveis de significância: (a) 1,0%; (b) 5,0%; (c) 10,0% e (d) 20,0%.

DW = (g) ausência de autocorrelação

(i) inconclusivo

Fonte: Instituto de Economia Agrícola.

as variáveis independentes das equações.

As equações III e IV têm como variável de maior poder explicativo a quantidade demandada de NPK defasada de um ano (LNKAB). O crédito agrícola só foi estatisticamente significativo ao nível de 10,0% de probabilidade; a área cultivada apresentou significância apenas aos níveis de 20,0% e 10,0%, respectivamente para as equações III e IV.

Embora não significativo, o coeficiente da variável preço médio real de NPK foi de -0,284 para a equação III, donde se deduz que a um decréscimo de 10,0% no preço real do fertilizante, os consumidores reagirão com um acréscimo de 2,8% na quantidade consumida de NPK. O coeficiente de ajustamento é 0,368 e a elasticidade-preço do NPK a longo prazo é -0,772.

Na equação IV, tem-se uma elasticidade-preço de curto prazo para o NPK da ordem de -0,267 e um coeficiente de ajustamento igual a 0,352, indicando que praticamente 35,0% das diferenças entre consumo e equilíbrio a longo prazo são eliminadas em um ano e 65,0% posteriormente. A elasticidade-preço a longo prazo é -0,758.

Pelas interpretações estatísticas dadas às equações acima, a escolhida foi a equação I.

#### 4.2 - Resultados e Conclusões

As principais conclusões a que se chegou foram:

a) o modelo tradicional é o que melhor descreve a estrutura de demanda de nitrogênio, fósforo, potássio e do agregado NPK;

b) a influência do crédito agrícola, medida para todos os nutrientes e para o agregado através de uma "dummy", foi altamente significativa. A partir de 1967, a presença do sistema de crédito provocou uma mudança estrutural na função de demanda de fertilizantes, isto é, a função foi deslocada para cima. Pelas análises desenvolvidas, respondem a crédito por ordem de crescente o fósforo, o NPK, o nitrogênio e o potássio;

c) a influência da variável tendência, medida nas equações do nitrogênio e do fósforo, aparece destituída da significância na demanda do nitrogênio e significativa a 10,0% de probabilidade na demanda de fósforo;

d) a variável preço recebido pelos agricultores, incluída na equação analisada, apresentou-se significativa para a demanda de fertilizantes. Essa variável guarda uma relação direta com consumo de fertilizantes (nu-

trientes e agregado);

e) as elasticidades-preço de nitrogênio, fósforo e NPK, extraídas diretamente dos coeficientes da variável preço de fertilizantes, apresentaram os seguintes valores: -0,67; -0,39; -0,52 e -0,56, respectivamente. In fere-se, pois, que a demanda de fertilizantes no Brasil é inelástica;

f) quanto à área cultivada, o nitrogênio, o potássio e o NPK apresentaram coeficientes com valores bastantes elevados (2,56; 3,10 e 2,92 respectivamente) e altamente significativos, sendo portanto considerada como va riável relevante na explicação da demanda desses elementos. No caso do fósforo, a área cultivada apareceu destituída de significância, o que talvez possa ser explicado por uma utilização mais intensiva das terras com um volume maior desse nutriente aplicado do que pela ampliação da área, no período em estudo.

h) ocorreram distintas taxas de crescimento para fertilizantes. Para o período como um todo (1954-77), o crescimento anual se verificou a uma taxa de 16,2%; de 1954-65 com 10,2% a.a. e de 1965-77 com 26,7% a.a.,

Com as devidas limitações, essas análises pretenderam mostrar os componentes principais das relações estruturais da demanda de fertilizantes no Brasil, assim como uma condensação dos estudos já conduzidos no setor.

## LITERATURA CITADA

- 1 . BAUM, Moisés. Substituição de importações: uma nova fase na indústria de fertilizantes. São Paulo, FEA/USP, 1977. 244p. (Tese M.S.)
- 2 . BRANDT, Sergio A. Flutuações de preços e estrutura da demanda de bana na no mercado de São Paulo. Agricultura em São Paulo, SP, 21 (8-12): 1-40, ago./dez. 1964.
- 3 . BRANDT, Sergio A. & CRISCUOLO, Paulo D. Estrutura da demanda de leite pasteurizado e de ovos de granja no mercado de São Paulo. Agricultura em São Paulo, SP, 22 (9-10):63-75, set./out. 1965
- 4 . CARVALHO, Fatima M.A. Demanda regional de fertilizantes no Brasil, Viçosa, Universidade Federal, 1979. (Tese M.S.)
- 5 . CIBANTOS, Jubert S. Demanda de fertilizantes no Estado de São Paulo. Piracicaba, ESALQ/USP, 1972. 197p. (Tese M.S.)
- 6 . DELFIM NETTO, Antonio. O problema do café no Brasil. São Paulo, F.C.E.A./USP, 1959. (cadeira, 3).
- 7 . DURBIN, J. Testing for serial correlation im least squares regression when some of the regressors are lagged dependent variables. Econometrica, Cambridge, 38 (3):21, May 1970.
- 8 . GRILICHES, Zir. Distributed lags, disagregation, and regional demand functions for fertilizer. Journal of Farm Economics, Ithaca, 41 (1): 90-102, Feb. 1959.
- 9 . HEADY, Earl O. & YEH, Martin H. National and regional demand functions for fertilizer. Journal of Farm Economics, Ithaca, 41 (2):332-348, May. 1959.
- 10 . HOMEN DE MELO, Fernando B. A utilização de fertilizantes e a modernização da agricultura paulista. Agricultura em São Paulo, SP, 22 (1/2): 341-362, 1975.
- 11 . HSU, Robert. The demand for fertilizer in a developing country: the case os Taiwan, 1950-66. Economic Development and Cultural Change, Illinois, 20 (2):299-309, Jan. 1972.
- 12 . JUNQUEIRA, Persio C. Demand analysis for selected agricultural products

