

**RELAÇÕES ESTRUTURAIS DA DEMANDA DE FERTILIZANTES  
NO ESTADO DE SÃO PAULO**

**ROSA MARIA CARMIGNANI PESCARIN**

Orientador : DONALD W. LARSON

Dissertação apresentada à Escola Superior de  
Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade  
de São Paulo, para obtenção do título de Mes-  
tre em Ciências Sociais Rurais,

**PIRACICABA**  
Estado de São Paulo  
— 1974 —

A Luiz e Lucilla, meus pais  
A Assumpta, minha avó

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Donald W. Larson, pela orientação dada à pesquisa.

Ao Dr. Ralph Gerald Saylor, pela colaboração prestada durante o desenvolvimento do trabalho.

Ao Dr. Fernando B. Homem de Mello, pela revisão do material e sugestões apresentadas.

Ao Instituto de Economia Agrícola e ao Departamento de Ciências Sociais Aplicadas da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", que me permitiram realizar o Curso de Pós-Graduação em Ciências Sociais Aplicadas.

À Fundação Ford e à Sub-Secretaria de Planejamento e Orçamento do Ministério da Agricultura, que financiaram esta pesquisa.

À Srta. Maria Izalina Ferreira Alves, à Sra. Margareth P. Wagner e aos Srs. Lázaro Martins e Pedro Scardua, pela valiosa colaboração na fase de publicação deste trabalho.

## Í N D I C E

	Pág.
LISTA DAS TABELAS .....	VI
LISTA DAS FIGURAS .....	XI
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO .....	1
1. Importância do Problema .....	1
2. Objetivos .....	6
3. Hipótese .....	7
4. Plano de Trabalho .....	7
CAPÍTULO II - FERTILIZANTES NO BRASIL E NO ESTADO DE SÃO PAULO	9
1. Uso de Fertilizantes no Brasil .....	9
2. Evolução dos Preços de Fertilizantes (Nutrientes) no Estado de São Paulo .....	14
3. Evolução do Consumo de Fertilizantes no Estado de São Paulo	18
CAPÍTULO III - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	30
CAPÍTULO IV - MATERIAL E MÉTODOS .....	45
1. Fundamentação Teórica .....	45
2. Modelos Econométricos .....	49
3. Variáveis: Definição e Fontes .....	56
CAPÍTULO V - ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	62
1. Introdução .....	62
2. Equações Seleccionadas para Explicar a Demanda de Nitrogênio	63

	Pág.
3. Equações Seleccionadas para Explicar a Demanda de Fósforo ..	68
4. Equações Seleccionadas para Explicar a Demanda de Potássio ..	71
5. Análise Comparativa entre os Nutrientes: Nitrogênio, Fósforo e Potássio .....	75
 CAPÍTULO VI - RESUMO E CONCLUSÕES .....	 78
1. Resumo .....	78
2. Conclusões .....	83
 SUMMARY AND CONCLUSIONS .....	 91
 BIBLIOGRAFIA .....	 102
 APÊNDICE 1 - Informação Básica .....	 107
 APÊNDICE 2 - Coeficientes de Correlação e Modelos Alternativos	109
 APÊNDICE 3 - Coeficientes de Correlação e Modelos Alternativos, Utilizando-se como Variável Dependente a Relação <u>en</u> tre as Variáveis Consumo de Nutrientes e Área Cul- tivada .....	116

LISTA DAS TABELAS

TABELA		Pág.
1	Fertilizantes: Consumo por Nutriente e por Hectare Arável no Brasil, em São Paulo e Vários Países	3
2	Evolução do Consumo Aparente de Fertilizantes no Brasil, 1950-72 .....	10
3	Evolução do Consumo Aparente, Produção Nacional e Importação de Fertilizantes, em toneladas, 1964-72 .....	12
4	Evolução dos Índices de Preços Reais: Índice de Preços de Fertilizantes, Índice de Preços Recebidos e Índice de Preços Pagos pela Agricultura Paulista .....	15
5	Fertilizantes: Consumo Aparente por Elementos Nobres, em 1000 toneladas, e Variações Anuais e Médias Anuais por Quinquênios, no Estado de São Paulo .....	28
6	Fertilizantes: Proporção do Consumo de $P_2O_5$ e $K_2O$ em relação ao N, para o Estado de São Paulo, 1948-72 .....	29
7	Resultados da Análise de Regressão Múltipla: Demanda de Nitrogênio no Estado de São Paulo, 1948-72	65

TABELA		Pág.
8	Resultados da Análise de Regressão Múltipla: Demanda de Fósforo no Estado de São Paulo, 1948-72 ...	69
9	Resultados da Análise de Regressão Múltipla: Demanda de Potássio no Estado de São Paulo, 1948-72 ..	72
10	Informações Estatísticas Utilizadas para a Estimativa da Demanda de Nutrientes de Plantas, no Estado de São Paulo, no Período 1948-72 .....	108
11	Coeficientes de Correlação Simples, Logarítmica, entre as Variáveis Consideradas no Período 1948-72, para Estimar os Coeficientes de Elasticidade da Demanda de Nitrogênio no Estado de São Paulo ....	110
12	Coeficientes de Correlação Simples, Logarítmica, entre as Variáveis Consideradas no Período 1948-72, para Estimar os Coeficientes de Elasticidade da Demanda de Fosforo no Estado de São Paulo .....	111
13	Coeficientes de Correlação Simples, Logarítmica, entre as Variáveis Consideradas no Período 1948-72, para Estimar os Coeficientes de Elasticidade da Demanda de Potássio no Estado de São Paulo .....	112
14	Equações Estimativas da Demanda de Nitrogênio, para o Estado de São Paulo, no Período 1948-72; Estimativas dos Coeficientes de Regressão Parcial; Valo-	

14	res de "t"; Coeficientes de Determinação ( $R^2$ ); Valor de "F" e Estatística "d" de Durbin-Watson para o Modelo Tradicional e também as Estimativas dos Coeficientes de Ajustamento (b) e dos Coeficientes de Elasticidade-Preço a Longo Prazo ( $E_{LP}$ ) para o Modelo de Ajustamento Defasado .....	113
15	Equações Estimativas da Demanda de Fósforo, para o Estado de São Paulo, no Período 1948-72; Estimativas dos Coeficientes de Regressão Parcial; Valores de "t"; Coeficientes de Determinação ( $R^2$ ); Valor de "F" e Estatística "d" de Durbin-Watson para o Modelo Tradicional e também as Estimativas dos Coeficientes de Ajustamento (b) e dos Coeficientes de Elasticidade-Preço a Longo Prazo ( $E_{LP}$ ) Para o Modelo de Ajustamento Defasado .....	114
16	Equações Estimativas da Demanda de Potássio, para o Estado de São Paulo, no Período 1948-72; Estimativas dos Coeficientes de Regressão Parcial; Valores de "t"; Coeficientes de Determinação ( $R^2$ ); Valor de "F" e Estatística "d" de Durbin-Watson para o Modelo Tradicional e também as Estimativas dos Coeficientes de Ajustamento (b) e dos Coeficientes de Elasticidade-Preço a Longo Prazo ( $E_{LP}$ ) para o Modelo de Ajustamento Retardado .....	115



17	Coeficientes de Correlação Simples, Logarítmica, <u>en</u> tre as Variáveis Consideradas para Estimar os Coefi- cientes de Elasticidade da Demanda de Nitrogênio no Estado de São Paulo, no Período 1948-72, Utilizando- se como Variável Dependente a Relação entre Consumo e Área Cultivada (N') .....	118
18	Coeficientes de Correlação Simples, Logarítmica, <u>en</u> tre as Variáveis Consideradas para Estimar os Coefi- cientes de Elasticidade da Demanda de Fósforo no Es- tado de São Paulo, no Período 1948-72, Utilizando- se como Variável Dependente a Relação entre Consumo e Área Cultivada (P') .....	119
19	Coeficientes de Correlação Simples, Logarítmica, <u>en</u> tre as Variáveis Consideradas para Estimar os Coefi- cientes de Elasticidade da Demanda de Potássio no Estado de São Paulo, no Período 1948-72, Utilizando- se Como Variável Dependente a Relação entre Consumo e Área Cultivada (K') .....	120
20	Equações Estimativas da Demanda de Nitrogênio para o Estado de São Paulo, no Período 1948-72; Estimati- vas dos Coeficientes de Regressão Parcial; Valores de "t"; Coeficientes de Determinação ( $R^2$ ); Valor de "F" e Estatística "d" de Durbin-Watson para o Mode-	

TABELA		Pág.
20	lo Tradicional. Para o Modelo de Ajustamento Retar-	
	<p>do, também as Estimativas dos Coeficientes de Ajustamento (b) e dos Coeficientes de Elasticidade a Longo Prazo (<math>E_{LP}</math>) .....</p>	121
21	Equações Estimativas da Demanda de Fósforo, para o Estado de São Paulo, no Período 1948-72; Estimativas dos Coeficientes de Regressão Parcial; Valores de "t"; Coeficientes de Determinação ( $R^2$ ); Valores de "F" e Estatística "d" de Durbin-Watson para o Modelo Tradicional. Para o Modelo de Ajustamento Retardado, também as Estimativas dos Coeficientes de Ajustamento (b) e dos Coeficientes e Elasticidade a Longo Prazo ( $E_{LP}$ ) .....	122
22	Equações Estimativas da Demanda de Potássio, para o Estado de São Paulo, no Período 1948-72; Estimativas dos Coeficientes de Regressão Parcial; Valor de "t"; Coeficientes de Determinação ( $R^2$ ); Valor de "F" e Estatística "d" de Durbin-Watson para o Modelo Tradicional e também as Estimativas dos Coeficientes de Ajustamento (b) e dos Coeficientes de Elasticidade a Longo Prazo ( $E_{LP}$ ) para o Modelo de Ajustamento Retardado .....	123

LISTA DAS FIGURAS

FIGURA		Pág.
1	Evolução dos Índices de Preços Reais de Nitrogênio, de Fósforo e de Potássio e Índices de Preços Reais Recebidos (16 produtos) na Agricultura Paulista, no período 1948-72 (Base: 1962-66 = 100) .....	20
2	Evolução dos Índices de Preços Reais de Nitrogênio, de Fósforo e de Potássio e Índices de Preços Pagos por Insumos (exclusive Fertilizantes) na Agricultura Paulista, no Período 1948-72 (Base: 1962-66 = 100) .....	21
3	Índice de Preço Real de Nitrogênio e Consumo de Nitrogênio no Estado de São Paulo, para o Período 1948-72 .....	22
4	Índice de Preço Real de Fósforo e Consumo de Fósforo no Estado de São Paulo, para o Período 1948-72 .....	23
5	Índice de Preço Real de Potássio e Consumo de Potássio no Estado de São Paulo, para o Período 1948-72 .....	24

FIGURA

Pág.

6	Representação Gráfica da Correlação entre o Índice de Preços Reais de Nitrogênio e o Índice de Quantidades Consumidas de Nitrogênio, para o Estado de São Paulo, no período 1948-72 (Base 1962-66 = 100) .....	25
7	Representação Gráfica da Correlação entre o Índice de Preços Reais do Fósforo e Índice de Quantidades Consumidas de Fósforo, para o Estado de São Paulo, no período 1948-72 (Base: 1962-66 = 100)	26
8	Representação Gráfica da Correlação entre o Índice de Preços Reais do Potássio e Índice de Quantidades Consumidas de Potássio, para o Estado de São Paulo, no Período 1948-72 (Base: 1962-66 = 100) .....	27

## CAPÍTULO I

### INTRODUÇÃO

#### 1. Importância do Problema

O desenvolvimento do setor agrícola de um país implica no uso correto e racional de técnicas e insumos modernos. O grau de modernização da agricultura depende tanto da qualificação dos agricultores (conhecimentos técnicos, disponibilidade de recursos, espírito empresarial, etc.) como das relações de preços, dos produtos e dos fatores modernos e tradicionais (mão-de-obra e terra).<sup>1/</sup>

Os fertilizantes, dentre os insumos modernos, são um dos grandes responsáveis pelos aumentos na produtividade da terra e na

---

<sup>1/</sup> Ruy Miller Paiva, Salomão Schattan e Claus F. Trench de Freitas. "Setor Agrícola do Brasil". Secretaria da Agricultura. São Paulo, 1973, p.66.

renda dos agricultores. Atuam como agentes incitantes do emprego de novas técnicas, que contribuem ainda mais para maiores rendimentos e lucros para o agricultor rural. Representam uma das mais eficientes e simples ferramentas postas à disposição do homem para a obtenção das necessárias melhorias na produção e qualidade dos alimentos.

Embora as estatísticas nacionais mostrem apreciáveis aumentos na produção interna de fertilizantes, na importação desses produtos e aumentos excepcionais no consumo desses mesmos produtos, a realidade presente é que o emprego de adubos em nossa agricultura é ainda muito reduzido, devido ser o consumo de fertilizantes químicos no país, limitado a algumas regiões e a determinadas culturas.

Aumentos na área cultivada, abertura de novas fronteiras agrícolas, existência de novos mercados para fertilizantes nas zonas já cultivadas (pastagens e reflorestamento), crescimento da procura interna e externa para produtos agrícolas e crescimento econômico do país com maiores inversões nos setores de educação e saúde, bem como nos sistemas de transporte e comunicação e aperfeiçoamento tecnológico, são fatores altamente favoráveis à ampliação do mercado brasileiro consumidor de fertilizantes.<sup>2/</sup>

No Estado de São Paulo, a prática da fertilização química do solo é bastante difundida e é reconhecida e aceita por grande número de agricultores. Os níveis de consumo de fertilizantes por hectare

---

<sup>2/</sup> Fernando Penteado Cardoso. "Produção e Consumo de Fertilizantes no Brasil nos Próximos 5 Anos". Seminário Sobre Transporte e Distribuição de Fertilizantes. São Paulo, maio de 1973.

arável, observados atualmente, já são comparáveis aos de regiões de agricultura bastante desenvolvida. A Tabela 1 indica a posição do Estado em relação ao Brasil e outros países.

Tabela 1 - Fertilizantes: Consumo por Nutriente e por Hectare Arável no Brasil, em São Paulo e Vários Países.

Regiões	Ano	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Total
BRASIL	1970/71	9,3	12,6	10,3	32,2
Norte	1970	2,6	0,3	2,7	5,6
Centro	1970	11,4	13,5	11,5	34,4
Sul	1970	8,1	25,6	12,9	46,6
SÃO PAULO	1970	22,9	30,3	24,1	77,3
	1971	25,6	35,1	28,5	89,2
	1972	29,4	46,1	31,5	107,0
Nova Zelândia	1970/71	10,3	414,9	154,3	579,5
Taiwan	1970/71	177,6	49,0	69,3	295,9
França	1970/71	75,4	93,9	72,1	241,4
Israel	1970/71	75,6	34,3	25,7	135,6
Itália	1970/71	39,8	34,7	15,1	89,6
Estados Unidos	1970/71	40,7	24,6	21,5	86,8
Iugoslávia	1970/71	36,6	22,7	19,4	78,7
Espanha	1970/71	26,2	20,8	10,0	57,0
URSS	1970/71	19,8	9,5	11,1	40,4
Chile	1970/71	9,3	22,0	3,1	34,4
Índia	1970/71	9,0	2,8	1,4	13,2

FONTE: Annual Fertilizer Review, FAO, 1971 e Sindicato da Indústria de Adubos e Colas no Estado de São Paulo.

A agricultura paulista é bastante diversificada, e seus 21 principais produtos, relativamente ao grau de adiantamento técnico-econômico de suas explorações são divididos em três grupos: o dos produtos modernos, o dos tradicionais e os em transição. No primeiro grupo, enquadram-se aqueles produtos que se utilizam de tecnologia mais avançada, pois exigem condições especiais de solos, tratamentos culturais intensivos, adubação e combate constante a doenças e pragas. No grupo dos tradicionais, encontramos os produtos que se utilizam de pouca tecnologia, cultivados em áreas extensas do Estado e com certa disponibilidade de terra e mão-de-obra. No último grupo, estão aqueles produtos em que o emprego de insumos e técnicas modernas, está ocorrendo em proporções crescentes.<sup>3/</sup>

Nos últimos cinco anos o crescimento da demanda aparente de fertilizantes no Estado de São Paulo, foi da ordem de 134%. Estima-se para 1973 um consumo em torno de 680 mil toneladas de nutrientes, e para 1974, 768 mil toneladas, prevendo-se uma taxa de crescimento de 12,6% a.a.<sup>4/</sup>

Contribuem para esse crescimento, a situação favorável dos preços dos produtos agrícolas em relação aos dos adubos, a adoção de práticas mais racionais de cultivo, representadas pelo uso de sementes melhoradas, de defensivos, etc. e também o reconhecimento por par

---

<sup>3/</sup> Instituto de Economia Agrícola. "Desenvolvimento da Agricultura Paulista". Secretaria da Agricultura, São Paulo, fevereiro de 1972, p.29.

<sup>4/</sup> Instituto de Economia Agrícola. "Prognóstico 73/74". Secretaria da Agricultura, São Paulo, julho de 1973, p. 6-5.



te dos agricultores paulistas da necessidade de se utilizar fertilizantes para a recuperação da fertilidade dos solos das regiões de terras já cansadas e para a sua manutenção em áreas novas. A facilidade de obtenção de crédito, a assistência técnica dispensada pelas firmas produtoras de fertilizantes e pela rede de engenheiros-agrônomo regionais da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), da Secretaria da Agricultura e outros meios de divulgação também são responsáveis por uma maior utilização desse insumo.

● crescimento do consumo deve-se mais a intensificação de uso do que propriamente ao aumento da área. Assim, o consumo por unidade de área (kg/ha) que era da ordem de 45 kg/ha em 1968, passou em 1972 para 100,9 kg/ha, indicando um acréscimo de 124% no período. Estima-se para 1973 um consumo da ordem de 116,5 kg/ha cultivado com lavouras anuais e perenes, não incluindo áreas reflorestadas e em pastagens artificiais.<sup>5/</sup>

Nos aspectos da produção e da importação de fertilizantes, o Estado de São Paulo é também privilegiado, pois além de possuir o maior porto do país (Santos), possui também aquele que futuramente será o principal porto de desembarque de fertilizantes — o porto de São Sebastião. As principais fábricas produtoras de adubos do país, responsáveis pelo abastecimento de cerca de 75% das exigências nacionais, são aqui localizadas.

---

<sup>5/</sup> Instituto de Economia Agrícola. "Prognóstico 73/74". Secretaria da Agricultura, São Paulo, julho de 1973, p. 6-5.

Análises estruturais de demanda e oferta de fatores de produção são importantes para a orientação de políticas de suprimento e preços dos próprios fatores, assim como de desenvolvimento econômico da agricultura. Embora se conheça pouco sobre elasticidades de demanda e oferta dos vários fatores de produção, estudos econométricos de mercados para produtos agrícolas já datam de longo tempo. Devido a importância desse conhecimento é que se justifica esse trabalho, embora ele se atenha a analisar somente um fator de produção: os fertilizantes.

## 2. Objetivos

Além de relacionarem-se diretamente com a expansão da área cultivada, os aumentos na produção agrícola estão também estreitamente relacionados a uma intensificação no emprego de capital e insumos modernos. Os fertilizantes por si possuem um potencial de grande magnitude para elevar a produção da agricultura. Assim o conhecimento da influência e do comportamento desses insumos é importante para o estabelecimento de medidas para acelerar a adoção de inovações que exigem dos agricultores a assimilação de novos conhecimentos permitindo-lhes minimizar os seus custos de produção ou maximizar a sua receita líquida.

O objetivo geral deste trabalho é realizar um estudo da demanda de fertilizantes para o Estado de São Paulo. Serão considerados

os fertilizantes não como um "agregado", mas como "nutrientes básicos das plantas", ou seja os elementos nobres nitrogênio, fósforo e potássio serão analisados individualmente.

Mais especificamente, teríamos como objetivos:

2.1 - Descrever a evolução do consumo de "nutrientes básicos das plantas" no Estado de São Paulo.

2.2 - Determinar uma função de demanda de tais nutrientes para o Estado de São Paulo.

2.3 - Determinar a elasticidade-preço da demanda de tais nutrientes, tanto a curto como a longo prazo.

2.4 - Fornecer orientação para novos estudos.

### 3. Hipótese

"A demanda de nutrientes de plantas no Estado de São Paulo é uma função do preço real de tais nutrientes, dos preços recebidos pelos produtos agrícolas, dos preços pagos por outros insumos agrícolas, da área cultivada e do rendimento físico das culturas."

### 4. Plano de Trabalho

O Capítulo II apresenta uma análise descritiva da evolução histórica do consumo de nutrientes de plantas no Estado de São Paulo. Também apresenta alguns aspectos da situação dos fertilizantes no âm-

bito nacional.

O Capítulo III contém uma pequena revisão de bibliografia sobre os estudos que tratam da demanda de fertilizantes realizados no Exterior e no Brasil.

No Capítulo IV são apresentados os conceitos fundamentais da teoria da demanda, os modelos econométricos aplicados à pesquisa, bem como todas as informações sobre os dados e variáveis que entraram na análise.

O Capítulo V discute os resultados das equações ajustadas.

O resumo e as conclusões, bem como sugestões para novos trabalhos, encontram-se no Capítulo VI.

## CAPÍTULO II

### FERTILIZANTES NO BRASIL E NO ESTADO DE SÃO PAULO

#### 1. Uso de Fertilizantes no Brasil

A Tabela 2 mostra a evolução do consumo de fertilizantes no Brasil, no período 1950-72, bem como a participação das importações como uma percentagem do total usado em cada ano.

Durante muito tempo a produção interna de fertilizantes permaneceu praticamente estagnada sem que se realizassem investimentos de monta no setor, já que seu funcionamento dependia forçosamente da importação de matérias-primas e a dimensão do mercado consumidor brasileiro deixava muito a desejar.

A partir de 1966, o Brasil valendo-se dos baixos preços de fertilizantes no mercado internacional, incentivou o uso dos mesmos facilitando as importações. Com o acréscimo da demanda, houve um au-

Tabela 2 - Evolução do Consumo Aparente de Fertilizantes no Brasil, 1950-72.

A n o	T o n e l a d a s d e				% de impor- tações em relação ao total
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Total	
1950	14.187	50.836	23.523	88.546	85
1951	18.561	73.569	28.709	120.389	88
1952	10.605	46.923	15.347	72.875	77
1953	20.579	64.816	31.226	116.621	85
1954	17.762	77.389	28.348	123.494	89
1955	22.951	88.575	49.523	161.049	84
1956	30.238	93.559	41.632	165.429	85
1957	28.558	118.689	60.189	207.436	79
1958	41.390	143.349	65.082	249.821	77
1959	44.785	124.005	57.425	226.215	65
1960	66.760	131.591	106.156	304.497	65
1961	55.064	118.761	70.727	244.557	61
1962	50.909	117.519	68.447	236.875	59
1963	65.212	156.818	92.015	314.045	65
1964	50.808	135.052	69.564	255.424	58
1965	70.569	120.097	99.732	290.398	66
1966	71.134	116.648	93.337	281.119	68
1967	103.382	204.606	136.937	444.925	74
1968	144.320	273.094	184.295	601.709	78
1969	164.430	265.667	200.290	630.387	79
1970	275.936	415.938	306.692	998.566	81
1971	278.324	535.864	350.846	1.165.034	59
1972	411.605	874.935	459.984	1.746.524	78

FONTE: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Associação Nacional para Difusão de Adubos - ANDA.

mento progressivo das importações tanto em volume como em proporção à produção nacional. Referindo-se aos fertilizantes nitrogenados, a produção interna de 1965 a 1969, apresentou uma tendência de baixa, embora o consumo nesse mesmo período apresentasse um expressivo aumento. Em relação aos fosfatados, apesar do aumento da produção nacional, a proporção das importações também cresceu significativamente. Tal situação pode ser visualizada através dos dados da Tabela 3.

