

ANÁLISE ECONÔMICA DE ADUBAÇÃO EM CULTURAS  
ANUAIS NA REGIÃO DE RIBEIRÃO PRETO  
Ano Agrícola 1971 / 72

CHARLES LESLIE WRIGHT

Órientador: JOAQUIM JOSÉ DE CAMARGO ENGLER

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

PIRACICABA

Estado de São Paulo

1 9 7 3

À Glorinha  
Ao Marcelo  
Aos meus familiares

## AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" e ao Departamento de Ciências Sociais Aplicadas, que me possibilitaram frequentar o Curso de Pós-Graduação em Ciências Sociais Rurais,

Ao Projeto de Formação de Capital do Convênio Ohio State University-ESALQ/USP-IEA, que financiou o levantamento das informações básicas para esta pesquisa.

À Fundação Ford, que permitiu que eu me dedicasse aos estudos em tempo integral na condição de bolsista dessa entidade.

Ao Dr. Richard L. Meyer, que foi meu orientador durante o curso de pós-graduação, sendo impossibilitado de participar da redação final deste trabalho por motivo do seu retorno aos Estados Unidos.

Ao Dr. Joaquim José de Camargo Engler, que foi meu orientador na última fase desta pesquisa.

A ambos fico agradecido pelo constante apoio e segura orientação recebidos ao longo dos meus estudos e na elaboração da dissertação.

Ao Dr. Rodolfo Hoffmann, cujas respostas a perguntas sobre econometria, ajudaram-me a esclarecer importantes questões metodológicas.

Estes três professores, como também o Dr. Donald W. Larson, leram um rascunho deste trabalho e ofereceram numerosas críticas e sugestões que resultaram em um trabalho melhor.

A Srta. Thereza Watanabe pela eficiente datilografia do manuscrito.

Ao Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Pedro Valentim Marques pela assistência na revisão do texto final.

Aos Srs. Lázaro Martins e Pedro Scardua pela impressão do trabalho.

Aos agricultores de Jardinópolis, Sales de Oliveira e Guáira por cederem a mim e aos demais colegas da ESALQ, horas preciosas do seu tempo, na ocasião das entrevistas em que se baseia esta pesquisa.

## Í N D I C E

	Pág.
LISTA DAS TABELAS .....	VIII
LISTA DAS FIGURAS .....	XV
LISTA DOS APÊNDICES .....	XVI
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO .....	1
1. O Problema e sua Importância .....	1
2. Justificativa .....	5
3. Objetivos .....	11
4. Hipóteses .....	11
5. Plano do Trabalho .....	12
CAPÍTULO II - O USO DE FERTILIZANTES NO BRASIL: TENTATIVAS DE AVALIAÇÃO .....	13
1. Introdução .....	13
2. Estudos sobre o Uso de Fertilizantes .....	17
2.1. Pesquisas com Dados Experimentais .....	17
2.2. Pesquisas ao Nível da Propriedade Rural .....	27
2.3. Um Problema Especial: Multicolinearidade .....	29
2.4. Os Intervalos de Confiança e as Decisões dos Agricultores .....	36
CAPÍTULO III - CARACTERÍSTICAS DA ÁREA E DA AMOSTRA .....	40
1. A Área de Estudo .....	40
2. Critérios de Seleção das Propriedades .....	43
3. Realização das Entrevistas .....	45
4. Características Gerais da Amostra .....	46
5. Fertilizantes: Comercialização e Uso .....	52

	Pág.
6. Características do Ano Agrícola 1971/72 .....	61
7. O Ambiente Econômico .....	63
8. Algumas Considerações sobre a Função da Receita Líquida ..	68
CAPÍTULO IV - INSTRUMENTOS ESTATÍSTICOS E DEFINIÇÃO DE VARIÁVEIS .....	73
1. O Modelo Econométrico .....	73
1.1. A Função Cobb-Douglas .....	74
1.2. A Função Quadrática .....	76
2. Definição de Variáveis .....	78
2.1. Função Cobb-Douglas .....	78
2.2. Função Quadrática .....	82
3. Testes Estatísticos .....	83
3.1. Função Cobb-Douglas .....	84
3.2. Função Quadrática .....	85
CAPÍTULO V - ANÁLISE DOS RESULTADOS DA FUNÇÃO DE PRODUÇÃO ...	87
1. Modelo Cobb-Douglas .....	87
1.1. Milho .....	89
1.2. Algodão .....	92
1.3. Arroz .....	93
1.4. Soja .....	96
1.5. Comentários sobre os Ajustamentos feitos com a Cobb-Douglas .....	98
2. Modelo Quadrático .....	101
2.1. Milho .....	102
2.2. Algodão .....	104
2.3. Arroz .....	106
2.4. Soja .....	108
2.5. Resumo dos Ajustamentos da Função Quadrática .....	110
3. Os Grupos de Alto e Baixo Uso de Adubos .....	110