- in the State of São Paulo. Columbus, The Ohio State University, 1964. 174p. (Tese M.S.)
13. KAFKA, Alexandre. A demanda do açúcar no Brasil. Revista Brasileira de Estatística, Rio de Janeiro, 3 (10): 341-347, abr./jun. 1942.
  14. KLEIN, Lawrence. Introdução à econometria. São Paulo, Atlas, 1978. 307p.
  15. KNIGHT, Peter T. Brazilian agricultural technology and trade: a study of five commodities. New York, Praeger, 1971. 223p.
  16. NERLOVE, Marc. The dynamic of farmer's response to price. Baltimore, The John Hopkins, 1958.
  17. \_\_\_\_\_. Distributed lags and estimation of long-run supply and demand elasticities. Journal of Farm Economics, Ithaca, 40 (2): 301-313, May. 1958.
  18. PANIAGO, Euter. Café-produção, ciclo e procura. Experientiae, Viçosa, 3 (1):1-14, jan. 1963.
  19. PESCARIN, Rosa M.C. Relações estruturais da demanda de fertilizantes no Estado de São Paulo. Piracicaba, ESALQ/USP, 1974. 123p. (Tese-M.S.)
  20. SEITEC. Projetos e Desenvolvimento S.A. Ltda. Estudo nacional de fertilizantes. São Paulo, BNE/IPEA/ANDA, 1973.
  21. SERRANO, Ondalva. Estudo da demanda da batatinha (*Solanum Tuberosum*) em 1969, e da variação estacional de seus preços no período de 57/59, no Estado de São Paulo. Piracicaba, ESALQ/USP, 1972. 210p. (Tese-Ph.D)
  22. SOUZA, Waldemar V. de. A procura de fertilizantes no Brasil, 1950/70. Viçosa, Universidade Federal, 1973. (Tese-M.S.)

## RESUMO

Dentre os insumos modernos, os fertilizantes constituem os principais responsáveis pelo aumento da produtividade da terra e do homem.

O objetivo específico deste trabalho foi descrever a evolução do consumo de fertilizantes no Brasil durante 1954-1977; mostrar as relações estruturais da demanda de determinar as elasticidades-preços dos nutrientes e do agregado.

As variáveis independentes analisadas foram: relação preço de fertilizantes e preço recebido pelos agricultores; valor da produção agrícola; área cultivada, salário agrícola; preço de fertilizantes; preço recebido pelos agricultores; crédito e tendência.

As taxas de crescimento para fertilizantes apresentaram-se irregulares, porém dois períodos se mostraram importantes: o de 1954-65, com a taxa de crescimento de 10,2% a.a., e o de 1965-77 com 26,7% a.a..

A demanda de fertilizantes no Brasil mostrou-se inelástica. A área cultivada foi a variável que mais influenciou o uso de fertilizantes no período de análise e o crédito, a partir de 1967, deslocou a função de demanda para cima.

## STRUTURAL RELATIONS OF FERTILIZER DEMANDS IN THE BRAZIL, 1954-77

### Summary

Fertilizer use represents one of the most efficient means by which agricultural productivity can be increased. This study examines the demand for fertilizers in the Brazil in the aggregate and individual elements (N, P, K). The specific objectives are to describe the evolution of fertilizer use in Brazil between 1954 and 1977; and estimate demand function for fertilizer and determine price elasticities. The multiple regressions were fitted using ordinary least squares.

The independent variables used were: price of the fertilizer; prices received by the farmers; value of the production; area cultivated; credit and trend term.

From the estimated functions, the best were selected which gave an idea of the most relevant variables which determine the demand for aggregate and individual fertilizers in the Brazil.

**SECRETARIA DA AGRICULTURA  
INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA**

**Comissão Editorial:**

**Coordenador:** Ismar Florêncio Pereira

**Membros:** Antônio Augusto Botelho Junqueira

Sebastião Nogueira Jr.

José Ricardo Cardoso de Mello Junqueira

José Roberto Vianna de Camargo

José Roberto Vicente

Yuli Ivete Miazaki de Toledo

**Centro Estadual da Agricultura  
Av. Miguel Estefano, 3900  
04301 - São Paulo - SP**

**Caixa Postal, 8114  
01000 - São Paulo - SP  
Tel: 275-3433 R. 257**



**Relatório de Pesquisa**  
**Nº 03/81**