Nessa mesma época, procurou-se também incentivar a produção nacional através das seguintes medidas: isenção de impostos de importação para maquinaria e equipamentos sem similar nacional, bem como de partes complementares à produção nacional; apoio financeiro por entidades oficiais de crédito, notadamente pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE). Como diretriz, deveria ser seguida a orientação de que o Brasil, nos futuros projetos de unidades de fabricação de fertilizantes, deveria partir dos recursos naturais internos, levando em conta escalas de produção, capazes de permitir a competição com insumos importados, em condições normais de preços.<sup>6/</sup>

Os resultados desses incentivos à indústria nacional se fizeram sentir sob a forma de um aumento na produção nacional a partir de 1970 (Tabela 3).

---

<sup>6/</sup> Ministério da Agricultura. "Identificação e Avaliação Preliminar da Política de Estímulos a Produção e Uso de Fertilizantes". Brasília: Sub-Secretaria de Planejamento e Orçamento. Escritório de Análise Econômica e Política Agrícola, 1º Relatório, 1972. pp. 20-21.

Tabela 3 - Evolução do Consumo Aparente, Produção Nacional e Importação de Fertilizantes, em Toneladas, 1964-72.

A N O	N I T R O G Ê N I O		F Ó S F O R O		P O T Á S S I O			T O T A L				
	consumo aparente	importação	produção nacional	consumo aparente	importação	produção nacional	consumo aparente	importação	produção nacional			
1964	50.808	43.565	7.243	135.052	34.113	100.939	69.564	69.564	—	255.424	147.242	108.182
1965	70.569	56.124	14.445	120.097	37.219	82.878	99.732	99.732	—	290.398	193.075	97.323
1966	71.134	64.734	6.400	116.648	32.559	84.089	93.337	93.337	—	281.119	190.630	90.489
1967	103.382	95.497	7.885	204.606	95.654	108.952	136.937	136.937	—	444.925	328.088	116.837
1968	144.320	135.028	9.292	273.094	150.611	122.483	184.295	184.295	—	601.709	469.934	131.775
1969	164.430	157.970	6.460	265.667	137.869	127.798	200.290	200.290	—	630.387	496.129	134.258
1970	275.936	255.575	20.361	415.938	246.540	169.398	306.692	306.692	—	998.566	808.807	189.759
1971	278.324	209.156	69.168	535.864	124.381	411.483	350.846	350.846	—	1.165.034	684.383	480.651
1972	411.605	323.112	88.493	874.935	585.658	289.277	459.984	459.984	—	1.746.524	1.368.754	377.700

FONTES: Estatística sobre Fertilizantes no Brasil: Importação, Produção e Consumo — ANDA — São Paulo, jan. 1973.



Assim, verifica-se que em 1971, a participação da produção nacional de nitrogenados foi cerca de 25%, como consequência da entrada em funcionamento de novas unidades de fabricação e a participação da produção nacional de fosfatados foi de cerca de 77%. Em 1972, essas participações foram de 21,5% para os nitrogenados e de 33% para os fosfatados.

Para 1975, espera-se que a produção interna de fosfatados solúveis satisfaça 85% da demanda nacional e também que o Brasil nesse mesmo ano já seja auto-suficiente em relação aos nitrogenados. Quanto aos potássicos, devido a inviabilidade da exploração a curto e a médio prazos, das jazidas descobertas em Sergipe, prevê-se que continuaremos a depender totalmente das importações.

Várias medidas de caráter nacional, bem como a situação do mercado internacional de fertilizantes concorreram grandemente para o aumento do consumo aparente e produção nacional de fertilizantes nestes últimos anos.

A política governamental de incentivo ao uso de fertilizantes procura desde 1957 atender a dois objetivos:

- Oferecer fertilizantes a preços acessíveis aos agricultores de modo a promover e aumentar suas produções agrícolas;
- Estimular a indústria nacional de fertilizantes.

Em relação aos preços dos fertilizantes, sabe-se que no período 1962-69, os preços de alguns fertilizantes experimentaram queda em países dos quais o Brasil importava. Em fins de 1971, os preços na

área internacional para alguns fertilizantes, apresentaram os mais altos níveis dos últimos anos, verificando-se uma forte escassez desses produtos.

O sulfato de amônio subiu de 15 dólares por tonelada em 1971 para 35 dólares no primeiro quadrimestre de 1972. A uréia que em 1970 e 1971 era ofertada em grandes quantidades, devido a elevação de seu preço para 54 dólares a tonelada em 1972, tornou-se produto de difícil aquisição. Os fosfatados, com a escassez da oferta, apresentaram drástica elevação de seus preços. Assim o DAP (fosfato di-amônio) que em 1971 custava 75 dólares, passou para 92 dólares por tonelada no primeiro semestre de 1972 e o superfosfato triplo de 50 para 73 dólares, nesse mesmo período.<sup>7/</sup>

Desse modo, a situação de excesso de oferta que se apresentava em 1970, quando os preços desceram a níveis bastante baixos, foi totalmente mudada para uma de escassez de oferta e alta de preços.

## 2. Evolução dos Preços de Fertilizantes no Estado de São Paulo.

A Tabela 4 nos mostra a evolução dos preços dos fertilizantes (em elementos nutrientes), dos preços recebidos pelos produtos agrícolas e dos preços pagos por insumos agrícolas (exceto fertilizantes) em termos de números índices em valores reais.

---

<sup>7/</sup> Fonte: O Dirigente Rural - Vol. 11, nº 9-10, jul-ago 72, pp.12-22.

Tabela 4 - Evolução dos Índices de Preços Reais: Índice de Preços de Fertilizantes, Índice de Preços Recebidos e Índice de Preços Pagos pela Agricultura Paulista, 1948-72. Base 1962-66 = 100.

A n o	Índice de Preços de Fertilizantes			Índice de preços re- cebidos (16 produtos)	Índice de pre- ços pagos (ex- clusive ferti- lizantes)
	NITROGÊNIO	FÓSFORO	POTÁSSIO		
1948	128,45	109,43	100,15	104,64	88,32
1949	119,94	92,31	107,54	107,26	86,13
1950	114,60	88,30	91,74	116,58	83,14
1951	103,26	91,93	89,57	112,76	83,81
1952	100,38	90,24	80,11	110,28	87,20
1953	81,09	72,67	64,44	119,80	90,00
1954	78,87	63,28	67,14	118,81	92,07
1955	92,70	76,80	79,37	115,95	90,39
1956	86,27	75,48	76,50	114,16	94,24
1957	74,61	68,51	63,38	108,84	89,37
1958	69,06	69,32	59,64	95,21	92,27
1959	70,99	69,58	45,51	90,07	98,63
1960	58,70	56,26	56,37	89,37	107,82
1961	68,92	91,37	81,66	92,54	107,11
1962	85,26	100,28	101,05	106,47	107,45
1963	89,23	103,01	96,57	103,90	102,87
1964	99,64	94,77	85,88	113,66	93,13
1965	128,56	110,49	124,65	89,78	98,59
1966	97,32	91,45	91,85	86,19	97,97
1967	75,00	71,37	70,25	78,66	89,46
1968	72,58	79,65	58,76	78,57	88,17
1969	70,30	77,66	56,44	91,29	90,28
1970	60,60	69,04	55,88	85,28	85,18
1971	61,63	66,71	65,05	89,87	103,88
1972	67,00	76,98	62,16	99,00	107,33

FONTE: Instituto de Economia Agrícola.

Analisando-a, nota-se, de uma maneira geral, uma queda tanto nos preços dos nutrientes como nos preços dos produtos agrícolas, embora essa queda não tenha sido uniforme durante todo o período. Nota-se também que essa queda é mais acentuada nos preços dos fertilizantes que nos de produtos agrícolas, tornando a relação preço de fertilizante/preço de produto agrícola mais favorável aos agricultores do Estado.

Os três elementos apresentaram uma queda drástica em seus preços até 1960, enquanto que os produtos agrícolas apresentaram alta de preços até 1957, para daí até 1960, apresentarem decréscimos. De 1961 a 1965, os fertilizantes tiveram os seus preços majorados, atingindo o máximo no ano de 1965, sendo essa tendência acompanhada pela elevação dos preços dos produtos agrícolas até 1964. De 1966 a 1971, os preços dos fertilizantes caíram novamente, sendo acompanhados pela queda dos preços dos produtos agrícolas até 1970. Em 1972, os preços se elevaram novamente, e essa tendência de alta irá perdurar ainda nos próximos anos, conforme informam as fontes oficiais, devido a situação do mercado de fertilizantes: escassez de matérias-primas e consequente alta de preços no mercado internacional. Graficamente, esses índices estão representados na Figura 1.

Fazendo-se uma comparação entre os índices de preços dos nutrientes e os índices de preços pagos por outros insumos agrícolas, ambos em valores reais, notamos que as variações ocorridas nestes últimos são de menor amplitude que as observadas nos primeiros. De um modo geral, esses índices de preços pagos são mais elevados que os ín

dices de preços de fertilizantes, desta maneira afetando, talvez, indiretamente uma maior expansão do consumo de adubos no Estado de São Paulo. Graficamente, esses índices estão representados na Figura 2.

O comportamento do consumo em relação à evolução dos preços dos nutrientes pode ser visualizado através das Figuras 3, 4 e 5. Uma tendência de baixa nos preços dos nutrientes é acompanhada de uma tendência de aumento no consumo e vice-versa. Daí derivar-se uma relação entre preço e consumo.

Pelas Figuras 6, 7 e 8 verificamos que essa relação preço-consumo, nem sempre ocorre de forma lógica em todo o período de análise. Para os três nutrientes esse modo irregular de comportamento dá-se entre os anos 1959-66, anos em que o Brasil passou por grave crise política e econômica.

De 1960 a 1962, o consumo de nitrogênio pela Agricultura Paulista passou de 45 mil toneladas para 34 mil toneladas, enquanto que seus preços sofreram um acréscimo de 45,20%; o fósforo, nesse mesmo período, apresentou uma variação de consumo de 69 mil toneladas para 79 mil toneladas, enquanto que seus preços elevaram-se de 78,10%; o potássio, apesar de não apresentar variação no consumo nos anos extremos, experimentou grande elevação de preços, elevação essa da ordem de 79,41%.

De 1962 a 1964, o índice de preços reais do nitrogênio pas-sou de 85,26 para 99,64, indicando um acréscimo de 16,67%, enquanto que o seu consumo manteve-se praticamente constante, indo de 34 mil para 35 mil toneladas. Nesse mesmo período, o fósforo apresentou um

aumento na sua quantidade demandada de 11 mil toneladas enquanto que seus preços baixaram de 5,53%. O potássio, apresentou redução tanto em preços como em quantidade consumida, da ordem de 14,85% e 9,09% respectivamente.

Em 1965, os índices de preços reais dos três nutrientes atingiram níveis máximos (128,56 para o nitrogênio, 110,49 para o fósforo e 124,65 para o potássio) enquanto que as quantidades consumidas variaram em relação a 1964 de + 34,29% para o nitrogênio, de - 24,44% para o fósforo e de + 34,00% para o potássio.

Em 1966, apesar da queda nos preços dos nutrientes, não se verificou expansão do consumo, pois a Agricultura Paulista reduziu ainda mais a sua procura por fertilizantes. Essa redução foi da ordem de 19,15% para o nitrogênio, 7,94% para o fósforo e 20,90% para o potássio.

A partir daí, a relação preço-consumo voltou a comportar-se logicamente até 1971, pois a partir de 1972, apesar dos contínuos aumentos nas quantidades consumidas dos nutrientes, estamos nos deparando com nova tendência de alta nos preços dos mesmos.

### 3. Evolução do Consumo de Fertilizantes no Estado de São Paulo

O consumo aparente de fertilizantes aumentou em cerca de 25 vezes em todo o período em análise, isto é, de 1948 a 1972. Nos dois primeiros quinquênios (1948-52 e 1953-57) as taxas médias anuais de crescimento em termos de NPK foram respectivamente 24,7 e 16,8%.

Após esse período de grande expansão, seguiu-se outro em que as taxas anuais de crescimento caíram para 3,2% em 1958-62 e 3,5% em 1963-67. De 1968 para cá, essa taxa atingiu níveis bastante elevados, alcançando 23,7% ao ano. Em termos de macroelementos ou elementos nobres, todos eles apresentaram taxas de crescimento bastante semelhantes nos cinco quinquênios do período, embora anualmente essas taxas de crescimento diferissem bastante entre si (Tabela 5).

O grande aumento verificado no último quinquênio (1968-72) resultou em praticamente uma triplicação na quantidade consumida de nitrogênio e uma duplicação nas de fósforo e potássio.

Uma análise da relação de consumo para o Estado de São Paulo, evidencia que a utilização de fosfatados supera a de nitrogenados, muito embora tenha decrescido a proporção de fósforo e potássio em relação ao nitrogênio (Tabela 6).

Índice de Preços de Fertilizantes

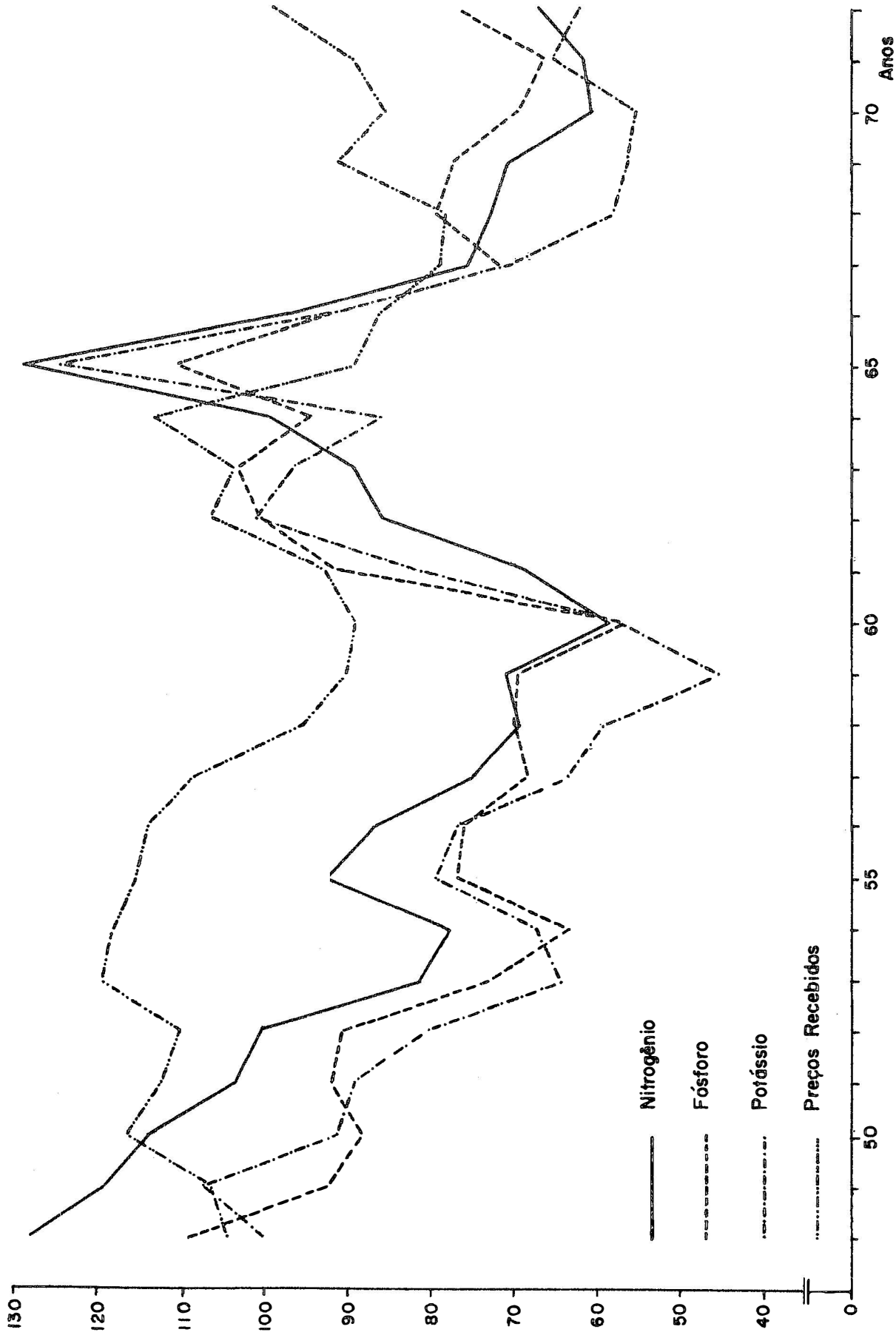


Figura 1 - Evolução dos Índices de Preços Reais de Nitrogênio, de Fósforo e de Potássio, e Índices de Preços Reais (16 produtos) na Agricultura Paulista, no período 1948-72.

(Base: 1962-66 = 100).



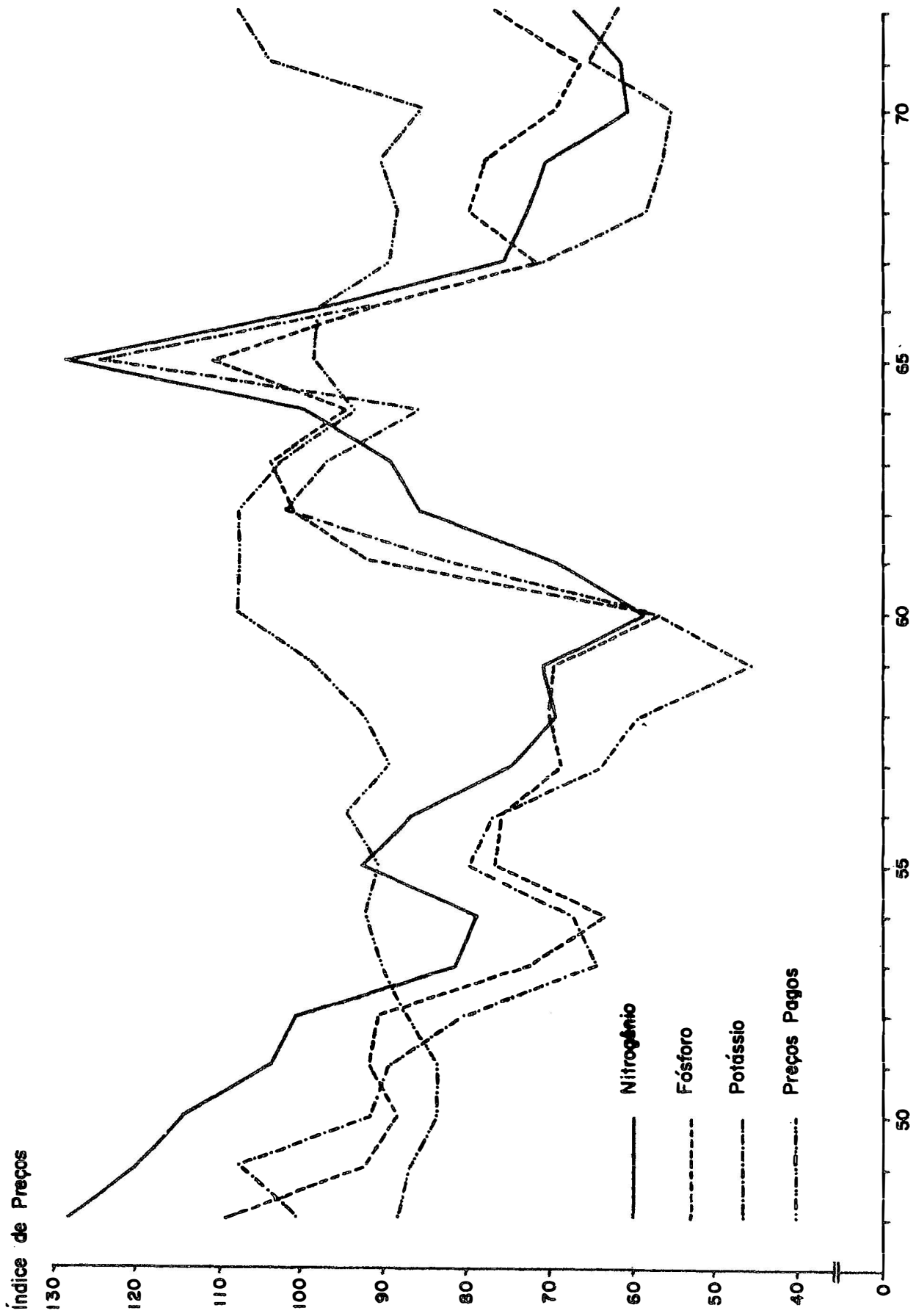


Figura 2 - Evolução dos Índices de Preços Reais de Nitrogênio, de Fósforo e de Potássio e Índices de Preços Pagos por Insumos (exclusive Fertilizantes) na Agricultura Paulista, no período 1948-72 (Base: 196?-66 = 100).

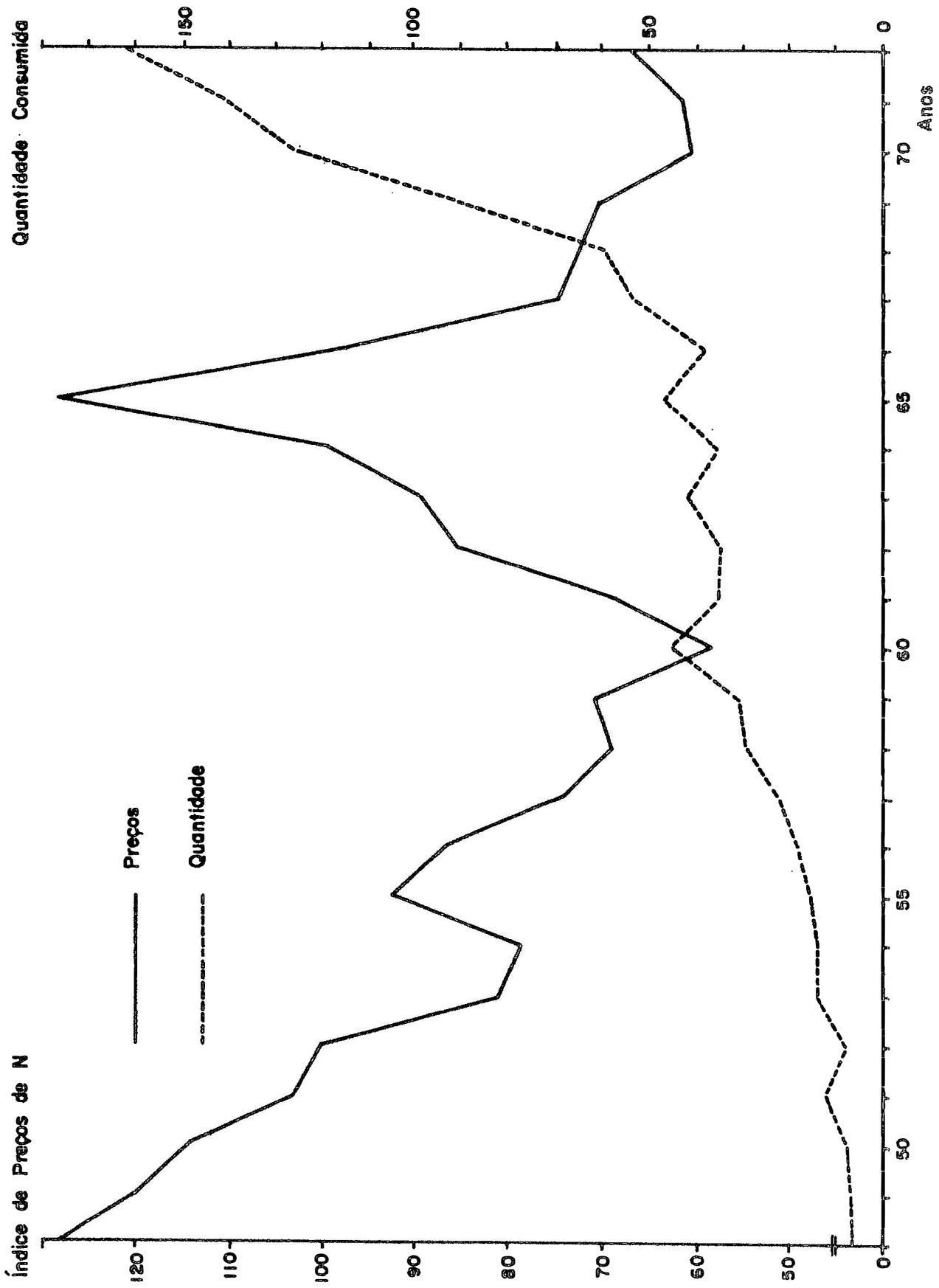


Figura 3 - Índice de Preço Real de Nitrogênio e Consumo de Nitrogênio no Estado de São Paulo, para o período 1948-72.

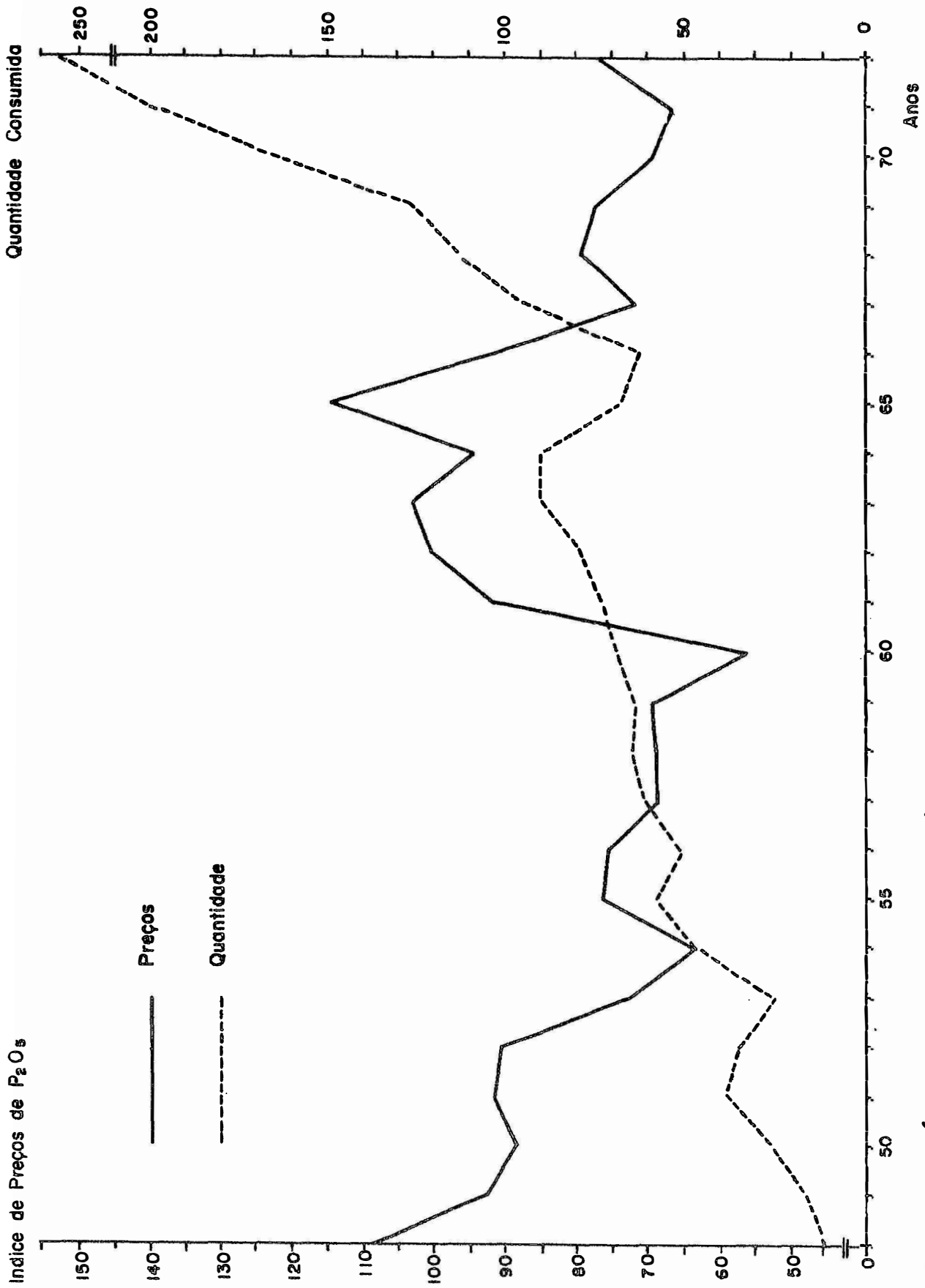


Figura 4 - Índice de Preço Real de Fósforo e Consumo de Fósforo no Estado de São Paulo, para o período 1948-72.

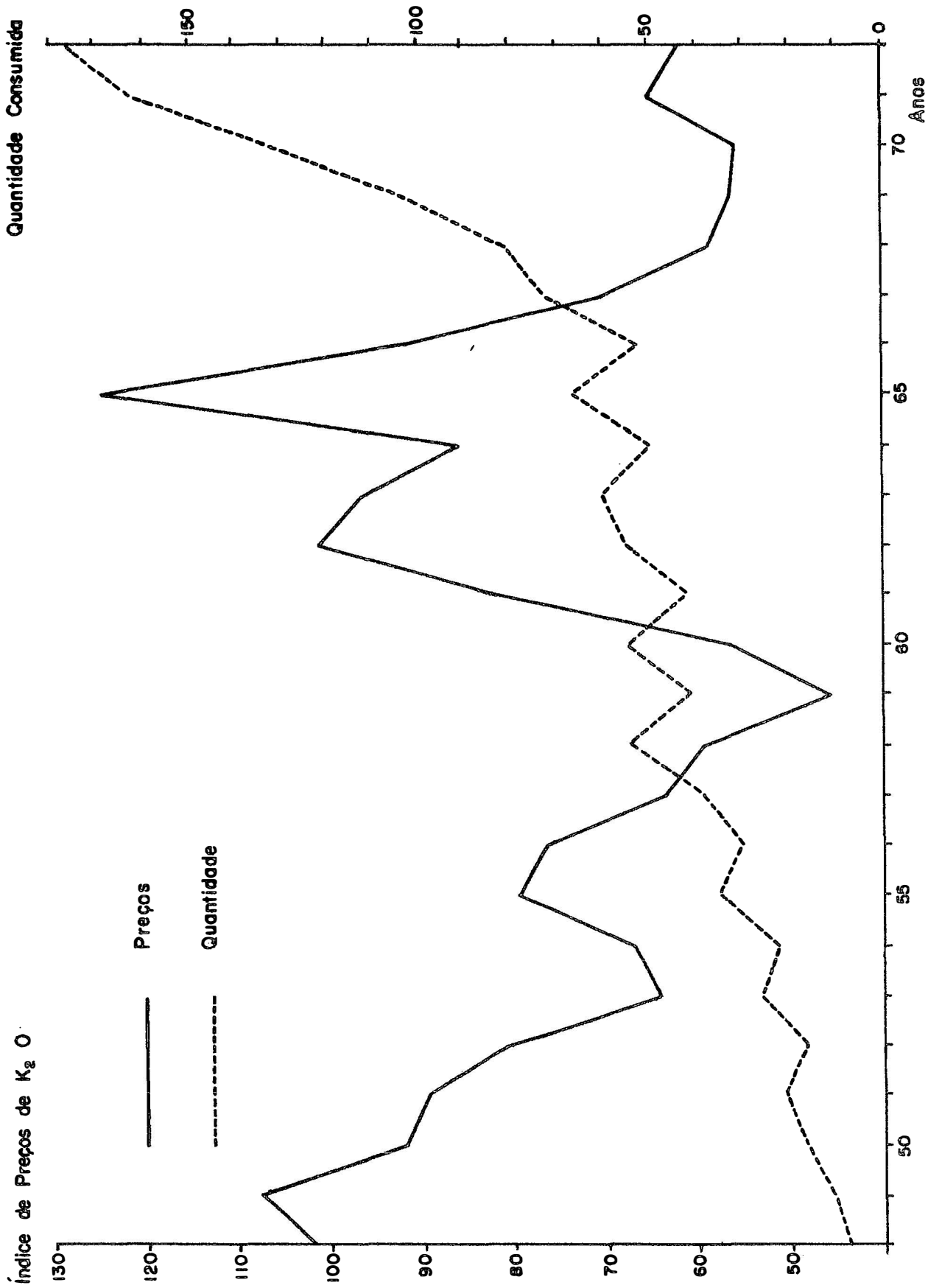


Figura 5 - Índice de Preço Real de Potássio e Consumo de Potássio, no Estado de São Paulo, para o período 1948-72.

Índice de Preços de N

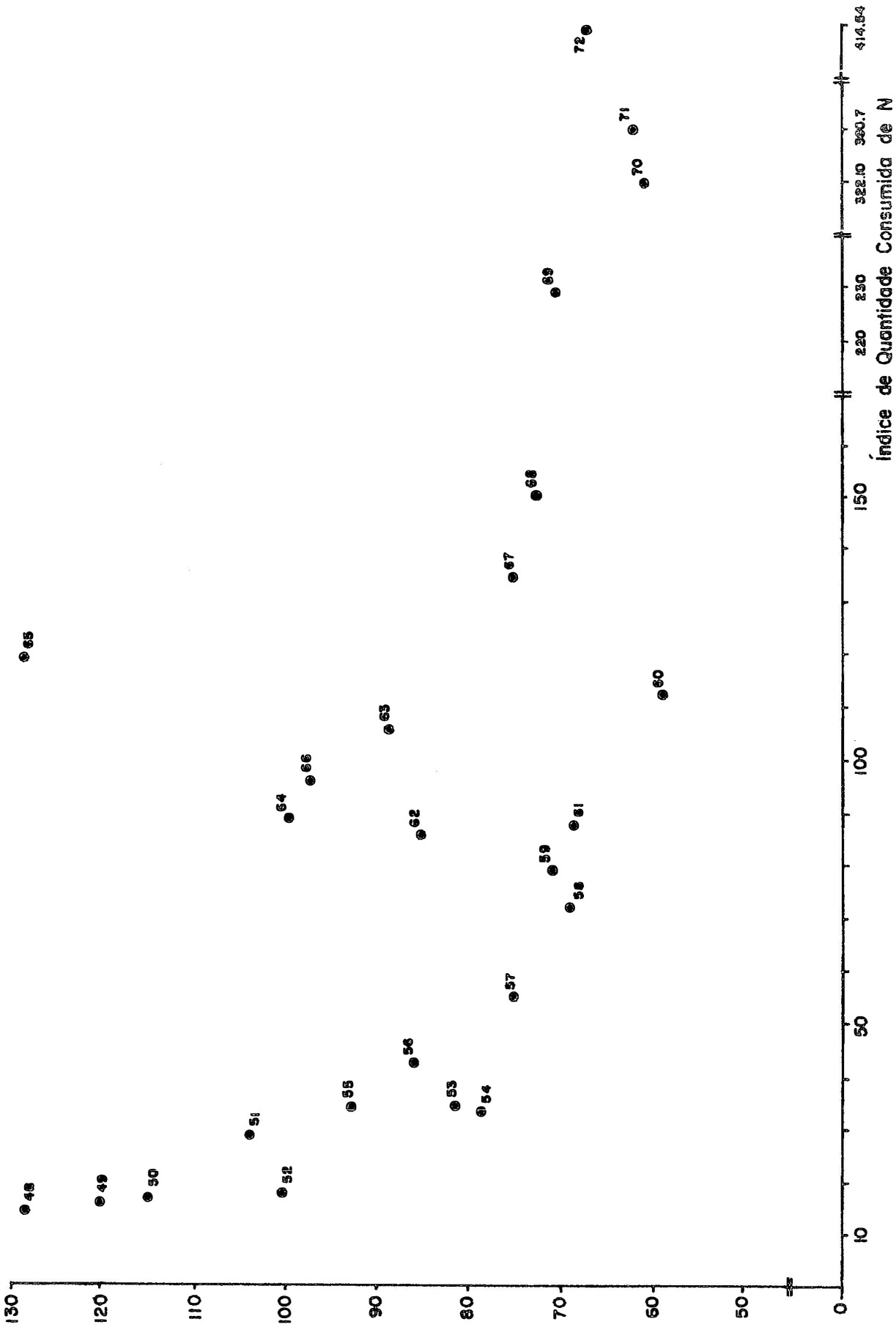


Figura 6 - Representação Gráfica da Correlação entre o Índice de Preços Reais de Nitrogênio e o Índice de Quantidades Consumidas de Nitrogênio, para o Estado de São Paulo, no período 1948-72. (Base 1962-66 = 100).

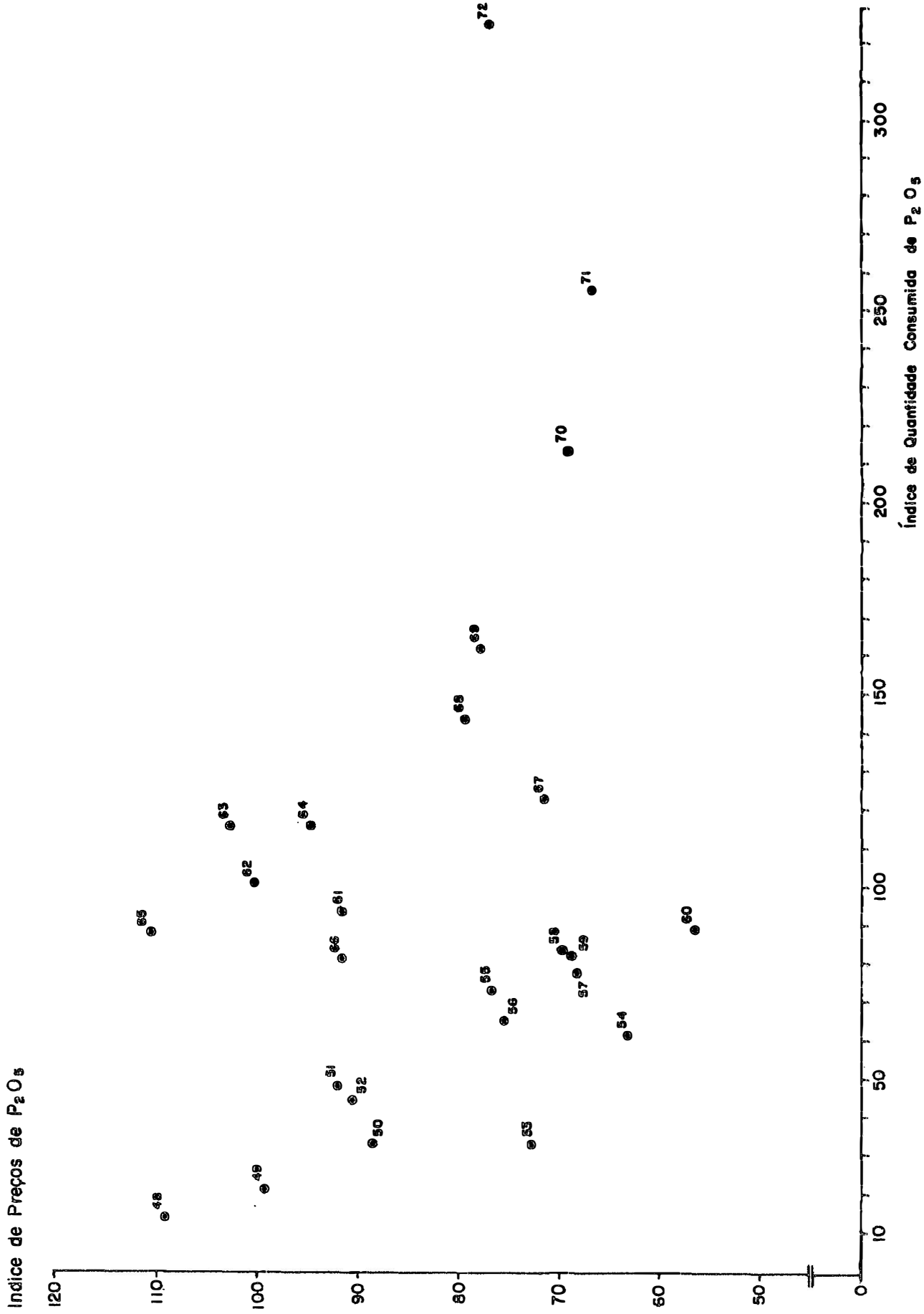
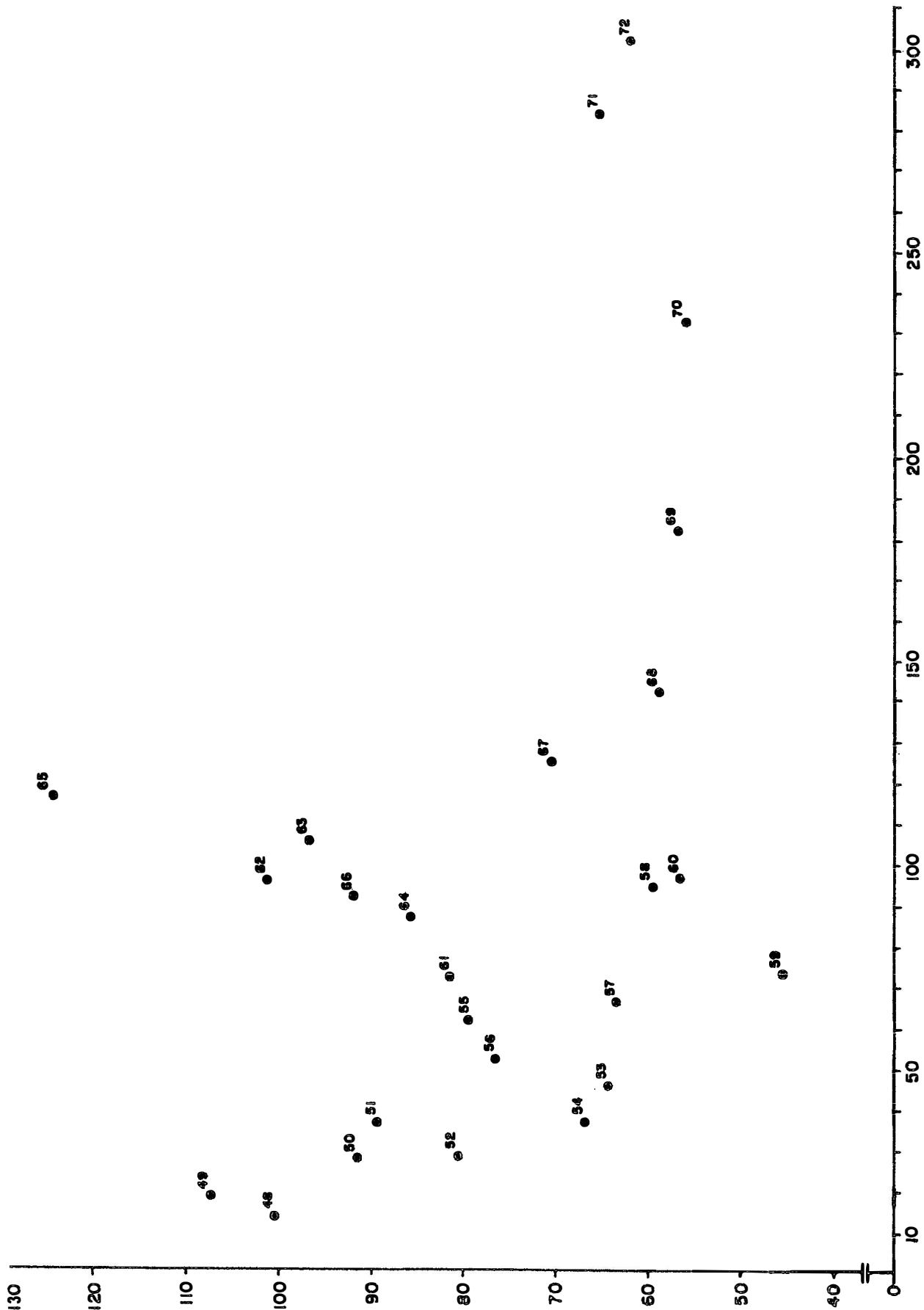


Figura 7 -- Representação Gráfica da Correlação entre o Índice de Preços Reais do Fósforo e Índice de Quantidades Consumidas de Fósforo, para o Estado de São Paulo, no período 1948-72. (Base: 1962-66 = 100).

Índice de Preços de K<sub>2</sub>O



Índice de Quantidade Consumida de K<sub>2</sub>O

Figura 8 - Representação Gráfica da Correlação entre o Índice de Preços Reais do Potássio e Índices de Quantidades Consumidas de Potássio, para o Estado de São Paulo, no período 1948-72 (Base: 1962-66 = 100).

Tabela 5 - Fertilizantes; Consumo Aparente por Elementos Homens em 1.000 Toneladas, e Variações Anuais e Médias Anuais por Quinquênios, no Estado de São Paulo, 1948-72.

A N O S	M I T R O G Ê N I O		F Ó S F O R O		P O T Á S S I O		T O T A L	
	Consumo aparente	Taxa média de crescimento anual (%)	Consumo aparente	Taxa média de crescimento anual (%)	Consumo aparente	Taxa média de crescimento anual (%)	Consumo aparente	Taxa média de crescimento anual (%)
1948	5,72	—	10,37	—	7,91	—	24	—
1949	6,14	7,27	16,30	57,19	15,57	33,57	33	37,50
1950	6,50	5,86	25,25	54,92	16,26	53,87	48	45,45
1951	11,68	79,64	38,15	51,12	21,17	30,25	71	47,91
1952	7,32	— 37,31	34,39	— 9,87	16,30	— 29,05	58	— 18,30
1953	13,65	86,46	25,32	— 26,37	26,03	59,77	65	12,06
1954	13,00	— 4,74	47,00	85,62	22,00	— 15,49	82	26,15
1955	14,00	7,69	57,00	21,28	35,00	59,09	106	29,26
1956	17,00	21,43	51,00	— 10,53	30,00	— 14,29	98	— 7,54
1957	22,00	29,41	61,00	19,61	38,00	26,67	121	23,46
1958	29,00	31,82	65,00	6,56	54,00	42,11	148	22,31
1959	31,00	6,90	63,00	— 3,08	42,00	— 22,22	136	— 8,10
1960	45,00	45,16	69,00	9,52	55,00	30,95	169	24,26
1961	35,00	— 22,22	73,00	5,80	42,00	— 23,64	150	— 11,24
1962	34,00	— 2,86	79,00	8,22	55,00	30,95	168	12,00
1963	42,00	23,53	90,00	13,92	60,00	9,09	192	14,28
1964	35,00	— 16,67	90,00	0,00	50,00	— 16,67	175	— 8,85
1965	47,00	34,29	68,00	— 24,44	67,00	34,00	182	4,00
1966	38,00	— 19,15	63,00	— 7,94	53,00	— 20,90	154	— 15,38
1967	53,00	39,47	95,00	50,79	72,00	39,62	220	42,85
1968	59,00	11,32	113,00	18,95	81,00	12,50	253	15,00
1969	90,00	52,54	126,00	11,50	104,00	28,40	320	26,48
1970	126,29	40,32	167,17	32,67	132,86	27,75	426	33,12
1971	141,40	11,96	200,20	19,76	168,40	22,24	504	18,30
1972	162,50	14,92	255,45	27,60	174,85	7,12	593	17,65
								23,70

Fontes: Instituto de Economia Agrícola.



Tabela 6 - Fertilizantes: Proporção do Consumo de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  em Relação ao N, para o Estado de São Paulo.

A n o	N :	P :	K
1948	1 :	1,81 :	1,38
1949	1 :	2,65 :	1,72
1950	1 :	3,88 :	2,50
1951	1 :	3,27 :	1,81
1952	1 :	4,70 :	2,23
1953	1 :	1,85 :	1,91
1954	1 :	3,62 :	1,69
1955	1 :	4,07 :	2,50
1956	1 :	3,00 :	1,76
1957	1 :	2,77 :	1,73
1958	1 :	2,24 :	1,86
1959	1 :	2,03 :	1,35
1960	1 :	1,53 :	1,22
1961	1 :	2,09 :	1,20
1962	1 :	2,32 :	1,62
1963	1 :	2,14 :	1,43
1964	1 :	2,57 :	1,43
1965	1 :	1,45 :	1,43
1966	1 :	1,66 :	1,39
1967	1 :	1,79 :	1,36
1968	1 :	1,92 :	1,37
1969	1 :	1,40 :	1,16
1970	1 :	1,32 :	1,05
1971	1 :	1,42 :	1,15
1972	1 :	1,57 :	1,08

FONTE: Instituto de Economia Agrícola.

### CAPÍTULO III

#### REVISÃO DE LITERATURA

A revisão bibliográfica aqui apresentada restringe-se aos trabalhos que julgamos os mais importantes sobre funções de demanda de fertilizantes e que serviram de base para esta pesquisa.

Uma revisão mais detalhada sobre o assunto pode ser encontrada em CIBANTOS (1972), pp. 57-66.

GRILICHES, em 1958, desenvolveu um modelo econométrico para estudar a demanda de fertilizantes nos Estados Unidos. Testou a seguinte hipótese: "o grande aumento no uso de fertilizantes pela agricultura americana pode ser largamente explicado pelo declínio do preço real dos fertilizantes". O modelo consistia de duas partes: uma função de demanda a longo prazo e uma equação de ajustamento. A função de demanda considera o uso de fertilizantes como uma função de todos

os preços de produto e insumos, permitindo que as quantidades de produto e insumos variem ao mesmo tempo. A forma funcional escolhida para estimar a função de demanda foi uma equação linear nos logaritmos das variáveis. A equação de ajustamento permite uma distinção entre elasticidades de curto e longo prazos, pois o ajustamento do consumo (ou demanda) a uma variação no preço não se realiza necessariamente em apenas um ano. Ele baseou seu modelo em trabalhos de Cagan, Friedman, Koych e principalmente em Nerlove.

Algebricamente o modelo é expresso no seguinte:

$$y_t^* = a_0 + a_1 x_{1t} + a_2 x_{2t} + u_t \quad (1)$$

onde  $y_t^*$  é o consumo de fertilizantes desejado,  $x_1$  é o preço de fertilizantes relativo aos preços dos produtos agrícolas,  $x_2$  é o preço de fertilizantes relativo aos preços pagos por outros fatores de produção e  $u_t$  é um erro aleatório. As letras minúsculas representam os logaritmos das variáveis.

A equação de ajustamento é:

$$y_t - y_{t-1} = b(y_t^* - y_{t-1}) \quad . \quad (2)$$

Convertendo nas unidades originais, tem-se que a mudança percentual no consumo atual é uma função potência da diferença percentual entre o consumo desejado e o atual. Assim:

$$\frac{Y_t}{Y_{t-1}} = \left[ \frac{Y_t^*}{Y_{t-1}} \right]^b$$

Substituindo a equação (1) em (2), tem-se:

$$Y_t = ba_0 + ba_1x_1 + ba_2x_2 + (1 - b) a_3Y_{t-1} + bu_t$$

onde  $Y_t$  é o consumo atual de fertilizantes e  $b$  é o coeficiente de ajustamento.

O coeficiente de ajustamento é a parcela de desequilíbrio entre o consumo atual e o consumo planejado a longo prazo que é eliminado em um ano. É obtido pela subtração do coeficiente de regressão de  $Y_{t-1}$  da unidade.

Utilizando esse modelo, GRILICHES apresentou vários trabalhos. Os mais importantes são a seguir apresentados.

GRILICHES em 1959(a), ao estudar a demanda de fertilizantes para os Estados Unidos, no período 1911-56, utilizou um modelo no qual a variável dependente (consumo de nutrientes de plantas) era uma função do preço real de fertilizantes, isto é, do preço unitário pago por nutrientes de plantas relativo aos preços dos produtos agrícolas, dos preços de outros fatores de produção e da quantidade consumida de nutrientes de plantas no ano anterior ao ano considerado. Seus objetivos eram:

a - analisar a demanda de fertilizantes, para todo os Estados Unidos, sobre todo o período;

b - analisar a demanda em nove regiões geográficas dos Estados Unidos, sobre todo o período;

c - analisar a demanda de fertilizantes pela cultura do algodão, no período 1922-53, para todo os Estados Unidos e para o Estado do Mississippi;

d - através de um corte seccional na série de tempo, estudar o uso de fertilizantes no ano de 1954, em 45 Estados norte-americanos.

Os resultados do estudo, indicaram que:

a - os preços pagos por outros fatores de produção, apresentaram alta significância na explicação da variação no uso de fertilizantes por acre cultivado com algodão;

b - a elasticidade-preço da demanda de fertilizantes na cultura de algodão foi menor que a elasticidade-preço da demanda de fertilizantes para todo os Estados Unidos, indicando que a fertilização na cultura de algodão é mais praticável que nas outras culturas;

c - o coeficiente de ajustamento para o algodão é mais alto que o das outras culturas, indicando que a cultura do algodão responde mais rapidamente a mudanças de preços;

d - as novas regiões americanas (Midwest e West) que utilizam fertilizantes apresentaram mais baixos coeficientes de ajustamento e

mais altas elasticidades-preço que as velhas regiões (South);

e - no estudo "cross-section" o preço da terra e o preço do trabalho, foram importantes para explicar a variação inter-estadual no uso de fertilizantes por acre cultivado, indicando que a terra é um substituto e trabalho um complemento para fertilizantes;

f - a elasticidade-preço estimada no modelo "cross-section", como era de se esperar, situou-se entre as elasticidades a curto e a longo prazos estimados nos modelos que abrangiam toda a série temporal;

g - a diferença encontrada entre as elasticidades-preço do total de fertilizantes usado no algodão e do fertilizante usado por acre cultivado com algodão, corresponde à elasticidade-preço de acres cultivados de algodão, ou melhor à elasticidade da oferta de acres de algodão.

GRILLICHES, em 1959(b), para uma análise da demanda de fertilizantes, durante o período 1931-56, utilizou como medida de consumo, os macronutrientes individuais ponderados pelos seus respectivos preços. Dividiu os Estados Unidos em nove regiões geográficas, para captar diferenças regionais no uso e na quantidade empregada dos três elementos (N, P e K). Os resultados indicaram substanciais diferenças regionais nas elasticidades-preço e nos coeficientes de ajustamento; todos os coeficientes de preço apresentaram o sinal esperado e foram todos maiores que os respectivos erros-padrão. Os coeficientes estimados foram também consistentes com as estimativas para os Estados Uni-

dos como um todo, derivadas de um estudo de dados 1911-56. Os coeficientes de ajustamento foram menos satisfatórios, e para muitas regiões foram muito mais baixos que os esperados. Esses baixos coeficientes de ajustamento foram devidos ao problema da multicolinearidade entre as variáveis. Durante o período o preço real caiu vagarosamente sobre o tempo, resultando numa inter-correlação negativa entre as variáveis dependentes e independentes. As diferenças entre os nove coeficientes de elasticidade e de ajustamento, foram explicadas pelo seguinte:

1 - regiões que utilizam fertilizantes a mais tempo, ajustam mais rapidamente seus consumos às mudanças de preços, isto é, apresentam coeficientes de ajustamento mais altos;

2 - a demanda para fertilizantes é mais elástica, no longo prazo, em regiões com baixos níveis de uso de fertilizantes. Um aumento no rendimento das culturas, seria muito mais expressivo nas variações da demanda, que uma variação nos preços reais; esse aumento de rendimento produzirá o mesmo efeito, que as variações de preços provocam nas áreas com alto nível de fertilização.

HEADY e YEH, em 1959, estudaram a demanda de fertilizantes comerciais e macronutrientes individuais, para todo os Estados Unidos e para determinadas regiões do mesmo país. Determinaram os coeficientes de elasticidade em relação a preço de fertilizantes, preço de produtos agrícolas, renda líquida da agricultura, área cultivada e tendência. Os modelos utilizados, para o período 1926-56, foram: Cobb-Da

glas, primeiras diferenças em logarítmos, forma linear e a forma quadrática. O modelo de Cobb-Douglas foi o que melhor se ajustou aos dados observados para explicar a demanda de fertilizantes comerciais para os Estados Unidos. Quanto aos macronutrientes (N, P e K) para todo o país, as melhores equações relacionaram a demanda com o índice de preços de fertilizantes, a renda recebida pelo agricultor, a área total cultivada e a tendência. Encontraram que os coeficientes de elasticidade-preço para os três macronutrientes são aproximadamente iguais, respectivamente para nitrogênio, fósforo e potássio, com os valores 0,449, 0,448 e 0,403; também que mudanças na renda dos agricultores, produzem o mesmo efeito relativo na demanda dos três elementos; somente em relação à área cultivada e a tendência é que os três elementos apresentaram comportamento diferente. Os relativamente mais altos valores dos coeficientes da variável tendência para nitrogênio e potássio, sugerem que a demanda para esses nutrientes tem crescido mais com o tempo, que no caso do fósforo e essa mudança no uso de nutrientes também é explicada pelo uso das "misturas agregadas" de fertilizantes através do tempo, pois em ordem N-P-K, a relação 0,41 - 1,00 - 0,41 em 1926, passou para 0,85 - 1,00 - 0,83 em 1956.

HSU, em 1972, estudou a demanda de fertilizantes em Taiwan, no período 1950-66, para a cultura do arroz. Considerou os elementos nobres separadamente e utilizou dois modelos: um que denominou de "tradicional" e outro de retardamentos distribuídos, semelhante ao modelo elaborado por Griliches, em 1958. Para o nitrogênio, o fósforo e o potássio, os modelos econométricos foram:



$$N_t = a_0 + a_1 (P_N/P_r)_t + a_2 Y_{t-1} + a_3 T + e_t$$

$$N_t = a_0 b + a_1 b (P_N/P_r)_t + (1 - b) N_{t-1} + be_t$$

$$P_t = a_0 + a_1 N_t + a_2 (P_p/P_r)_t + a_3 (P_p/P_N)_t + a_4 T + a_5 Y_{t-1} + e_t$$

$$P_t = a_0 b + a_1 b N_t + a_2 b (P_p/P_r)_t + a_3 b (P_p/P_N)_t + (1 - b) P_{t-1} + be_t$$

$$K_t = a_0 + a_1 (P_k/P_r)_t + a_2 Y_{t-1} + a_3 T + e_t$$

$$K_t = a_0 b + a_1 b (P_k/P_r)_t + (1 - b) K_{t-1} + be_t$$

onde: N = quantidade de nitrogênio usada por hectare, em quilogramas;

P = quantidade de fósforo usada por hectare, em quilogramas;

K = quantidade de potássio usada por hectare, em quilogramas;

$N_{t-1}$ ,  $P_{t-1}$  e  $K_{t-1}$  = o mesmo que N, P e K defasadas;

$P_N/P_r$  = preço do nitrogênio relativo ao preço do arroz;

$P_p/P_r$  = preço do fósforo relativo ao preço do arroz;

$P_k/P_r$  = preço do potássio relativo ao preço do arroz;

$P_p/P_N$  = preço do fósforo relativo ao preço do nitrogênio;

$Y_{t-1}$  = rendimento da cultura do arroz, defasado de 1 ano;

T = tendência;

e = termo de erro.

Para o nitrogênio, o modelo de ajustamentos retardados apresentou melhores resultados. O coeficiente de ajustamento foi da ordem de 0,683 e as elasticidades a curto e a longo prazos foram respectivamente - 2,027 e -2,967.

Para o fósforo, o coeficiente de  $P_p/P_r$ , foi positivo em todas as equações, e para isto não se encontrou nenhuma justificativa teórica. O coeficiente de  $P_p/P_N$  foi negativo em todos os casos, e isto sugere que existe algum grau de substituição entre nitrogênio e fósforo de acordo com mudanças em seus preços. O coeficiente de variável tendência foi altamente significativo no modelo tradicional, indicando que a demanda de fósforo é primeiramente influenciada pelo tempo e não pelo seu preço relativo.

Para o potássio, também o coeficiente de  $P_k/P_r$  não foi significativo, indicando que o preço relativo do potássio não é muito importante, embora no modelo de retardamentos apresente sinal negativo. A variável tendência foi muito importante em todas as equações, mais ainda que no caso do fósforo.

De uma maneira geral, concluiu que o preço do fertilizante é importante na demanda do nitrogênio, mas não na demanda de fósforo e potássio. A demanda desses últimos é determinada mais por um processo de aprendizagem de uso desses elementos do que por seus preços.

CIBANTOS, 1972, analisou a demanda de fertilizantes no Estado de São Paulo, utilizando séries cronológicas que abrangiam o período 1948-71. Além do período completo (1949-71), analisou também os

seguintes sub-períodos: 1949-71 (exclusive 1961-65), 1949-60 e 1966-71; essa divisão em sub-períodos foi feita, devido a uma variação observada entre os preços e quantidades de fertilizantes, no sub-período 1961-65, com características distintas da tendência normal. Os modelos econométricos utilizados, pelo autor, foram os já citados anteriormente, isto é, modelos de Griliches e Hsu. O modelo de ajustamento retardado foi o que melhor ajustou-se para a estimativa da demanda de fertilizantes no Estado de São Paulo, relativamente ao modelo tradicional. Os resultados a que chegou com a pesquisa foram os seguintes:

a - no período completo (1949-71), a elasticidade da demanda para fertilizantes em relação ao preço real dos mesmos é - 0,25 a curto prazo e - 2,48 a longo prazo, isto é, a demanda de fertilizantes no Estado de São Paulo é relativamente inelástica a curto prazo e relativamente elástica a longo prazo. O coeficiente de ajustamento encontrado, com o valor 0,10, sugere que aproximadamente 10% do desequilíbrio entre o consumo atual e o consumo desejado de fertilizantes, a longo prazo, é eliminado em um ano;

b - no sub-período 1949-71 (exclusive 1961-65), os valores estimados para o coeficiente de preço, tanto a curto como a longo prazo, estão próximos dos valores observados no período completo, embora a significância estatística da variável preço de fertilizantes tenha sido muito baixa;

c - no sub-período 1949-60, os coeficientes de elasticidade-preço da demanda de fertilizantes foram - 0,61 e - 1,74, respectivamente a curto e a longo prazos. O coeficiente de ajustamento foi de 0,35 indicando um ajustamento mais rápido do consumo, que o observado no período completo;

d - no sub-período 1966-71, os coeficientes de elasticidade-preço encontrados sugerem que a elasticidade da demanda de fertilizantes no Estado de São Paulo é relativamente elástica tanto a curto como a longo prazos, com valores respectivos de - 1,60 e - 4,85. O coeficiente de ajustamento foi de 0,33 e os resultados encontrados foram todos estatisticamente significantes a níveis inferiores a 5%.

De um modo geral, concluiu que a demanda de fertilizantes é relativamente inelástica a curto prazo e relativamente elástica a longo prazo e que em relação aos preços reais ela se tornou mais elástica.

SEITEC PROJETOS E DESENVOLVIMENTO S.C. LTDA., em 1973, realizou um trabalho sobre os fertilizantes, intitulado Estudo Nacional de Fertilizantes. Este trabalho engloba uma série de estudos setoriais quanto à existência de recursos naturais como insumos à indústria de fertilizantes, aspectos agronômicos quanto à fertilidade, motivação do agricultor para adquirir adubos, tecnologia de produção internacionais e nacionais visando a evolução e produção de fertilizantes no Brasil, mercados nacional e internacional de fertilizantes para a determinação da oferta e demanda dos produtos e comercialização

de adubos e sistema de informações permanentes para o setor. Elaborou uma metodologia para a programação da expansão da produção e consumo, fundamentando-se num nível de aplicação de 80 kg/ha de NPK para o Brasil, em 1980. Estabeleceu uma relação entre consumo de fertilizantes e renda agrícola, onde

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

sendo, C = consumo aparente;

A = área cultivada;

Y = produto bruto da agricultura.

Os coeficientes para a área cultivada, nos modelos ajustados, não foram estatisticamente relevantes para a explicação do consumo, daí utilizar para as projeções do consumo futuro de fertilizantes, os coeficientes do produto bruto da agricultura, isto é, as elasticidades-renda, que foram altamente significativas. Para o consumo total brasileiro, as elasticidades-renda do consumo aparente de fertilizantes encontradas 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 a seguinte função:

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

onde:  $C_{jt}$  = consumo na região j, no ano t;

$Y_{jt}$  = produto bruto da agricultura na região  $j$ , no ano  $t$ ;

$A_{jt}$  = área cultivada na região  $j$ , no ano  $t$ ;

$D_1$  e  $D_2$  = variáveis "dummy" para captar diferenças regionais do consumo médio de fertilizantes, com valores:

$$D_1 = \begin{cases} 1 & \text{para a região Centro} \\ 0 & \text{para as regiões Norte e Sul} \end{cases}$$

$$D_2 = \begin{cases} 1 & \text{para a região Sul} \\ 0 & \text{para as regiões Norte e Centro} \end{cases}$$

$D_1 Y_{jt}$ ,  $D_1 A_{jt}$ ,  $D_2 Y_{jt}$ ,  $D_2 A_{jt}$  = variáveis "dummy" para captar as diferenças na taxa de crescimento do consumo de fertilizantes entre as regiões.

Dos resultados obtidos chegou-se a:

1 - as respostas do consumo de fertilizantes em relação a variações na renda, são altamente sensíveis, pois dada uma variação de 1,0% na renda, o consumo de NPK variará em torno de 1,6%, o de nitrogênio 1,9%, o de fósforo 1,2% e o de potássio 1,8%;

2 - com exceção dos fertilizantes fosfatados, o coeficiente da variável área cultivada apresentou razoável significância estatística,

mostrando que a uma dada variação na área cultivada, os agricultores utilizam maior quantidade de fertilizantes;

3 - a diferença na taxa de crescimento do consumo de fertilizantes da região Centro com relação às regiões Norte e Sul, deve-se exclusivamente às 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.

A estimativa da elasticidade-preço da demanda foi obtida através a função:

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

onde,  $q_t$  = quantidade demandada no ano  $t$ ;

$pr$  = preço do fertilizante relativo ao preço recebido pelo agricultor;

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

Para a região Centro, os coeficientes de elasticidade-preço encontrados foram - 0,45 para o sulfato de amônia e - 1,31 para o cloreto de potássio, indicando que a um aumento de 1% no preço relativo, a demanda cairá de 0,45% para o sulfato e de 1,31% para o cloreto. O coeficiente da variável quantidade demandada no ano  $t - 1$ , foi significativo, tanto para o sulfato como para o cloreto, mostrando que a demanda desses produtos sofre influência do nível de consumo verificado no passado.

Foi também estimada uma elasticidade-preço da demanda de fórmulas, ajustando-se a função:

$$q = \alpha (P_f/P_p)^\beta \cdot e^\mu \quad ,$$

onde,  $q$  = quantidade de adubos por hectare e por cultura;

$P_f/P_p$  = relativo de preços, sendo  $P_f$  o preço pago pelos agricultores pelas fórmulas e  $P_p$  o preço do produto agrícola;

$\mu$  = componente aleatória.

Do ajustamento dessa função concluiu que a uma dada elevação na relação preço do fertilizante - preço do produto agrícola de 1,0%, a utilização de adubos por parte dos agricultores decrescerá aproximadamente em 0,53%.



CAPÍTULO IV  
MATERIAL E MÉTODOS

1. Fundamentação Teórica

Neste tópico, pretendemos apresentar os conceitos básicos da teoria da demanda, sobre a qual se baseia o presente trabalho.

A demanda para um fator de produção é derivada da demanda pelo produto onde se utiliza esse fator. Assim, conhecendo-se as condições de produção, as estruturas dos mercados dos outros insumos e do mercado do produto é possível chegar-se à derivação teórica da demanda de um determinado fator de produção.

A lei da demanda pode ser enunciada como: "mantendo-se constante os demais fatores, há uma relação inversa entre preços e quantidades demandadas de uma mercadoria".

A curva de procura do consumidor para uma determinada mercadoria mostrará as diferentes quantidades que ele comprará aos diferentes preços, considerando-se invariáveis os demais fatores envolvidos. Ela é um limite de condição; é um conceito de máximo, pois a dados preços só se pode obter quantidades menores que as mostradas na curva de procura; é uma curva contínua, pois uma fração de qualquer coisa pode ser adquirida, desde que a unidade de tempo seja corretamente escolhida.<sup>8/</sup>

A curva de procura do mercado para um bem qualquer se compõe da somatória das curvas dos consumidores individuais para essa mercadoria.

Matematicamente, a função de procura pode ser expressa como:

$$Q_{dA} = f(P_A, \bar{P}_B, \dots, \bar{P}_Z, \bar{I}, \bar{T}, \bar{W}) ,$$

onde:  $Q_{dA}$  = quantidade procurada da mercadoria A, por unidade de tempo;

$P_A$  = preço de A;

$P_B, \dots, P_Z$  = preços de outras mercadorias;

$I$  = renda;

$T$  = gostos;

$W$  = riqueza;

---

<sup>8/</sup> Bilas, Richard A. - Teoria Microeconômica. Rio de Janeiro: Companhia Editora Forense, 1970, pp. 24-29.

e onde a barra indica que a variável é mantida constante. Assim:

$$Q_{dA} = f(P_A) \text{ "coeteris paribus"}^{\underline{9/}}$$

Sempre que uma ou mais condições "coeteris paribus" variam, a curva da procura desloca-se, e tem-se então uma variação da procura ou deslocamento da procura. Uma variação na quantidade demandada devida a uma variação no preço, conduz a um movimento na mesma curva de procura; essa variação é medida através do conceito de elasticidade.

O coeficiente de elasticidade é definido como a variação percentual na variável dependente dividida pela variação percentual na variável independente. Assim, o coeficiente de elasticidade-preço da procura é definido como a variação percentual na quantidade procurada dividida pela variação percentual no preço, a quantidade procurada sendo a variável dependente.

Em termos de cálculo, se a função de demanda é dada, a elasticidade pode ser definida como:

$$e_p = \frac{p}{x} \cdot \frac{dx}{dp} ,$$

onde,  $e_p$  = coeficiente de elasticidade-preço da demanda;

$x$  = quantidade comprada da mercadoria na unidade de tempo;

---

9/ Bilas, Richard A. - Teoria Microeconômica. Rio de Janeiro: Companhia Editora Forense, 1970, pp. 24-29.

$dx$  = variação infinitesimal na quantidade comprada da mercadoria;

$p$  = preço da mercadoria;

$dp$  = variação infinitesimal no preço da mercadoria.

A elasticidade-preço da demanda nos dá uma base conveniente para comparar as respostas do consumidor a mudanças de preços em diferentes mercados de produtos, mesmo que as unidades de medida possam variar entre produtos.

De acordo com o valor absoluto de seu coeficiente, a elasticidade-preço da demanda é considerada como:

1 - elástica, quando  $\infty > ep > 1$

2 - unitária, quando  $ep = 1$

3 - inelástica, quando  $1 > ep > 0$

Considerando o dispêndio total como o preço multiplicado pela quantidade, há uma importante relação entre ele e a elasticidade-preço da procura. Assim, na região elástica da curva da procura, o dispêndio total aumenta quando o preço cai e diminui quando o preço sobe; na região inelástica, o dispêndio total diminui quando o preço cai e aumenta quando o preço sobe. Quando no ponto de elasticidade unitária, o dispêndio total não varia, devendo então atingir o máximo.<sup>10/</sup>

---

<sup>10/</sup> Bilas, Richard A. - Teoria Microeconômica. Rio de Janeiro: Companhia Editora Forense, 1970, pp. 24-29.

## 2. 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, teremos:

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

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 multiplicativo.

A transformação duplo-log é comumente empregada porque permite assumir uma elasticidade constante entre Y e X, e a simples aplicação de métodos lineares para os logarítmos das variáveis produzem diretamente a estimativa de tal elasticidade.<sup>11/</sup>

---

<sup>11/</sup> Johnston, J. - *Econometric Methods*, New York: McGraw Hill Book Company, 1972 (2ª edição em inglês) p. 51.

No estabelecimento de um modelo de regressão linear, pressupõe-se que:<sup>12/</sup>

- a - a relação entre  $\log X_j$  e  $\log Y$  é linear;
- b - os valores de  $X$  são fixos, isto é,  $X$  não é uma variável aleatória;
- c - a média do erro é nula, isto é,  $E(e_i) = 0$ , sendo  $e_i = \log E_i$ ;
- d - para qualquer valor de  $X$  a variância do erro  $e$  é sempre  $\sigma^2$ , denominada variância residual, isto é,

$$E(e_i^2) = \sigma^2$$

ou

$$E \left[ Y_i - E(Y_i/X_i) \right]^2 = \sigma^2 \quad ;$$

e -  $E(e_i e_j) = 0$  para  $i \neq j$ , isto é, o erro de uma observação é independente do erro em outra observação. Essa premissa é frequentemente violada quando se trabalha com séries cronológicas;

f - o número de observações é maior que o número de parâmetros na equação de regressão;

g - os erros tem distribuição normal

---

<sup>12/</sup> Hoffmann, Rodolfo - Análise de Regressão - Uma Introdução à Econometria, parte I. Piracicaba, ESALQ-USP, Departamento de Ciências Sociais Aplicadas. Série Didática nº 30, pp. 5-6.

$$e_i \sim N(0, \sigma^2)$$

Baseando-se em trabalhos de Griliches e de Hsu, e pelos resultados obtidos por Cibantos, adotamos dois modelos para analisar a demanda de nutrientes de plantas (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O) no Estado de São Paulo, modelos esses denominados de "tradicional" e de "defasagens distribuídas".

Tomando-se letras minúsculas para representar os logaritmos das variáveis, o modelo "tradicional" cuja denominação é devida a Hsu, pode ser representado do seguinte modo:

$$y_t = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n + e_t \quad ,$$

onde,  $Y_t$  = consumo aparente ou demanda aparente de N ou P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O;

$X_1, X_2, \dots, X_n$  = variáveis explicativas de  $Y_t$ ;

$E$  = erro aleatório.

Retardamentos ou defasagens distribuídos surgem na teoria quando alguma causa econômica (por exemplo, uma mudança no preço) produz seu efeito (por exemplo, na quantidade demandada de um bem), não imediatamente, mas gradualmente, de maneira que o efeito completo só se faz sentir depois que um período de tempo tenha passado, período esse, às vezes bastante considerável.

A utilização de modelos de defasagens distribuídas em análises empíricas é relativamente antiga. Segundo Griliches, esse método

do origina-se em trabalhos de Cagan, Friedman, Koych e Nerlove. O modelo consiste em duas partes: uma função de demanda e uma equação de ajustamento.

A função de demanda determina o uso de fertilizantes desejado, isto é, o equilíbrio do nível de uso a longo prazo. A equação de ajustamento admite que o agricultor se move na direção de eliminar o desequilíbrio entre o nível de uso atual e o nível de uso desejado a longo prazo.

Novamente, utilizando-se letras minúsculas para representar os logaritmos das variáveis, teremos:

$$y_t^* = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots + a_nx_n + \mu_t \quad (\text{I})$$

onde  $Y^*$  = consumo desejado ou de equilíbrio a longo prazo;

$X_1$  = preço médio real do elemento fertilizante;

$X_2, X_3, \dots, X_n$  = variáveis que afetam o consumo do fertilizante, independentemente do seu preço;

$\mu$  = termo de erro.

Sendo  $Y_t^*$  o consumo de fertilizante desejado, o modelo de Nerlove supõe que a variação efetiva que ocorre entre dois períodos é uma proporção da diferença entre o nível desejado no período  $t$  e o nível efetivo que prevaleceu no período precedente,  $t - 1$ . Assim:

$$y_t - y_{t-1} = b(y_t^* - y_{t-1}) \quad (\text{II})$$



onde,  $Y_t$  = consumo atual ou observado de adubos no ano considerado;

$Y_{t-1}$  = consumo observado no ano anterior;

$b$  = coeficiente de ajustamento.

Convertendo-se em unidades originais, a mudança percentual no consumo atual é uma função potência da diferença percentual entre o consumo desejado e o atual, isto é,

$$Y_t/Y_{t-1} = (Y_t^*/Y_{t-1})^b \quad .$$

Este modelo de ajustamento de percentagens difere-se do modelo de ajustamento linear (II), pois ele assume que a fração de desequilíbrio que é eliminada é menor quanto maior o desequilíbrio.

Uma equação como a (II) não pode ser estimada, pois o consumo de equilíbrio a longo prazo não pode ser observado. Pela substituição de (I) em (II), tem-se a equação a ser estimada, pois todas as variáveis que a compõem são observáveis. Logo,

$$y_t - y_{t-1} = b \left[ (a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + \mu_t) - y_{t-1} \right]$$

$$y_t - y_{t-1} = ba_0 + ba_1x_1 + ba_2x_2 + \dots + ba_nx_n + b\mu_t - by_{t-1}$$

$$y_t = ba_0 + ba_1x_1 + ba_2x_2 + \dots + ba_nx_n + b\mu_t - by_{t-1} - y_{t-1}$$

$$y_t = ba_0 + ba_1x_1 + ba_2x_2 + \dots + ba_nx_n + (1 - b)y_{t-1} + b\mu_t$$

O coeficiente de ajustamento (b) é a parcela de desequilíbrío entre o consumo atual e o consumo planejado a longo prazo que é eliminado em um ano. É obtido pela subtração do coeficiente de regressão de  $y_{t-1}$  da unidade. Quanto mais próximo estiver de um, mais rápida será a convergência para o equilíbrio. No caso particular em que  $b = 1$ , o ajustamento é instantâneo, isto é, verifica-se integralmente dentro de um ano, e as demandas de curto e de longo prazo coincidem.<sup>13/</sup>

Os coeficientes (ou elasticidades, no caso em que as variáveis se apresentem em forma logarítmica) da equação de demanda a longo prazo, são obtidos através a divisão dos coeficientes de curto prazo pelo coeficiente de ajustamento, já que este relaciona as elasticidades a curto e a longo prazos.

O ajustamento das equações estimativas da regressão múltipla será feito através a utilização do método dos quadrados mínimos.<sup>14/</sup> Da aplicação deste método, serão estimados 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;

---

<sup>13/</sup> O modelo "tradicional", situa-se neste caso, pois pressupõe-se que o consumo se ajusta instantaneamente.

<sup>14/</sup> Sobre método dos quadrados mínimos, consultar Johnston, J., op. cit., pp. 8-43 e 123-169.

b - os coeficientes de regressão parcial ( $\hat{b}_{ij}$ ) das variáveis independentes consideradas, onde  $i$  está associado à cada variável dependente e  $j$  à respectiva variável independente. A hipótese de nulidade, isto é,  $b_{ij} = 0$ , será testada pelo teste "t" de Student.

As estimativas dos coeficientes obtidos através esse método são estatisticamente consistentes e não viciadas.<sup>15/</sup>

Para testar a hipótese da ausência de correlação serial nos resíduos calculados utilizar-se-á estatística "d" de Durbin-Watson <sup>16/</sup> e o teste da sequência de sinais. Embora o teste de Durbin-Watson não deva ser aplicado à equações contendo valores retardados da variável dependente entre as variáveis explicativas, nesse trabalho ele é utilizado devido à inexistência de outro melhor.

Os dados originais foram processados na Unidade de Processamento de Dados do Instituto de Pesquisas Econômicas da Universidade de São Paulo.

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

- a - consistência dos resultados com a teoria da demanda;
- b - significância estatística dos coeficientes de regressão;

---

<sup>15/</sup> Nerlove, Marc - "Distributed Lags and Demand Analysis for Agricultural and Other Commodities". Washington: United States Department of Agriculture, 1958, p. 77.

<sup>16/</sup> Ver J. Johnston, op. cit., pp. 249-252.

c - valor dos coeficientes de correlação entre as variáveis independentes;

d - magnitude do coeficiente de determinação.

### 3. Variáveis: Definição e Fontes

#### 3.1 - Consumo Aparente de Fertilizantes

Mede-se o uso de fertilizantes pelas quantidades de nutrientes de plantas que eles contém, e não pelo peso total de todos os fertilizantes consumidos. Como os três principais nutrientes de plantas são usados em diferentes proporções, e suas taxas de variação de consumo diferem-se entre si com o passar do tempo, as quantidades consumidas desses três nutrientes serão medidas separadamente.

Considera-se o consumo aparente, pois a inexistência de estatísticas sobre estoques impediu a correção desses dados para eliminar certas tendenciosidades da série.

Assim, esta variável será expressa da seguinte maneira, em mil toneladas por ano:

$N_t$  = consumo total aparente de N utilizado na Agricultura Paulista;

$P_t$  = consumo total aparente de  $P_2O_5$  utilizado na Agricultura Paulista;

$K_t$  = consumo total aparente de  $K_2O$  utilizado na Agricultura Paulista.

As informações sobre essa variável foram obtidas junto à Associação Nacional de Difusão de Adubos.

### 3.2 - Consumo Aparente de Fertilizantes, Defasado de um Ano

Corresponde à variável anterior, medida com um retardamento, que no nosso caso é de um ano.

### 3.3 - Preços de Fertilizantes

O preço dos fertilizantes é um dos elementos de maior peso sobre as decisões dos agricultores para iniciar ou intensificar o seu emprego. Assim, ele é considerado uma das principais variáveis que determinam o volume de fertilizantes comprado pelos agricultores. É considerado uma variável exógena, pois é determinado por fatores externos ao modelo, sendo pré-determinado pelas firmas que operam no mercado de fertilizantes.

Para se chegar aos preços dos nutrientes, utilizou-se a série de preços pagos por fertilizantes, referentes a preços de venda na cidade de São Paulo, obtida junto ao Instituto de Economia Agrícola. Os fertilizantes considerados para a construção da série de preços de N, de  $P_2O_5$  e de  $K_2O$  são os seguintes:

Nitrogenados:	salitre do Chile
	sulfato de amônia
	nitrocálcio
Fosfatados:	super-fosfato simples
	super-fosfato triplo
Potássicos:	cloreto de potássio .

Através de ponderações, relativas a cada fertilizante, obteve-se a série de índices de preços dos nutrientes. A base de comparação utilizada foi o período 1962-66 = 100, e os índices foram corrigidos pelo "índice 2" da Conjuntura Econômica e expressam valores de 1971.

#### 3.4 - Área Cultivada

Admite-se para o Estado de São Paulo, que variações na extensão da área cultivada estão diretamente ligados ao consumo de fertilizantes.

Para a análise, considerou-se a área cultivada referente às dezesseis principais culturas do Estado, a saber: algodão, laranja, batata, tomate, soja, cana-de-açúcar, café, milho, amendoim, mandioca, cebola, banana, chá, feijão, arroz e mamona.

A série de dados foi obtida junto ao Instituto de Economia Agrícola, está expressa em números índices, tendo como base o período 1962-66 = 100.

### 3.5 - Rendimento Físico Médio

Esta variável deve estar também diretamente relacionada à quantidade demandada de fertilizantes, pois admite-se que o bom rendimento da produção agrícola do ano anterior, incentiva o agricultor a utilizar os fertilizantes.

Assim como a área cultivada, o rendimento físico médio foi considerado em números índices e referentes às 16 principais culturas do Estado. Foram obtidos pelo método de Paasche, ponderando-se o índice de rendimento de cada produto pela respectiva área cultivada de cada ano. Têm como base o período 1962-66 = 100. Também foram obtidos junto ao Instituto de Economia Agrícola.

### 3.6 - Preços Recebidos pelos Produtos Agrícolas

Os preços dos produtos agrícolas vigentes no ano anterior influenciam diretamente o consumo de fertilizantes no ano seguinte, pois quanto melhor o preço recebido pelo produtor, mais propenso ele deve estar a utilizar adubos. Assim, a relação preço de produto agrícola e preço de fertilizantes, estimula ou desestimula o agricultor para a compra de fertilizantes.

Esses preços pertencem aos 16 principais produtos ou culturas do Estado. Estão na forma de índices, obtidos pelo método de Laspeyres, com base de ponderação e comparação no período 1962-66 = 100 e corrigidos pelo "índice 2" da Conjuntura, expressando valores

de Cr\$ 1971. Foram fornecidos pelo Instituto de Economia Agrícola.

### 3.7 - Preços Pagos por Insumos Agrícolas, exceto Fertilizantes

Esta variável foi incluída, pois sabemos que a melhoria da produtividade devida a outros fatores de produção, deve estimular direta ou indiretamente o uso de fertilizantes.

A série de preços pagos foi derivada da série de preços pagos pela Agricultura Paulista, que representa 53,70% do dispêndio do agricultor. Desses 53,70%, 3,62% são gastos com fertilizantes e os 50,08% restantes, gastos com máquinas e equipamentos, inseticidas e fungicidas, vacinas e medicamentos, combustíveis e lubrificantes, utensílios e ferramentas, construções e reparos, serviços comprados, alimentos de origem vegetal e animais de trabalho e produção. Os números índices relativos a essa série de preços, têm também como base comparativa o período 1962-66 = 100 e foram também corrigidos pelo "índice 2" expressando valores de 1971. A fonte de tais dados é o Instituto de Economia Agrícola.

### 3.8 - Crédito

Junto aos preços de fertilizantes, destaca-se o papel do crédito para a aquisição de fertilizantes, pois devido aos seus altos preços, o emprego de adubos representa uma fração importante dentro dos custos de produção dos agricultores que os utilizam; assim



um apoio financeiro por parte das entidades competentes, encoraja o produtor rural a comprar fertilizantes.

Esta possível influência será medida com o auxílio de uma variável binária para levar em conta os deslocamentos da demanda que ocorreram durante os sete anos da série em que se está usando o crédito para a compra de fertilizantes. Ela assume os seguintes valores:

0 — para o período 1948-65, em que se verifica a ausência do sistema creditício;

1 — para o período 1966-72, período de funcionamento do sistema.

Com estes valores, esta variável capta possíveis diferenças entre os dois períodos.

### 3.9 - Tendência

Incluiu-se esta variável com o fim de englobar as mudanças tecnológicas ocorridas na Agricultura Paulista, no período em análise. Inicia-se com 1948 = 0, e representa a sequência anual da série de dados.

Em modelos de defasagens distribuídas, a tendência age no sentido de reduzir o vies introduzido pela variável dependente retardada.<sup>17/</sup>

---

<sup>17/</sup> Brandow, George E., "A Note on The Nerlove Estimate of Supply Elasticity", J. Farm Economics 40: 719-722, Ang. 1958 e Halvorson, H.W., "The Response of Milk Production to Price, J.F. Econ. 41: 632-640, Sug. 1959.

CAPÍTULO V  
ANÁLISE DOS RESULTADOS

1. Introdução

Para o estudo da demanda de elementos fertilizantes no Estado de São Paulo, vários modelos incluindo diversas variáveis foram testados.

Em relação aos deflatores utilizados na pesquisa, deve-se considerar que nem os índices de preços recebidos pelos produtos agrícolas e nem os índices de preços pagos pela Agricultura Paulista, forneceram melhores resultados que o "índice 2" da Conjuntura Econômica.

Quanto à variável dependente, testada como uma relação entre consumo de nutrientes de plantas e área total cultivada, somente para o fósforo é que obtivemos bons resultados. Para o nitrogênio e para o potássio os resultados analíticos foram razoáveis. Algumas equações contendo essa

variável encontram-se no Apêndice 3.

A variável "dummy" utilizada para a determinação de uma mudança estrutural da função de demanda ao longo do período analisado, fez com que os resultados das equações em que ela está contida fossem melhores que aqueles das equações em que era omitida.

As matrizes de correlação simples, logarítmica entre as variáveis testadas para explicar a demanda, encontram-se no Apêndice 2. Algumas equações ajustadas, e que podem ser consideradas como equações alternativas da presente análise podem ser encontradas no Apêndice 2.

A seguir, as equações selecionadas são apresentadas e analisadas, explicando desse modo a demanda de nutrientes de plantas no Estado de São Paulo.

## 2. Equações Selecionadas para Explicar a Demanda de Nitrogênio.

As equações I e II, pertencentes aos modelos "tradicional" e de retardamentos distribuídos, respectivamente, foram as que melhor explicaram a demanda desse elemento no Estado de São Paulo, durante o período em análise.

Em relação aos valores do teste "F", ambas as equações apresentaram coeficientes de correlação múltipla ( $R^2$ ) estatisticamente significantes aos níveis de 0,5% (equação I) e de 0,1% (equação II), podendo-se portanto rejeitar a hipótese nula de que os dados ob-

servados não se ajustam ao modelo. As regressões, são, portanto, consideradas significativas.

As variáveis independentes incluídas nessas equações apresentaram os sinais dos coeficientes condizentes com a teoria econômica, isto é, todos os coeficientes apresentaram os sinais esperados. A Tabela 7, a seguir, apresenta as características dessas regressões.

Na equação I, todas as variáveis apresentaram poder explicativo bastante altos, com exceção da variável  $P_{pg}$  (preços pagos por insumos agrícolas, exclusive fertilizantes).

A variável D — variável auxiliar para captar a influência do crédito — foi significativa ao nível de 0,5% de probabilidade, indicando que o crédito é uma variável das mais importantes para explicar a demanda de nitrogênio. Através dela foi medido o deslocamento da função, para cima, a partir de 1966. Assim a intersecção da função que no período em que não se dispunha do crédito para a compra de fertilizantes (1948-65) apresentou um coeficiente da ordem de - 4,6711, enquanto que de 1966 para cá esse coeficiente passou para - 4,3606.

A variável  $P_N$  — preço médio real do nitrogênio — apresentou coeficiente significativo ao nível de 5%, sugerindo que um decréscimo de 10% no preço real desse elemento, ocasionaria um aumento no seu consumo por parte dos agricultores da ordem de 6,7%. Portanto a elasticidade-preço do nitrogênio, a curto prazo é - 0,6747.

Tabela 7 - Resultados da Análise de Regressão Múltipla: Demanda de Ni trogênio no Estado de São Paulo, 1948-72.

Equação I (em log)

$$N_t = - 4,6711 - 0,6747 P_N^{****} + 1,0173 P_{pg}^{**} + 2,5015 A^{***} + 0,3105 D^{+++} +$$

(-1,8159)                      (0,9221)                      (1,5469)                      (3,7116)

$$+ 0,4526 T^+$$

(2,3298)

$R^2 = 0,9202$

$DW = 1,6452$

$F = 41,535^{+++}$

Equação II (em log)

$$N_t = - 0,4079 - 0,4775 P_N^{***} + 0,8981 A^* + 0,1279 D^{***} + 0,5718 N_{t-1}^{+++} +$$

(-1,5011)                      (0,6176)                      (1,5264)                      (2,9201)

$$+ 0,1897 T^{**}$$

(1,0794)

$R^2 = 0,9433$

$DW = 2,8248$

$F = 59,917^{++}$

Variáveis

$N_t$  = consumo aparente de nitrogênio;

$P_N$  = preço médio real de nitrogênio;

$P_{pg}$  = índice geral de preços pagos por insumos agrícolas, exclusive fertilizantes;

$A$  = área cultivada (16 produtos);

$D$  = variável auxiliar;

$N_{t-1}$  = o mesmo que  $N_t$ , retardado de um ano;

$T$  = tendência.

Níveis de significância: \* para 30%; \*\* para 20%; \*\*\* para 10%; \*\*\*\* para 5%; + para 2,5%; ++ para 1%; +++ para 0,5% ou menos.

As variáveis A — área cultivada — e T — tendência — apresentaram significância estatística de 10% e 2,5% respectivamente, e um coeficiente de correlação simples da ordem de 0,82. Embora relativamente alto esse  $r_{A.T}$ , as variáveis permaneceram na equação, pois ambas são consideradas relevantes para o modelo, e  $r_{A.T} < R$  (coeficiente de correlação múltipla da regressão). Essa decisão foi tomada, levando-se em consideração a abordagem de Klein <sup>18/</sup> sobre o problema da multicolinearidade.

O teste de Durbin-Watson, detectou a ausência de autocorrelação serial a um nível de 1%. Ao mesmo, chegou o teste da sequência de sinais.

Na equação II, todos os coeficientes apresentaram significância estatística aos níveis usuais. Embora as variáveis T,  $N_{t-1}$  e A apresentassem valores altos para seus coeficientes de correlação simples, permaneceram na equação, pois novamente aqui adotou-se o critério de Klein.

A significância da variável auxiliar, nos permite deduzir que há uma diferença no consumo do nitrogênio, entre o período em que não se dispunha de crédito e o período em que sua utilização se fez sentir.

A elasticidade-preço do N, a curto prazo, apresenta um valor de - 0,4775, indicando que a um decréscimo de 10% no preço desse elemento, os agricultores respondem com um aumento na quantidade con

---

<sup>18/</sup> Klein, Lawrence, R. - An Introduction to Econometrics. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, Inc., 1962, p. 64 e p. 101.

sumida da ordem de 4,78% aproximadamente.

O coeficiente da variável consumo retardado é 0,5718 e o coeficiente de ajustamento é 0,43, aproximadamente, sugerindo que 43% das diferenças entre consumo e equilíbrio a longo prazo são eliminados em um ano. A elasticidade-preço a longo prazo é - 1,1151, mostrando que "coeteris paribus", um decréscimo de 10% no preço do nitrogênio, em dado ano, estaria associado a um aumento de 11,15% no seu consumo.

O teste de Durbin-Watson, aplicado a essa regressão mostrou-se inconclusivo quanto à ausência de autocorrelação, enquanto que o teste de sequência de sinais, indicou a ausência de autocorrelação serial estatisticamente significativa nos resíduos calculados.

Dos resultados econômicos obtidos através dessas equações, pode-se inferir que o consumo de nitrogênio pelos agricultores paulistas é afetado pelas variáveis: consumo do ano anterior, preço do elemento, crédito, tendência, área cultivada e preço de outros insumos agrícolas.

Outras variáveis foram testadas, mas os resultados obtidos não foram melhores que os aqui apresentados.

### 3. Equações Seleccionadas para Explicar a Demanda de Fósforo

A Tabela 8, apresenta as duas melhores equações explicativas da demanda desse elemento no Estado de São Paulo. A equação I, pertence ao modelo "tradicional" e a equação II, ao modelo de ajustamentos retardados.

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi de 0,8372, para a equação I, o que significa dizer que as variáveis independentes na equação estariam explicando 84% da variação na quantidade demandada de fósforo. Os valores obtidos para o teste "t" demonstram que o coeficiente de regressão da variável preço médio real de  $P_2O_5$  é estatisticamente significativa ao nível de 20% de probabilidade; o de área cultivada ao nível de 0,05%; o de rendimento físico médio ao nível de 30% e o da variável binária ao nível de 0,05%. A única variável que se apresentou com sinal contrário ao esperado, foi a variável rendimento físico médio, e para essa inversão, teoricamente, não há uma justificativa.

A análise de variância da regressão múltipla ( $F = 24,432$ ), demonstrou que o coeficiente de correlação múltipla é diferente de zero ao nível de 1% de probabilidade.

Os resultados dessa equação sugerem que "coeteris paribus", uma diminuição de 10% no preço do fósforo, em dado ano, estaria associado a um aumento de 4,25% no seu consumo. Portanto, a elasticidade-preço para esse elemento a curto prazo é - 0,425.



Tabela 8 - Resultados da Análise de Regressão Múltipla: Demanda de Fósforo no Estado de São Paulo, 1948-72.

Equação I (em log).

$$P_t = - 6,4677 - 0,4253 P_p^{**} + 5,2004 A^{+++} - 0,6245 R^* + 0,3300 D^{+++}$$

(-1,1745)
(6,5162)
(-1,1122)
(4,1982)

$$R^2 = 0,8372 \qquad DW = 1,2852 \qquad F = 24,432^{+++}$$

Equação II (em log).

$$P_t = - 1,5178 - 0,3144 P_p^{***} + 1,8499 A^+ - 0,4000 R^* + 0,1719 D^{+++} +$$

(- 1,3860)
(2,3633)
(-1,1342)
(3,0307)

$$+ 0,5869 P_{t-1}^{+++}$$

(5,5486)

$$R^2 = 0,9399 \qquad DW = 1,5857 \qquad F = 56,346^{+++}$$

Variáveis:

- $P_t$  = consumo aparente de fósforo;  
 $P_p$  = preço médio real do fósforo;  
 $A$  = área cultivada;  
 $R$  = rendimento físico médio;  
 $D$  = variável auxiliar;  
 $P_{t-1}$  = o mesmo que  $P_t$ , no ano anterior.

Níveis de significância: \* para 30%; \*\* para 20%; \*\*\* para 10%; \*\*\*\* para 5%; + para 2,5%; ++ para 1%; +++ para 0,5% ou menos.

A partir de 1966, observou-se um deslocamento, para cima, da função, medido pela variável binária, mostrando que também para o fósforo, o crédito é variável de grande importância para explicar o seu consumo. O coeficiente de intersecção da função passa de - 6,4677 (período 1948-65) para - 6,1377 (período 1966-72).

O teste de Durbin-Watson foi inconclusivo quanto à existência de correlação serial nos resíduos a 5 e a 1%. O teste de sequência de sinais, embora menos poderoso que o primeiro, determinou a inexistência de autocorrelação residual.

A equação II, significativa a 0,1% de probabilidade, apresentou coeficiente de determinação da ordem de 0,9399. Novamente, nessa equação é encontrada a inversão do sinal do coeficiente da variável rendimento físico médio. Os coeficientes das demais variáveis apresentaram-se todos com o sinal esperado.

Com a inclusão da variável consumo retardado, verificou-se um aumento de significância para o coeficiente da variável preço real do fósforo, enquanto que a variável área cultivada e a variável auxiliar tiveram suas significâncias diminuídas, em relação à equação I.

O coeficiente de elasticidade-preço a curto prazo é de - 0,3144 e o coeficiente de ajustamento é igual a 0,4131, obtendo-se através deste uma elasticidade-preço a longo prazo da ordem de - 0,7611. O coeficiente de ajustamento sugere que 41% das diferenças entre consumo e equilíbrio a longo prazo são eliminadas em um ano.

Por seu lado, o coeficiente de elasticidade-preço a longo prazo, sugere que "coeteris-paribus" um decréscimo de 10% no preço

real do fósforo, em dado ano, estaria associado a uma elevação de seu nível de uso de 7,6% aproximadamente.

O coeficiente da variável binária, significativo ao nível de 0,5% de probabilidade, mostra que há diferenças significativas entre os períodos 1948-65 e 1966-72. Através essa variável, o coeficiente de intersecção da função passa de - 1,5178 para - 1,3459, mostrando que a função foi deslocada para cima, a partir do ano em que foi implantado o sistema de crédito para a compra de fertilizantes.

O teste de Durbin-Watson apresentou-se inconclusivo quanto à existência de autocorrelação serial nos resíduos tanto a 5% quanto a 1%. O teste de sequência de sinais, demonstrou a ausência de autocorrelação nos resíduos da função estimada.

Tanto para a equação I como para a equação II, não houve problemas de multicolinearidade entre as variáveis, pois os coeficientes de regressão parciais foram relativamente pequenos em valor.

Dos resultados obtidos através as duas equações, infere-se que o consumo de  $P_2O_5$  no Estado de São Paulo é influenciado diretamente pela área cultivada, pelo crédito para a compra de fertilizantes e por seu consumo no ano anterior, e inversamente pelo seu preço real.

#### 4. Equações Seleccionadas para Explicar a Demanda de Potássio

Para explicar a demanda de potássio no Estado de São Paulo foram escolhidas as equações apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 - Resultados da Análise de Regressão Múltipla: Demanda de Potássio no Estado de São Paulo, 1948-72.

Equação I (em log)

$$K_t = - 7,9691 - 0,6349 P_K^{++} + 1,2525 P_{pg}^{**} + 0,3702 D^{+++}$$

(-2,6531)
(1,2276)
(-1,0413)

(4,3797)

$R^2 = 0,8982$                        $DW = 2,0623$                        $F = 31,763^{+++}$

Equação II (em log)

$$K_t = - 3,8336 - 0,3022 P_K^{**} + 2,6544 A^+ + 0,1597 D^+ + 0,4931 K_{t-1}^{++}$$

(-1,2515)
(2,1936)
(2,3538)
(2,8752)

$R^2 = 0,9218$                        $DW = 2,9451$                        $F = 56,010^{+++}$

Variáveis

$K_t$  = quantidade demandada de potássio;

$P_K$  = preço real do potássio;

$P_{pg}$  = preço pago por insumos agrícolas, exceto fertilizantes;

$A$  = área cultivada;

$R$  = rendimento físico médio;

$D$  = variável binária;

$K_{t-1}$  = o mesmo que  $K_t$ , no ano anterior.

Níveis de significância: \* para 30%; \*\* para 20%; \*\*\* para 10%; \*\*\*\* para 5%; + para 2,5%; ++ para 1%; +++ para 0,5 ou menos.

A equação I, significativa ao nível de 0,5% de probabilidade apresenta um  $R^2$  da ordem de 0,8982. Com exceção da variável R — rendimento físico médio — as variáveis apresentaram-se altamente significativas e os sinais observados para seus coeficientes de acordo com a relação esperada.

A variável D — variável auxiliar — a de mais alta significância estatística na regressão, confirma como para os outros dois elementos — nitrogênio e fósforo — a importância do crédito para a compra de fertilizantes a partir de 1966, mostrando que há uma diferença significativa entre os períodos de ausência e presença de crédito para a compra do potássio pelos agricultores do Estado.

A elasticidade-preço do potássio, a curto prazo, estimada através essa equação, apresenta um valor de - 0,6349.

A estatística de Durbin-Watson, bem como o teste da sequência de sinais, sugerem a ausência de correlação serial nos resíduos calculados da equação.

Pela equação II, tem-se que 92% das variações ocorridas na quantidade demandada de potássio são explicadas pelo preço real do elemento, pela área cultivada, pela quantidade demandada de potássio no ano anterior e a partir de 1966, pela presença do crédito para a compra de fertilizantes.

Nesta equação, todos os coeficientes das variáveis apresentaram-se com os sinais esperados e altamente significativos.

A elasticidade-preço do potássio, a curto prazo, é de - 0,3022. O coeficiente da variável consumo retardado —  $K_{t-1}$  — é

0,4931, e o coeficiente de ajustamento —  $b$  — é 0,5069, indicando que praticamente 51% das diferenças entre consumo e equilíbrio a longo prazo são eliminadas em um ano e 49% posteriormente.

A elasticidade-preço a longo prazo é - 0,5962, sugerindo que a um decréscimo de 10% no preço real do potássio, em dado ano, as socia-se um aumento na sua quantidade demandada de 6% aproximadamente.

O teste de Durbin-Watson foi inconclusivo quanto à existência de autocorrelação serial negativa nos resíduos a 5% e a 1%. O teste de sinais, chegou à ausência de autocorrelação serial.

Devido o problema de alta multicolinearidade entre as variáveis consumo defasado e tendência, esta última, não foi mantida em nenhuma das equações do modelo recursivo ajustadas, pois o valor do coeficiente de correlação simples entre tais variáveis sempre excede o R múltiplo da regressão. No caso, de não se incluir a variável defasada (modelo tradicional) a variável tendência sempre aparece com sinal negativo, para o que não conhece uma justificativa teórica.

De acordo com a equação II, tem-se que o consumo de potássio é afetado primeiramente pela quantidade desse elemento consumida no ano anterior, seguindo-se pela área cultivada e pelo crédito a partir de 1966 e por último pelo seu preço real.

## 5. Análise Comparativa Entre os Elementos

Uma análise geral dos resultados obtidos através o modelo tradicional sugere que:

a) os valores obtidos para os coeficientes de elasticidade-preço são sempre menores que a unidade, sugerindo uma demanda relativamente inelástica com relação aos preços dos elementos fertilizantes. Também em relação a esses coeficientes, verifica-se que os preços reais do nitrogênio e do potássio são bastante influentes em suas quantidades demandadas, o mesmo não ocorrendo com o fósforo;

b) em relação aos preços pagos por outros insumos agrícolas (exceto fertilizantes), nota-se uma pequena resposta do nitrogênio e do potássio. Quando essa variável é incluída para explicar a demanda de fósforo, ela aparece com o sinal contrário ao esperado e destituída de qualquer significância;

c) variações no mesmo sentido da área cultivada são muito mais importantes na explicação da demanda de fósforo do que na de nitrogênio e na de potássio; os valores obtidos para os coeficientes dessa variável — área cultivada — sugerem uma relação relativamente elástica com o consumo de nutrientes de plantas;

d) com relação ao rendimento físico médio, obteve-se coeficientes com baixa significância estatística. Com certa limitação pode-se dizer que ele revela uma relação relativamente inelástica com o consumo de fósforo e de potássio. Em relação ao nitrogênio não se obteve

uma medida de sua influência;

e) os valores dos coeficientes da variável auxiliar, para os três elementos, sugerem um deslocamento para cima a partir de 1966, da função de demanda;

f) a variável tendência é significativa na demanda de nitrogênio. Devido seu alto grau de correlação com o consumo defasado, ela foi omitida das equações de demanda de fósforo e de potássio.

Passando-se aos resultados obtidos pelo modelo de defasagens distribuídas, tem-se:

a) os coeficientes da variável preço médio real dos elementos apresentaram valores bastante próximos para o fósforo e o potássio, isso não se verificando em relação ao nitrogênio; todos eles são menores que a unidade, sugerindo pois uma demanda relativamente inelástica a curto prazo;

b) os coeficientes de ajustamento sugerem uma convergência para o equilíbrio mais rápida do potássio do que o nitrogênio e o fósforo;

c) a longo prazo, pode-se dizer que a demanda de nitrogênio é relativamente elástica enquanto que a de fósforo e a de potássio são relativamente inelásticas em relação aos preços, sendo a de fósforo menos inelástica que a de potássio;

d) as respostas do consumo em relação às variações na área cultivada são mais sensíveis em relação ao potássio e ao fósforo do que em relação ao nitrogênio;



e) através a significância estatística dos coeficientes da variável auxiliar, foi verificado também para este modelo um deslocamento da função de demanda dos três elementos para cima, a partir de 1966, ano esse em que se institucionalizou o sistema de crédito para a compra de fertilizantes.

De uma maneira geral pode-se dizer que tanto o modelo tradicional como o modelo de retardamentos distribuídos se ajustaram bem para explicar a demanda de nutrientes de plantas no Estado de São Paulo, embora o modelo de retardamentos distribuídos apresente resultados mais satisfatórios.

CAPÍTULO VI  
RESUMO E CONCLUSÕES

1. Resumo.

O desenvolvimento mais rápido da agricultura brasileira es  
tá condicionado, em grande parte, ao emprego dos insumos modernos. Os  
fertilizantes são um dos grandes responsáveis pelo aumento da produti  
vidade da terra, e devida a essa responsabilidade é que se justifica  
a realização desse trabalho que se propôs a estudar a demanda de nu-  
trientes básicos de plantas, a curto e a longo prazo, no Estado de  
São Paulo.

Os dados básicos para a análise foram obtidos junto ao Ins  
tituto de Economia Agrícola e à Associação Nacional para a Difusão de  
Adubos. As séries temporais abrangem o período 1948-72.

Foram testados dois modelos econométricos, utilizados em trabalhos de Griliches e Hsu nos Estados Unidos e em Taiwan, respectivamente e também por Cibantos, no Estado de São Paulo.

Modelo Tradicional (em log).

$$y_t = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + e_t$$

Modelo de Retardamentos Distribuídos (em log).

$$y_t = ba_0 + ba_1x_1 + ba_2x_2 + \dots + ba_nx_n + (1 - b)y_{t-1} + be_t$$

onde:  $y_t = N_t$  ou  $P_t$  ou  $K_t$  = consumo aparente de nitrogênio, de fósforo ou de potássio;

$y_{t-1} = N_{t-1}$  ou  $P_{t-1}$  ou  $K_{t-1}$  = consumo aparente de nitrogênio, de fósforo ou de potássio, retardado de um ano;

$x_1$  = preço médio real de nitrogênio ( $P_N$ ) ou preço médio real de fósforo ( $P_p$ ) ou preço médio real de potássio ( $P_K$ );

$x_2, x_3, \dots, x_n$  = variáveis que afetam o consumo dos nutrientes independentemente de seus preços;

$e$  = termo de erro.

Os modelos foram ajustados na forma potência (linear nos logaritmos das variáveis). Utilizou-se o método dos quadrados mínimos, e para cada modelo foram estimados:

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 foi testado pelo teste "F";

b - os coeficientes de regressão parcial das variáveis independentes consideradas. A hipótese de nulidade foi testada pelo teste "t" de Student.

A seleção das melhores equações baseou-se nos seguintes critérios:

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

A presença de correlação serial nos resíduos foi testada pela estatística de Durbin-Watson e pelo teste da sequência de sinais.

A computação dos dados originais foi realizada na Unidade de Processamento de Dados do Instituto de Pesquisas Econômicas da Universidade de São Paulo.

As melhores equações, que permitem uma análise comparativa entre os três nutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio) estudados, são a seguir apresentadas. A equação I pertence ao modelo tradicional e a equação II ao modelo de ajustamentos retardados.

Para o Nitrogênio:

Equação I (em log)

$$N_t = - 4,6711 - 0,6747 P_N + 1,0173 P_{pg} + 2,5015 A + 0,3105 D + 0,4256 T$$

$$R^2 = 0,9202$$

Equação II (em log)

$$N_t = - 0,4079 - 0,4775 P_N + 0,8981 A + 0,1279 D + 0,5718 N_{t-1} + 0,1897 T$$

$$R^2 = 0,9433$$

$$h = 0,43$$

$$E_{LP} = 1,1151$$

Para o Fósforo:

Equação I (em log)

$$P_t = - 6,4677 - 0,4253 P_P + 5,2004 A - 0,6245 R + 0,3300 D$$

$$R^2 = 0,8372$$

Equação II (em log)

$$P_t = - 1,5178 - 0,3144 P_P + 1,8499 A - 0,4000 R + 0,1719 D + 0,5869 P_{t-1}$$

$$R^2 = 0,9399$$

$$b = 0,41$$

$$E_{LP} = 0,7611$$

Para o Potássio:

Equação I (em log).

$$K_t = - 7,9691 - 0,6349 P_K + 1,2525 P_{pg} + 4,7706 A - 0,5843 R + 0,3702 D$$

$$R^2 = 0,8982$$

Equação II (em log).

$$K_t = - 3,8336 - 0,3022 P_K + 2,6544 A + 0,1597 D + 0,4931 K_{t-1}$$

$$R^2 = 0,9218$$

$$b = 0,51$$

$$E_{LP} = - 0,5962$$

Variáveis:

$N_t$  = consumo aparente de nitrogênio;

$N_{t-1}$  = o mesmo que  $N_t$ , retardado de um ano;

$P_t$  = consumo aparente de fósforo;

$P_{t-1}$  = o mesmo que  $P_t$ , retardado de um ano;

$K_t$  = consumo aparente de potássio;

$K_{t-1}$  = o mesmo que  $K_t$ , retardado de um ano;

$P_N$  = preço médio real do nitrogênio;

$P_P$  = preço médio real do fósforo;

$P_K$  = preço médio real do potássio;

$P_{pg}$  = preço pago por insumos agrícolas, exclusive fertilizantes;

$A$  = área cultivada;

R = rendimento físico médio;

D = variável auxiliar para captar influência do crédito para a compra de fertilizantes;

T = tendência.

## 2. Conclusões

Pelos resultados obtidos e pelas informações colhidas durante o andamento da pesquisa pode-se inferir que:

1) A tendência do consumo de nitrogênio, de fósforo e de potássio no Estado de São Paulo é de aumento. Durante o período 1948-72 o consumo aparente total (N-P-K) aumentou em cerca de 25 vezes.

2) A utilização de fertilizantes fosfatados pela Agricultura Paulista, supera a de nitrogenados e a de potássicos, embora a proporção de fósforo e potássio em relação ao nitrogênio tenha decrescido.

3) O consumo de fertilizantes em 1972, em kg/ha de elementos nutrientes, foi de 29,4 kg para os nitrogenados, 46,1 kg para os fosfatados, e 31,5 kg para os potássicos e 107,0 kg para NPK. Esses números evidenciam que o Estado de São Paulo encontra-se em nível acima da média do país, e que esse nível já pode ser comparado aos níveis das regiões de agricultura desenvolvida.

4) A relação relativamente desfavorável dos preços dos produtos agrícolas e os preços reais pagos pelos insumos (exceto fertilizantes)

vigente no período em análise, dificultou uma maior utilização de fertilizantes, pois benefícios advindos destes, dependem também da utilização de insumos complementares.

5) A tendência do preço real dos três nutrientes foi de baixa nos últimos anos o que condicionou o aumento do uso de fertilizantes no Estado. Em 1972, uma tendência de alta nos preços fez-se notar, mas mesmo assim o consumo continua a expandir-se.

6) A produção nacional tanto de nitrogenados como de fosfatados tende a expandir-se. Espera-se que em 1975 a produção interna de fosfatados solúveis satisfaça 85% da demanda nacional; também espera-se, para esse mesmo ano, a auto-suficiência do Brasil em relação aos nitrogenados.

7) A instituição do sistema de crédito para a compra de fertilizantes, em 1966 com a criação do FUNFERTIL, provocou um aumento considerável no uso de fertilizantes pela Agricultura Paulista daquela data até o presente. A influência do programa foi medida neste trabalho através a variável binária ("dummy variable") que captou diferenças significativas entre os períodos "antes FUNFERTIL" e "pós FUNFERTIL".

8) Uma análise dos dados referentes à área cultivada do Estado de São Paulo quando relacionados ao consumo de fertilizantes, permite nos inferir que o aumento do nível de consumo deve-se mais a uma intensificação de uso do que a um aumento de área, pois enquanto o consumo aumentou em cerca de 25 vezes durante o período em análise, a



área cultivada não chegou a aumentar em 2 vezes.

9) As estimativas obtidas pelas equações I (modelo tradicional), sugerem que o preço médio real dos elementos é uma variável relevante na explicação da demanda de nitrogênio e potássio e de razoável significância na demanda de fósforo. Em todas as equações o coeficiente da variável preço foi sempre negativo, de acordo com o esperado. A queda secular dos preços reais de fertilizantes no período analisado foi assim um fator importante para a explicação do aumento do consumo no período.

10) A influência da variável tendência só foi medida na deman-  
da de nitrogênio, apresentando-se bastante significativa no modelo tra  
dicional. Devido estar altamente correlacionada com o consumo defasa-  
do de fósforo e de potássio e com a área cultivada, ela foi omitida  
dos modelos para esses dois elementos. Mesmo assim pode-se afirmar que  
a tendência influencia bastante o consumo de fertilizantes pela Agri-  
cultura Paulista.

11) A variável rendimento físico médio das principais culturas ,  
não apresentou resultados estatisticamente significativos. Somente na  
demanda de fósforo é que parece exercer alguma influência, mesmo as-  
sim baixa, além de aparecer sempre com o sinal negativo.

12) A variável preços recebidos pelos produtos agrícolas, inclui-  
da na maioria das equações testadas (ver Apêndice 2), apresentou-se  
significativa para os três elementos, embora sempre com o sinal con-

trário ao esperado (sinal negativo) para o que não se encontrou uma justificativa teórica. Tal inversão também foi encontrada por Cibantos.<sup>19/</sup>

13) A área cultivada é variável relevante na explicação da demanda dos três nutrientes. No modelo tradicional seu coeficiente aparece altamente significativo, sendo parte dessa significância perdida quando se inclui a variável consumo retardado, pois esta última absorve parte de sua explicação.

14) Da mesma forma que nos estudos em que se baseou este trabalho, o modelo de ajustamento retardado ajustou-se melhor na estimativa da demanda de elementos fertilizantes no Estado de São Paulo, relativamente ao modelo tradicional.

15) Os resultados obtidos através as equações do modelo de retardamentos, sugerem para os três nutrientes, uma relação inversa entre preço real de nutrientes e o consumo, num dado ano, e uma relação direta entre o consumo no ano anterior e o consumo no ano considerado;

15.1) para o nitrogênio, encontrou-se um coeficiente de ajustamento igual a 0,43, sugerindo que, aproximadamente 43% do desequilíbrio entre o consumo atual e o desejado, a longo prazo, é eliminado em um ano. A elasticidade da demanda para nitrogênio em relação ao preço real é - 0,48 a curto prazo e - 1,12 a longo prazo. Portanto, a deman

---

<sup>19/</sup> Cibantos, Jubert S. "Demanda de Fertilizantes no Estado de São Paulo". Tese de Doutorado apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1972, p. 136.

da de nitrogênio é relativamente inelástica a curto prazo, isto é, a uma variação de 10% no preço real do nitrogênio, num dado ano, "coeteris paribus", é de se esperar uma variação de 4,8% em sentido inverso no seu consumo. A longo prazo, a demanda é relativamente elástica, isto é, a um decréscimo de 10% no preço real do nitrogênio, num dado ano, "coeteris paribus", responde-se com um aumento na quantidade consumida da ordem de 11,2%;

15.2) para o fósforo, o coeficiente de ajustamento encontrado foi da ordem de 0,41, bastante próximo do valor encontrado para o coeficiente de ajustamento do nitrogênio. A elasticidade-preço da demanda de fósforo em relação ao preço real é - 0,31 a curto prazo e - 0,76 a longo prazo. Portanto, tanto a curto como a longo prazo, a demanda de fósforo é relativamente inelástica;

15.3) o potássio apresentou um coeficiente de ajustamento igual a 0,51, diferindo-se relativamente dos valores dos coeficientes encontrados para o nitrogênio e o fósforo. Este valor permite uma convergência para o equilíbrio mais rápido do potássio do que o nitrogênio e o fósforo. A elasticidade-preço da demanda de potássio em relação ao preço real é - 0,30 a curto prazo (bastante próxima à elasticidade-preço do fósforo) e - 0,60 a longo prazo, concluindo-se pois que a demanda de potássio é relativamente inelástica, tanto a curto como a longo prazo;

15.4) tanto para o nitrogênio, como para o fósforo, e como para o potássio, a influência do sistema creditício foi altamente signi

ficativa, medida pelas variáveis binárias. A partir de 1966, a presença do sistema de crédito provocou uma mudança estrutural na função de demanda dos três nutrientes, isto é, a função foi deslocada para cima. Tal mudança reflete a importância que o crédito, assume em relação à procura de fertilizantes. Também a alta significância dessa variável parece estar contribuindo para as elasticidades menores que um, encontradas a longo prazo para o fósforo e o potássio.

16) Com as devidas limitações, este trabalho pretendeu mostrar as modificações que estão ocorrendo com o consumo de nutrientes de plantas no Estado de São Paulo. Em relação aos preços reais, a demanda de nitrogênio está se tornando mais elástica enquanto que a de fósforo e a de potássio menos inelástica.

Como sugestões para pesquisas futuras, ficam as seguintes:

1) Uma análise da demanda de fertilizantes ou de nutrientes básicos de plantas nos períodos 1948-65 e 1966-72 para avaliar mais de perto o grau de influência exercido pelo sistema de crédito.

2) Uma análise da demanda em nível nacional em termos de N,  $P_2O_5$ , e  $K_2O$ , separadamente, levando-se em consideração as regiões do país.

3) Utilização de cortes seccionais para analisar a demanda de fertilizantes no Estado de São Paulo, considerando-se as diversas regiões e diferentes culturas.

4) Análises utilizando-se modelos de equações simultâneas para determinar a demanda dos três nutrientes primários (N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ ),

pois parece que há uma íntima relação entre quantidades e preços dos elementos, verificando-se assim a influência que um elemento exerce sobre o outro.

5) Finalmente, a incorporação de novas variáveis aos modelos já utilizados, poderão contribuir para uma melhor explicação e dar melhor conhecimento dos fatores que afetam a demanda de fertilizantes pe la Agricultura Paulista.

## SUMMARY AND CONCLUSIONS

### 1. Summary

The more rapid development of Brazilian agriculture is greatly dependent upon the employment of modern inputs. Fertilizers are indispensable to increase land productivity and it is due to this responsibility that we proposed to carry out this study about the demand for basic plant nutrients, in the short and long run, in the State of São Paulo.

The basic data for the analysis were obtained at the Instituto de Economia Agrícola of the State Secretary of Agriculture and at the Associação Nacional para a Difusão de Adubos. The time series data cover the period 1948-72.

Two econometric models utilized in studies conducted by Griliches and Hsu in the United States and Taiwan, respectively, and

also by Cibantos, in the State of São Paulo, were tested.

Traditional Model (in logs).

$$y_t = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + e_t$$

Distributed Lag Model (in logs).

$$y_t = ba_0 + ba_1x_1 + ba_2x_2 + \dots + ba_nx_n + (1 - b)y_{t-1} + be_t$$

where:  $y_t = N_t$  or  $P_t$  or  $K_t$  = apparent consumption of nitrogen, phosphorus or potassium;

$y_{t-1} = N_{t-1}$  or  $P_{t-1}$  or  $K_{t-1}$  = apparent consumption of nitrogen, phosphorus or potassium, lagged one year;

$x_1$  = real average price of nitrogen ( $P_N$ ) or real average price of phosphorus ( $P_P$ ) or real average price of potassium ( $P_K$ );

$x_2, x_3, \dots, x_n$  = variables that affect the consumption of nutrients regardless of their prices;

$e$  = error term.

The models were adjusted in the power form (linear in the logarithms of the variables). The least square method was utilized, and the following was estimated for each model:

a) a determination coefficient ( $R^2$ ) which explains the effects of the set of independent variables contained in the model over the dependent variable. The "F" test was used to test the regression effect.

b) the partial regression coefficients of the independent variables considered. Student's "t" test was used to test the null hypothesis.

The selection of the "best" equations was based on the following criteria:

- a) consistency of results with demand theory;
- b) statistical significance of the regression coefficients;
- c) value of the correlation coefficients among the independent variables;
- d) magnitude of the coefficient of determination.

Durbin-Watson's statistics and the sign sequence test were used to test the presence of serial correlation in the residuals.

Computation of the original data was conducted at the Data Processing Unit of the Instituto de Pesquisas Econômicas of the University of São Paulo.

The "best" equations, which permit a comparative analysis of the three nutrients studied (nitrogen, phosphorus and potassium) are given below. Equation I belongs to the traditional model and Equation II to the distributed lag model.



For Nitrogen:

Equation I (in logs)

$$N_t = - 4,6711 - 0,6747 P_N + 1,0173 P_{pg} + 2,5015 A + 0,3105 D + 0,4256 T$$

$$R^2 = 0,9202$$

Equation II (in logs)

$$N_t = - 0,4079 - 0,4775 P_N + 0,8981 A + 0,1279 D + 0,5718 N_{t-1} + 0,1897 T$$

$$R^2 = 0,9433$$

$$b = 0,43$$

$$E_{LP} = 1,1151$$

For Phosphorus:

Equation I (in logs)

$$P_t = - 6,4677 - 0,4253 P_P + 5,2004 A - 0,6245 R + 0,3300 D$$

$$R^2 = 0,8372$$

Equation II (in logs)

$$P_t = -1,5178 - 0,3144 P_P + 1,8499 A - 0,4000 R + 0,1719 D + 0,5869 P_{t-1}$$

$$R^2 = 0,9399$$

$$b = 0,41$$

$$E_{LP} = 0,7611$$

For Potassium:

Equation I (in logs)

$$K_t = - 7,9691 - 0,6349 P_K + 1,2525 P_{pg} + 4,7706 A - 0,5843 R + 0,3702 D$$

$$R^2 = 0,8982$$

Equation II (in logs)

$$K_t = - 3,8336 - 0,3022 P_K + 2,6544 A + 0,1597 D + 0,4931 K_{t-1}$$

$$R^2 = 0,9218$$

$$b = 0,51$$

$$E_{LP} = - 0,5962$$

Variables:

$N_t$  = apparent consumption of nitrogen;

$N_{t-1}$  = same as  $N_t$ , lagged one year;

$P_t$  = apparent consumption of phosphorus;

$P_{t-1}$  = same as  $P_t$ , lagged one year;

$K_t$  = apparent consumption of potassium;

$K_{t-1}$  = same as  $K_t$ , lagged one year;

$P_N$  = real average price of nitrogen;

$P_P$  = real average price for phosphorus;

$P_K$  = real average price for potassium;

$P_{pg}$  = price paid for farm inputs, excluding fertilizers;

$A$  = cultivated area;

R = average physical yield;

D = auxiliary variable to capture influence of credit for the purchase of fertilizers;

T = trend.

## 2. Conclusions

From the results obtained and from the information collected when conducting the research, it may be inferred that:

1) Consumption of nitrogen, phosphorus and potassium tends to increase in the State of São Paulo. During the period 1948-72, total apparent consumption (N-P-K) increased by 25 times.

2) Utilization of phosphorus fertilizers by the farmers of the State of São Paulo is higher than that of nitrogen and potassium fertilizers, although the ratio of phosphorus and potassium, as compared to nitrogen, has decreased.

3) Consumption of fertilizers in 1972, in kg/ha of nutrient elements, was 29.4 kg for nitrogen fertilizers, 46.1 for phosphorus, 31.5 for potassium, and 107.0 kg for NPK. These figures are a clear indication that the State of São Paulo is at a higher level of consumption than the average for the whole country, and that this level may be compared to the levels utilized in regions having a developed agriculture.

4) The relatively unfavorable relationship between farm product prices/and prices paid for inputs (except fertilizers) existing during the period analyzed contributed negatively to a greater utilization of fertilizers, since the benefits resulting from the use of fertilizers are also dependent upon the utilization of supplementary inputs.

5) The real price of the three nutrients tended to decrease in the last few years. This reflected on an increase in use of fertilizers in the State. In 1972 the trend was to increase price nevertheless consumption continued to rise.

6) Brazilian production of nitrogen and phosphorus fertilizers tends to increase. It is expected that by 1975 domestic production of soluble phosphorus fertilizers will meet 85% of the country's demand; it is also expected that at that same date, Brazil will be self sufficient in regard to nitrogen fertilizers.

7) The establishment of a credit system for the purchase of fertilizers with the beginning of FUNTERTIL'S operations in 1966, brought about a considerable increase in the use of fertilizers from that date to present time. The influence of this program was measured in this study through a "dummy variable" which disclosed significant differences between the periods "before FUNFERTIL" and "after FUNFERTIL".

8) An analysis of the data referring to cultivated area in the State of São Paulo when related to consumption of fertilizers allows us to infer that the increase in level of consumption of fertilizers

was more a consequence of intensified use than of increased area, since whereas consumption increased 25 fold during the period analyzed, cultivated area increased less than two-fold.

9) The estimates obtained by equations I (traditional model) suggested that the real average price of the elements is a relevant variable in explaining demand for nitrogen and potassium and shows reasonable significance in explaining demand for phosphorus. The coefficient of the variable price was negative in all equations, as expected. The secular fall in real prices of fertilizers in the period analyzed was, therefore, an important factor in explaining increased consumption during that period.

10) The influence of the variable trend was only measured in regard to the demand for nitrogen, and was highly significant in the traditional model. Due to its high correlation with lagged consumption of phosphorus and potassium and with cultivated area, it was omitted from the models for these two elements. Still, it may be stated that trend exerts considerable influence on consumption of fertilizers in State of São Paulo agriculture.

11) The variable average physical yield of main crops did not show statistically significant results. Only in regard to demand for phosphorus did it exert some influence, still this influence was low and always showed a negative sign.

12) The variable prices received for farm products included in most equations tested (see appendix 2) was significant for the three elements although it always showed a sign contrary to that expected (negative sign). No theoretical justification for this was found. Such inversion was also found by Cibantos.

13) Cultivated area is a relevant variable in explaining demand for the three nutrients. In the traditional model its coefficient is highly significant, but part of this significance is lost when the variable lagged consumption is included, since the latter absorbs part of its explanation.

14) Similarly as in the studies on which this research was based, the distributed lag model showed a better adjustment when estimating the demand for fertilizer elements in the State of São Paulo as compared to the traditional model.

15) The results obtained through equations of the lagged model suggest, for all three elements, an inverse relationship between real price of nutrients and consumption in a given year and a direct relationship between consumption in previous year and consumption in the year under consideration;

15.1) for nitrogen, an adjustment coefficient equal to 0.43 was found, suggesting that approximately 43% of the disequilibrium between present consumption and that desired, in the long run, is eliminated in a year. The elasticity of demand for nitrogen in rela-

tion to real price is - 0.48 in the short run and - 1.12 in the long run. Therefore, the demand for nitrogen is relatively inelastic in the short run, that is, at a 10% variation in real price of nitrogen in a given year, coeteris paribus, it is expected that there would be a 4.8% variation in the opposite direction in its consumption. In the long run, demand is relatively elastic, that is, a 10% decrease in real price of nitrogen in a given year, coeteris paribus, corresponds to an increase in the order of 11.2% in the amount consumed;

15.2) for phosphorus, the adjustment coefficient found was in the order of 0.41, which is very close to the value found for the adjustment coefficient for nitrogen. The price elasticity of demand for phosphorus in relation to real price is - 0,31 in the short run and - 0,76 in the long run. Therefore, for both the short and the long run, the demand for phosphorus is relatively inelastic;

15.3) potassium presented an adjustment coefficient equal to 0.51, which was somewhat different from the values of the coefficients found for nitrogen and phosphorus. This value permits a convergence for a more rapid equilibrium of potassium than nitrogen and phosphorus. The price elasticity of demand for potassium in relation to real price is - 0.30 in the short run (very close to price elasticity for phosphorus) and - 0.60 in the long run, which leads to the conclusion that the demand for potassium is relatively inelastic, in both the short and long run.

15.4) for nitrogen, as well as for phosphorus and potassium , the influence of the credit system was highly significant, as measured by the dummy variables. The presence of the credit system since 1966 brought about a structural change in the demand function of the three nutrients, that is the function was shifted upward. Such a change reflects the importance which credit takes on in relation to the demand for fertilizers. Also, the high significance of this variable seems to be contributing to the less than 1 values for elasticities, found for phosphorus and potassium in the long run.

16) This study attempted to show the changes which are taking place in regard to consumption of plant nutrients in the State of São Paulo. With reference to real prices, the demand for nitrogen is becoming more elastic whereas the demand for phosphorus and potassium is becoming less elastic.

Suggestions for future research are as follows:

1) An analysis of the demand for fertilizers or basic plant nutrients in the periods 1948-65 and 1966-72 to assess more closely the extent of the influence exerted by the credit system.

2) An analysis of demand at the national level in terms of N,  $P_2O_5$ , and  $K_2O$ , separately, taking into account the different regions of the country.

3) Utilization of cross-section data to analyze the demand for fertilizers in the State of São Paulo, considering the various regions



and crops.

4) Analysis utilizing simultaneous equation models to determine the demand for the three primary nutrients ( $N$ ,  $P_2O_5$  and  $K_2O$ ) since there seems to be a close relationship between quantities and prices of the elements, and thus the influence which one element exerts upon the other could be assessed.

5) Finally, the incorporation of new variables in the models utilized may contribute to a better understanding and explanation of the factors affecting the demand for fertilizers on the State of São Paulo farms.

#### BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, M.S. "The Planning and Development of Brazilian Agriculture: Some Quantitative Extension". Cornell University, Ithaca, New York, tese de PhD, maio de 1972.
- BILAS, R.S. Teoria Microeconômica. Rio de Janeiro: Companhia Editora Forense, 1970.
- BRANDOW, George E. "A Note on the Nerlove Estimate of Supply Elasticity". Journal of Farm Economics, agosto 1958.
- CAGAN, Phillip. "The Monetary Dynamics of Hyper-Inflations". Chicago: in Studies in the Quantity Theory of Money, Chicago University Press, Vol. I, 1956.
- CARDOSO, F.P. "Produção e Consumo de Fertilizantes no Brasil nos Próximos 5 Anos". São Paulo: Seminário sobre Transporte e Distribuição

ção de Fertilizantes, maio de 1973.

CIBANTOS, Jubert S. "Demanda de Fertilizantes no Estado de São Paulo".

Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz",

Departamento de Ciências Sociais Aplicadas. Tese de

Doutoramento, 1972.

DRAPER, N.R. and SMITH, H. Applied Regression Analysis. New York.

John Wiley & Sons, Inc., 1966.

GOLDBERGER, S.S. Econometric Theory. New York, John Willey, 1964.

GRILICHES, Zvi. "The Demand for Fertilizers: An Economic Interpretation of a Technical Change". Journal of Farm Economics, Vol. 40, agosto de 1958.

\_\_\_\_\_. "Distributed Lags, Disaggregation, and Regional Demand Functions for Fertilizer". Journal of Farm Economics, Vol. 41, nº 1, fevereiro de 1959(a).

\_\_\_\_\_. "The Demand for Inputs in Agriculture and a Derived Supply Elasticity". Journal of Farm Economics, Vol. 41, nº 2, maio de 1959(b).

HEADY, E.O. and YEH, M.H. "National and Regional Demand Functions for Fertilizer". Journal of Farm Economics, Vol. 41, nº 2, maio de 1959.

- HSU, Robert C. "The Demand for Fertilizer in a Developing Country: The Case of Taiwan, 1950-66". Economic Development and Cultural Change, Ano 20, nº 2, janeiro de 1972.
- JOHNSTON, J. Métodos Econométricos. São Paulo: Editora Atlas, 1971.
- \_\_\_\_\_. Econometric Methods. New York: McGraw-Hill Book Company, Second Edition, 1972.
- KLEIN, Lawrence R. An Introduction to Econometrics. Englewood Cliffs: Prentice Hall, Inc., 1962.
- KMENTA, Jan. Elements of Econometrics. New York: The Mac Millan Company, 1971.
- KNIGHT, P.T. Brazilian Agricultural Technology and Trade: A Study of Five Commodities. New York: Praeger Publishers, Inc., 1971.
- LANGE, Oskar. Introdução à Econometria. São Paulo: Editora Fundo de Cultura, S.A., 1967.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. "Identificação e Avaliação Preliminar da Política de Estímulos à Produção e Uso de Fertilizantes". Brasília: Sub-Secretaria de Planejamento e Orçamento, Escritório de Análise Econômica e Política Agrícola, 1º Relatório, 1972.
- NELSON, W.C. "An Economic Analysis of Fertilizers Utilization in Brazil". The Ohio State University, Tese de PhD, 1972.

NELSON, W.C. e MEYER, Richard L. "O Aumento da Produtividade Agrícola: O Caso de Fertilizantes". Anais do Seminário Sobre Influência da Política Agrícola na Formação de Capital. Brasília: Ministério da Agricultura, Sub-secretaria de Planejamento e Orçamento, EAPA, 1972.

NERLOVE, Marc. "Distributed Lags and Demand Analysis for Agricultural and Other Commodities". Washington: United States Department of Agriculture, Agriculture Handbook nº 141, 1958.

\_\_\_\_\_. "The Dynamic of Supply: Estimation of Farmer's Response to Price". Baltimore: The John Hopkins Press, 1958.

\_\_\_\_\_. "Estimates of the Elasticities of Supply of Selected Agricultural Commodities", Journal of Farm Economics, Vol. 38, may, 1956.

PAIVA, R. Miller; SCHATTAN, S. e FREITAS, Claus F.T. "O Setor Agrícola do Brasil". São Paulo, 1973.

SAHOTA, G. Fertilizer in Economic Development: An Econometric Analysis. New York: Frederich A. Praeger, Publishers, 1968.

SECRETARIA DA AGRICULTURA. "Desenvolvimento da Agricultura Paulista". São Paulo: Instituto de Economia Agrícola, 1972.

\_\_\_\_\_. "Prognóstico - Ano Agrícola 1973/74". São Paulo: Instituto de Economia Agrícola, 1973.

SEITEC. "Estudo Nacional de Fertilizantes". BNDE, IPEA, ANDA, jan.1973.

STIGLER, George J. A Teoria dos Preços: Análise Microeconômica. São Paulo: Editora Atlas, 1970.

WANNACOTT, Ronald J. e WANNACOTT, Thomas H. Econometrics. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1970.

APÊNDICE 1

INFORMAÇÃO BÁSICA

Tabela 10 - Informações Estatísticas Utilizadas para a Estimativa da Demanda de Nutrientes de Plantas, no Estado de São Paulo, no Período 1948-72.

Ano	$N_t$	$P_t$	$K_t$	$P_N$	$P_P$	$P_K$	$P_R(t-1)$	$P_{pg,t}$	$A_t$	$R_{t-1}$	T	D	$N_{t-1}$	$P_{t-1}$	$K_{t-1}$
1948	5,72	10,37	7,91	128,45	109,43	100,15	---	88,32	---	---	---	---	---	---	---
1949	6,14	16,30	10,57	119,94	92,31	107,54	104,64	86,13	79,27	95,34	01	0	5,72	10,37	7,91
1950	6,50	25,25	16,26	114,60	88,30	91,74	107,26	83,14	84,10	84,96	02	0	6,14	16,30	10,57
1951	11,68	38,15	21,17	103,26	91,93	89,57	116,58	83,81	81,05	81,05	03	0	6,50	25,25	16,26
1952	7,32	34,39	16,29	100,38	90,24	80,11	112,76	87,20	82,68	82,68	04	0	11,68	38,15	21,17
1953	13,65	25,32	26,03	81,09	72,67	64,44	110,28	90,00	95,84	95,84	05	0	7,32	34,39	16,29
1954	13,00	47,00	22,00	78,87	63,28	67,14	119,80	92,07	77,86	77,86	06	0	13,65	25,32	26,03
1955	14,00	57,00	35,00	92,70	76,80	79,37	118,81	90,39	77,73	77,73	07	0	13,00	47,00	22,00
1956	17,00	51,00	30,00	86,27	75,48	76,50	115,95	94,24	79,21	79,21	08	0	14,00	57,00	35,00
1957	22,00	61,00	38,00	74,61	68,51	63,38	114,16	89,37	66,69	66,69	09	0	17,00	51,00	30,00
1958	29,00	65,00	54,00	69,06	69,32	59,64	108,84	92,27	87,04	87,04	10	0	22,00	61,00	38,00
1959	31,00	63,00	42,00	70,99	69,58	45,51	95,21	98,63	88,45	88,45	11	0	29,00	65,00	54,00
1960	45,00	69,00	55,00	58,70	56,26	56,37	90,07	107,82	107,17	107,17	12	0	31,00	63,00	42,00
1961	35,00	73,00	42,00	68,92	91,37	81,66	89,37	107,11	88,64	88,64	13	0	45,00	69,00	55,00
1962	34,00	79,00	55,00	85,26	100,28	101,05	92,54	107,45	98,39	98,39	14	0	35,00	73,00	42,00
1963	42,00	90,00	60,00	89,23	103,01	96,57	106,47	102,87	90,74	90,74	15	0	34,00	79,00	55,00
1964	35,00	90,00	50,00	99,64	94,77	85,88	103,90	93,13	103,28	103,28	16	0	42,00	90,00	60,00
1965	47,00	68,00	67,00	128,56	110,49	124,65	113,66	98,59	75,50	75,50	17	0	35,00	90,00	50,00
1966	38,00	63,00	53,00	97,32	91,45	91,85	89,78	97,97	115,62	115,62	18	1	47,00	68,00	67,00
1967	53,00	95,00	72,00	75,00	71,37	70,25	86,19	89,46	109,07	109,07	19	1	38,00	63,00	53,00
1968	59,00	113,00	81,00	72,58	79,65	58,76	78,66	88,17	113,60	113,60	20	1	53,00	95,00	72,00
1969	90,00	126,00	104,00	70,30	77,66	56,44	78,57	90,28	99,06	99,06	21	1	59,00	113,00	81,00
1970	126,29	167,17	132,86	60,60	69,04	55,88	91,29	85,18	94,95	94,95	22	1	90,00	126,00	104,00
1971	141,40	200,20	162,40	61,63	66,71	65,05	85,28	103,88	108,77	108,77	23	1	126,29	167,17	132,86
1972	162,50	255,45	174,85	67,00	76,98	62,16	89,87	107,33	106,29	106,29	24	1	141,40	200,20	162,40

 $N_t$  = consumo aparente de nitrogênio; $P_t$  = consumo aparente de fósforo; $K_t$  = consumo aparente de potássio; $P_N$  = índice de preço real do nitrogênio; $P_P$  = índice de preço real do fósforo; $P_K$  = índice de preço real do potássio; $P_R$  = índice de preços reais recebidos (retardado); $P_{pg}$  = índice de preços reais pagos

A = índice de área cultivada;

R = índice de rendimento físico (retardado);

T = tendência;

D = variável auxiliar;

 $N_{t-1}$  = consumo aparente de nitrogênio (retardado); $P_{t-1}$  = consumo aparente de fósforo (retardado); $K_{t-1}$  = consumo aparente de potássio (retardado).



APÊNDICE 2

COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO E MODELOS ALTERNATIVOS





Tabela 13 - Coeficientes de Correlação Simples, Logarítmica, entre as Variáveis Consideradas no Período 1948-72, para Estimar os Coeficientes de Elasticidade da Demanda de Potássio no Estado de São Paulo.

	$P_K$	$P_r$	$P_{pg}$	A	R	D	T	$K_{t-1}$	$K_t$
$P_K$	1,0000	0,3852	0,0019	- 0,0042	- 0,1914	- 0,3500	- 0,3454	- 0,3918	- 0,3877
$P_r$		1,0000	- 0,3283	- 0,3658	- 0,8060	- 0,7650	- 0,6064	- 0,6650	- 0,6706
$P_{pg}$			1,0000	0,6720	0,2975	0,0143	0,5434	0,5491	0,4749
A				1,0000	0,3123	0,3281	0,8203	0,7788	0,7724
R					1,0000	0,6659	0,4307	0,4928	0,4968
D						1,0000	0,6659	0,6860	0,7199
T							1,0000	0,9467	0,9207
$K_{t-1}$								1,0000	0,9446
$K_t$									1,0000

Tabela 14 - Equações Estimativas da Demanda de Nitrogênio. para o Estado de São Paulo, no Período 1948-72; Estimativas dos Coeficientes de Regressão Parcial: Valores de "t"; Coeficiente de Determinação (R<sup>2</sup>); Valor de "F" e Estatística "d" de Durbin-Watson para o Modelo Tradicional e também as Estimativas dos Coeficientes de Ajustamento (b) e dos Coeficientes de Elasticidade-Preço a Longo Prazo (E<sub>LP</sub>) para o Modelo de Ajustamento Defasado.

Interspecção	Variáveis independentes										
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	A	D	F	N <sub>t-1</sub>	R <sup>2</sup>	F	d	E <sub>LP</sub>
<b>A - Modelo Tradicional (em log)</b>											
1,090	-0,543 (-1,304)**	-1,816 (-2,569)		2,280 (2,433)***		0,581 (3,041)+++		0,895	40,32+++	1,26	
1,632	-0,602 (-1,402)***	-1,873 (-2,602)	-0,856 (-0,735)	2,989 (1,592)***		0,557 (2,839)++		0,898	31,58+++	1,36	
-1,679	-0,5034 (-1,370)***		1,732 (1,668)***	0,295 (3,426)+++	0,625 (4,651)+++			0,810	47,82+++	1,56	
<b>B - Modelo de Ajustamento Defasado (em log)</b>											
1,501	-0,537 (-1,667)***		-1,040 (-1,812)***	0,926 (0,714)*		0,874 (7,481)+++		0,836	69,97+++	3,22	0,126 -4,263
-1,322	-0,548 (-1,753)****		1,452 (1,062)**	0,133 (1,577)***		0,675 (3,935)+++		0,840	73,96+++	3,00	0,325 -1,6878
1,113	-0,411 (-1,396)***			0,099 (1,445)***	0,228 (1,410)***	0,635 (3,874)+++		0,842	77,32++	2,91	0,365 -1,128
1,058	-0,429 (-1,419)***				0,185 (1,135)**	0,748 (5,052)+++		0,836	97,12+++	2,72	0,252 -1,707
2,591	-0,437 (-1,447)***		-0,797 (-1,041)**		0,194 (1,187)**	0,781 (5,168)+++		0,839	73,41+++	3,03	0,219 -1,996

Níveis de significância: \* para 30%; \*\* para 20%; \*\*\* para 10%; \*\*\*\* para 5%; + para 2,5%; ++ para 1%; +++ para 0,5% ou menos.

Tabela 15 - Equações Estimativas da Demanda de Fósforo para o Estado de São Paulo, no Período 1948-72; Estimativas dos Coeficientes de Regressão Parcial; Valores de "t"; Coeficientes de Determinação ( $R^2$ ); Valor de "F" e Estatísticas "d" de Durbin-Watson para o Modelo Tradicional e também as Estimativas dos Coeficientes de Ajustamento (b) e dos Coeficientes de Elasticidade-Preço a Longo Prazo ( $E_{LP}$ ) para o Modelo de Ajustamento Retardado.

Interesse	Variáveis Independentes										
	$P_1$	$P_2$	$P_{Pg}$	A	R	D	$P_{t-1}$	$R^2$	F	d	$E_{LP}$
<b>A - Modelo Tradicional (em log)</b>											
-7,400	-0,456 (-1,256)**			5,089 (6,390)+++		0,275 (4,468)+++		0,827	31,79*	1,31	
-2,139	-0,386 (-1,105)**	-1,370 (-1,585)**		5,025 (6,474)+++(-1,883)**	-1,285 (-1,883)**	0,264 (3,064)+++		0,857	21,60**	1,40	
-3,735	-0,603 (-1,444)***	-1,775 (-3,093)+++		5,214 (5,553)+++				0,766	21,78*	1,13	
-0,1907	-0,561 (-1,356)***	-2,643 (-2,903)+++		5,241 (5,648)+++(-1,219)*	-0,989 (-1,219)*			0,783	17,10*	1,09	
<b>B - Modelo de Retardamentos Distribuídos (em log)</b>											
-1,991	-0,331 (-1,453)***			1,701 (2,188)*		0,136 (2,911)+++	0,601 (5,674)+++	0,936	69,07+++	1,73	0,399 -0,829
0,593		-0,743 (-1,887)***	-1,191 (-1,752)***	1,945 (2,044)****			0,707 (6,305)+++	0,920	54,87+++	1,62	0,293
0,838	-0,380 (-1,564)***	-0,693 (-1,819)***	-1,170 (-1,780)***	2,135 (2,307)*		0,683 (6,257)+++		0,930	47,72**	1,66	0,317 -1,198

Níveis de significância: \* para 30%; \*\* para 20%; \*\*\* para 10%; \*\*\*\* para 5%; + para 2,5%; ++ para 1%; +++ para 0,5% ou menos.

Tabela 16 - Equações Estimativas da Demanda de Potássio, para o Estado de São Paulo, no Período 1948-72; Estimativas dos Coeficientes de Regressão Parcial; Valores de  $t$ ; Coeficientes de Determinação ( $R^2$ ); Valor de  $F$  e Estatísticas  $\chi^2$  de Durbin-Watson para o Modelo Tradicional e também as Estimativas dos Coeficientes de Ajustamento (b) e dos Coeficientes de Elasticidade-Preço a Longo Prazo ( $E_{LP}$ ) para o Modelo de Ajustamento Retardado.

Interseção	Variáveis Independentes										R <sup>2</sup>	F	d	X <sub>LP</sub>		
	P <sub>K</sub>	P <sub>T</sub>	P <sub>PS</sub>	A	R	F	D	X <sub>T-1</sub>								
A - Modelo Tradicional (em log)																
-8,2646	-0,6841 (-2,9044)***		5,6521 (7,8819)***			0,2928 (5,0569)***					0,888	52,76**	1,95			
-8,6524	-0,6603 (-2,7671)**		5,0202 (4,8911)***			0,3095 (5,0424)***					0,892	39,26***	1,96			
-4,7669	-0,7485 (-2,4933)*	-1,8142 (-3,0316)***	5,8230 (6,3714)***								0,825	31,40*	1,32			
-3,8590	-0,7295 (-2,4289)*	-1,8975 (-3,1466)**	-1,1312 (-1,0287)**	6,5628 (5,6485)***							0,834	23,88**	1,50			
3,0067	-0,1352 (-0,5224)	-0,8927 (-1,5744)**			0,7034 (7,8272)***						0,869	44,38**	1,18			
-0,4513	-0,1587 (-0,6721)	1,3056 (1,3390)**			-0,3988 (-0,7371)**	0,5503 (4,7370)***	0,2549 (2,6617)**				0,904	33,65***	1,78			
B - Modelo de Retardamento Distribuído (em log)																
0,5524					0,2968 (1,6207)**	0,1148 (1,8235)**	0,4879 (2,1954)*				0,913	70,27***	2,65			
0,2598		0,3846 (0,3738)		-0,2084 (-0,3893)		0,3001 (1,5604)**	0,4433 (1,6744)**				0,914	38,40***	2,64			
0,2712	-0,0672 (-0,2844)	0,4672 (0,4265)		-0,2191 (-0,3978)		0,3046 (1,5379)**	0,4227 (1,5026)**				0,915	30,38***	2,65			
0,2750	-0,1931 (-0,7524)**	-0,6922 (-1,3013)**	-1,1368 (-1,4029)**	2,4683 (1,8823)**							0,915	38,58***	3,00	-0,117		
-3,0150			1,8566 (1,7081)**			0,1469 (2,1606)*	0,6111 (4,2071)***				0,915	72,12***	2,93	-0,584		

Níveis de significância: \* para 30%, \*\* para 20%, \*\*\* para 10%, \*\*\*\* para 5%, + para 2,5%, ++ para 1%, +++ para 0,5% em menos.

APÊNDICE 3

COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO E MODELOS ALTERNATIVOS, UTILIZANDO-SE COMO VARIÁVEL DEPENDENTE A RELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS CONSUMO DE NUTRIENTES E ÁREA CULTIVADA.



Variáveis Utilizadas para Estimar a Demanda de Fertilizantes no Estado de São Paulo, Utilizando-se como Variável Dependente a Relação entre Consumo e Área Cultivada.

$N_t^!$  = quantidade de nitrogênio usada em kg por ha cultivado, no ano t;

$P_t^!$  = quantidade de fósforo usada em kg por ha cultivado, no ano t;

$K_t^!$  = quantidade de potássio usada em kg por ha cultivado, no ano t;

$N_{t-1}^!$  = o mesmo que  $N_t$  , no ano anterior;

$P_{t-1}^!$  = o mesmo que  $P_t$  , no ano anterior;

$K_{t-1}^!$  = o mesmo que  $K_t$  , no ano anterior;

$P_N/P_r$  = índice de preços reais do nitrogênio em relação aos preços reais recebidos pelos produtos agrícolas;

$P_P/P_r$  = índice de preços reais do fósforo em relação aos preços reais recebidos pelos produtos agrícolas;

$P_K/P_r$  = índice de preços reais do potássio em relação aos preços reais recebidos pelos produtos agrícolas;

$P_P/P_N$  = índice de preço real do fósforo em relação ao preço real do nitrogênio;

RL = índice de receita líquida por ha cultivado;

R = rendimento físico médio;

D = variável auxiliar;

T = tendência.

Tabela 17 - Coeficientes de Correlação Simples, Logarítmica, entre as Variáveis Consideradas para Estimar os Coeficientes de Elasticidade da Demanda de Nitrogênio no Estado de São Paulo, no Período 1948-72, Utilizando-se como Variável Dependente a Relação entre Consumo e Área Cultivada ( $N^o$ ).

R	$\frac{P}{N^o}$	D	RL	T	$N^o_{t-1}$	$N^o$
R	1,0000	0,6659	0,6363	0,4307	0,5650	0,5446
$\frac{P}{N^o}$	1,0000	- 0,0209	0,0268	- 0,2079	- 0,2125	- 0,2510
D		1,0000	0,8705	0,5977	0,7216	0,7448
RL			1,0000	0,8476	0,9144	0,9206
T				1,0000	0,8999	0,8996
$N^o_{t-1}$					1,0000	0,9547
$N^o$						1,0000

Tabela 18 - Coeficientes de Correlação Simples, Logarítmica, entre as Variáveis Consideradas para Estimar a Demanda de Fósforo no Estado de São Paulo, no Período do 1948-72, Utilizando-se Como Variável Dependente a Relação entre Consumo e Área Cultivada.

	Nº	$P_P/P_T$	$P_P/P_N$	T	R	D	$P_{t-1}^2$	P'
Nº	1,0000	0,2852	0,7351	0,8996	0,5446	0,7448	0,9294	0,9442
$P_P/P_T$		1,0000	0,3763	0,3123	0,3155	0,2801	0,2563	0,1983
$P_P/P_N$			1,0000	0,7135	0,4270	0,4144	0,7485	0,7316
T				1,0000	0,4307	0,5977	0,9362	0,8877
R					1,0000	0,6659	0,4072	0,4348
D						1,0000	0,6004	0,9858
$P_{t-1}^2$							1,0000	0,9370
P'								1,0000

Tabela 19 - Coeficientes de Correlação Simples, Logarítmica, entre as Variáveis Consideradas para Estimar os Coeficientes de Elasticidade da Demanda de Potássio no Estado de São Paulo, no Período 1948-72, Utilizando-se como Variável Dependente a Relação entre Consumo e Área Cultivada ( $K_t$ ).

$N^{\circ}$	$P_K/P_T$	T	R	D	$K_{t-1}$	$K_t$
$N^{\circ}$	1,0000	- 0,0724	0,8966	0,7448	0,6471	0,6061
$P_K/P_T$	1,0000	- 0,1502	0,4347	0,1678	- 0,0433	- 0,0703
T		1,0000	0,4307	0,5977	0,6839	0,6282
R			1,0000	0,6659	0,3527	0,3410
D				1,0000	0,5778	0,5927
$K_{t-1}$					1,0000	0,9466
$K_t$						1,0000

Tabela 20 - Equações Estimativas da Demanda de Nitrogênio, para o Estado de São Paulo, no Período 1948-72; Estimativas dos Coeficientes de Regressão Parcial;  $V_2$  Lotes de "t"; Coeficientes de Determinação ( $R^2$ ); Valor de "F" e Estatística "a" de Leitch-Hansen para o Modelo Tradicional. Para o Modelo de Ajustamento Retardado, também as Estimativas dos Coeficientes de Ajustamento (b) e dos Coeficientes de Elasticidade a Longo Prazo ( $E_{LP}$ ).

Interseção	Variáveis Independentes							$R^2$	F	a	b	$E_{LP}$
	$P_1/P_2$	R	D	T	EL	$E_{t-1}$						
A - Modelo Tradicional (em log)												
2, 5751	-1,2184 (-4,5686)***				0,4074 (15,3699)***			0,924	126,76**	1,48		
2, 6075	-1,2743 (-5,3886)***		-0,2332 (-2,6279)		0,5168 (10,8212)***			0,943	110,58***	1,63		
2, 3641	-1,1665 (-3,9755)***		-0,1850 (-1,5749)	0,0991 (0,6393)	0,4588 (4,4597)***			0,944	80,59***	1,65		
B - Modelo de Retardamento Distribuído (em log)												
0,7062	-0,3038 (-1,0631)**		0,1108*** (1,4807)					0,922	79,25**	3,24	0,1358	-2,244
1,1375	-0,2955 (-1,0055)**		0,1275 (1,5033)***					0,923	57,12**	3,28	0,1277	-2,334
0,3934	-0,2065 (-0,7318)**		0,2390 (1,4570)***					0,922	78,98***	2,79	0,2229	-0,926
0,3257	-0,2327 (-0,7761)**	0,1046 (0,2169)			0,9583 (11,3455)***			0,914	70,94***	3,06	0,0417	-5,580
-0,0561	-0,2303 (-0,7923)**	0,2584 (0,5401)		0,2370 (1,5130)**				0,923	57,21***	2,76	0,2749	-0,837
0,6131	-0,3029 (-1,1152)**		0,1327 (1,8480)***	0,2634 (1,8288)***				0,934	67,24**	3,00	0,3872	-0,782

Níveis de significância: \* para 30%; \*\* para 20%; \*\*\* para 10%; \*\*\*\* para 5%; + para 2,5%; ++ para 1%; +++ para 0,5% ou menos.

Tabela 21 - Equações Estimativas da Demanda de Fósforo, para o Estado de São Paulo, no Período 1948-72; Estimativas dos Coeficientes de Regressão Parcial; Valor de "t"; Coeficientes de Determinação (R<sup>2</sup>); Valor de "F" e Estatística "d" de Durbin-Watson para o Modelo Tradicional. Para o Modelo de Ajustamento ao Retardado, também as Estimativas dos Coeficientes de Ajustamento (b) e dos Coeficientes de Elasticidade a Longo Prazo (E<sub>LP</sub>)

Interesse	Variáveis Independentes												
	Y <sub>t</sub>	P <sub>t</sub> /P <sub>t-1</sub>	P <sub>t</sub> /P <sub>t-2</sub>	P <sub>t</sub> /P <sub>t-3</sub>	T	D	R	F <sub>t-1</sub>	R <sup>2</sup>	F	d	b	E <sub>LP</sub>
<b>A - Modelo Tradicional (em log)</b>													
0,9446	0,5302 (4,372)+++	-0,2717 (-1,2039)**	0,4056 (0,9385)**	0,1242 (1,0684)**	0,1242 (1,0684)**		-0,3290 (-0,9511)**		0,915	38,74**	1,93		
0,9786	0,4355 (3,0917)+++		0,5039 (1,1512)**	0,1303 (1,1409)**	0,1013 (1,4879)***		-0,6903 (-1,8234)***		0,918	40,40**	1,94		
1,1218	0,3956 (2,8492)**	-0,3232 (-1,4990)***	0,6742 (1,5375)***	0,1553 (1,3895)***	0,1150 (1,7294)***		-0,6211 (-1,6827)**		0,928	36,35**	1,92		
<b>B - Modelo de Ajustamento Retardado (em log)</b>													
0,7982	0,3812 (3,3125)+++	-0,2165 (-1,1252)**						0,4119 (2,5591)**	0,922	79,32**	2,03	0,5981	-0,368
0,4510	0,3730 (3,1560)+++	-0,2462 (-1,2102)**	0,2200 (0,5363)*					0,3866 (2,2665)**	0,954	57,44**	2,01	0,6134	-0,401
1,5372	0,2889 (1,9833)***	-0,2051 (-1,0790)**			0,1021 (1,7473)		-0,3945 (-1,6040)***	0,4638 (2,7153)**	0,935	51,44**	1,97	0,5362	-0,382
0,8312	0,2553 (1,7724)***	-0,2440 (-1,2920)**			0,0762 (1,3982)**			0,5001 (2,9518)+++	0,930	62,82**	2,05	0,4999	-0,488
0,2235	0,2177 (1,4539)**	-0,3015 (-1,5175)***	0,3889 (0,9522)**		0,0902 (1,5941)***			0,1715 (2,7339)**	0,933	50,19**	2,08	0,5285	-0,412

Níveis de significância: \* para 30%; \*\* para 20%; \*\*\* para 10%; \*\*\*\* para 5%; + para 1%; +++ para 0,5% ou menos.

Tabela 22 - Equações Estimativas da Demanda de Potássio, para o Estado de São Paulo, no Período 1948-72; Estimativas dos Coeficientes de Regressão Parcial; Valores de "t"; Coeficientes de Determinação (R<sup>2</sup>); Valor de "F" e Estatísticas "d" de Durbin-Watson para o Modelo Tradicional. Para o Modelo de Ajustamento Retardado, também as Estimativas dos Coeficientes de Ajustamento (b) e dos Coeficientes de Elasticidade a Longo Prazo (E<sub>LP</sub>).

Interação	Variáveis Independentes						R <sup>2</sup>	F	d	b	E <sub>LP</sub>
	P/P <sub>t</sub>	R	D	T	N°	K <sub>t-1</sub>					
<b>A - Modelo Tradicional (em log)</b>											
0,2850				0,4153 (3,0433)***	0,3219 (2,8205)**		0,563	13,42***	3,95		
0,3757		0,1539 (1,2223)**		0,3120 (1,9608)****	0,2864 (2,4585)+		0,591	9,65***	2,20		
1,6522	-0,6621 (-0,6766)**	0,2107 (1,3791)***		0,3176 (1,9559)****	0,2881 (2,4385)****		0,601	7,16	2,21		
1,6492	0,0840 (0,1485)	-0,7455 (-0,6476)*	0,2098 (1,3364)***	0,3271 (1,8393)****	0,2906 (2,3728)****		0,602	5,36**	2,22		
0,0927	0,1015 (0,2198)		0,4194 (2,9763)***	0,3224 (2,7597)**		0,749	8,55***	3,96			
0,1413	0,1135 (0,1968)	-0,0379 (-0,0363)		0,4224 (2,5407)**	0,3234 (2,6410)**		0,760	6,10**	1,96		
<b>B - Modelo de Ajustamento Retardado (em log)</b>											
0,2565	-0,0905 (-0,4187)					0,9592 (13,4845)***	0,897	9,14***	3,11	0,0408	-2,218
0,2965	-0,1069 (-0,4783)		-0,0387 (-0,4432)			0,9895 (9,9277)***	0,898	58,68**	3,15	0,0105	-10,181
0,5109	-0,1942 (-0,8329)**	0,0789 (1,1891)**	-0,0830 (-0,8816)**			0,9555 (9,3032)***	0,951	45,28**	3,38	0,0445	-4,364

Níveis de significância: \* para 30%; \*\* para 20%; \*\*\* para 10%; \*\*\*\* para 5%; + para 2,5%; ++ para 1%; \*\*\* para 0,5% ou menos.