	Pág.
CAPÍTULO VI - RESUMO E CONCLUSÕES .....	111
1. Resumo .....	111
2. Conclusões .....	114
3. Limitações do Estudo e Sugestões para Pesquisas .....	116
4. Considerações Finais .....	118
SUMMARY AND CONCLUSIONS .....	120
1. Summary .....	120
2. Conclusions .....	122
3. Limitations of the Present Study and Suggestions for Re- search .....	123
4. Final Comments .....	124
BIBLIOGRAFIA .....	126
APÊNDICE 1 .....	135
APÊNDICE 2 .....	144
APÊNDICE 3 .....	146
APÊNDICE 4 .....	149
APÊNDICE 5 .....	154

## LISTA DAS TABELAS

Tabela		Pág.
1	Produtividade e Aumentos de Produtividade para Quatro Culturas Anuais em São Paulo, Brasil e Outros Países .....	7
2	Consumo Aparente de Fertilizantes no Brasil para o Período 1961-1980 (projetado) .....	16
3	Consumo de Fertilizantes no Brasil, por Região, 1969 .....	16
4	Efeitos de Multicolinearidade Quase Perfeita ..	34
5	Produtividade de Quatro Culturas Anuais nas Propriedades da Amostra, da DIRA de Ribeirão Preto e do Estado de São Paulo, Anos Agrícolas 1969/70 e 1971/72 .....	42
6	Distribuição das Propriedades da Amostra por Estrato, Incluindo as Áreas Possuídas e Exploradas e Grau de Motomecanização. Municípios de Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72 .....	47
7	Uso da Terra Explorada nas Propriedades da Amostra. Municípios de Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72 .....	48



Tabela		Pág.
8	Atividades Agrícolas nas Propriedades da Amostra. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72 .....	49
9	Porcentagem da Área Média Cultivada Dedicada às Principais Culturas nas Propriedades da Amostra. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72 .....	49
10	Mudança Percentual nas Atividades Agrícolas Presentes nas Propriedades da Amostra, entre os Anos Agrícolas 1969/70 e 1971/72, em Jardinópolis e Guaíra .....	50
11	Distribuição das Observações da Amostra entre as Quatro Culturas Estudadas. Municípios de Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72 .....	51
12	Menores e Maiores Preços por Tonelada de Fertilizantes Negociada pelos Vendedores nos Municípios de Jardinópolis, Sales de Oliveira e Guaíra em Julho de 1972 .....	53
13	Porcentagem de Agricultores da Amostra que Fizeram Análise de Solos nos Últimos Dois Anos ou Aplicação de Calcário nos Últimos Cinco Anos. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72 ...	56

Tabela		Pág.
14	Razões NPK Usadas em Quatro Culturas Anuais nas Propriedades da Amostra e as Recomendadas pela ANDA .....	57
15	Níveis Recomendados e Níveis Empregados de Adubação, Anos Agrícolas 1969/70 e 1971/72 .....	58
16	Uma Comparação de Taxas de Aplicação de Adubos e Rendimentos entre Duas Áreas para as Culturas de Milho e Soja .....	60
17	Dados Pluviométricos para a DIRA de Ribeirão Preto e o Estado de São Paulo .....	62
18	Produtividades Médias para o Período 1966 70 e o Ano Agrícola 1971/72 .....	63
19	Preços Pagos aos Agricultores por Quatro Produtos Agrícolas na Fazenda, no Período de Julho de 1970 a Junho de 1973, no Estado de São Paulo	65
20	Preços Pagos pelos Produtores Paulistas por Três Tipos de Adubos no Período de Julho de 1970 a Junho de 1973, por Tonelada .....	66
21	Preço Médio de 1 Alqueire de Terra Nua, no Estado de São Paulo e na DIRA de Ribeirão Preto no Período 1970/1973 .....	67

Tabela		Pág.
22	Médias de Produtividade, Preços Recebidos e Gastos com Nutrientes para Quatro Culturas Anuais. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72 ...	69
23	Inclinações Mínimas nas Funções de Produção Necessárias para Compensar o Gasto Adicional de Cr\$ 100,00 em Adubos, a Partir do Ponto de Aplicação Média .....	71
24	Cálculo de Depreciação Linear para o Estoque de Calcário no Solo .....	81
25	Ajustamentos da Função Cobb-Douglas para a Cultura do Milho. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade" .....	91
26	Ajustamentos da Função Cobb-Douglas para a Cultura do Algodão. Jardinópolis e Guaíra. Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade" .....	94
27	Ajustamentos da Função Cobb-Douglas para a Cultura do Arroz. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade" .....	95
28	Ajustamentos da Função Cobb-Douglas para a Cultura da Soja. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade" .....	97

Tabela		Pág.
29	Ajustamentos da Função Quadrática para a Cultura do Milho. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade" .....	103
30	Ajustamentos da Função Quadrática para a Cultura do Algodão. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade" .....	105
31	Ajustamentos da Função Quadrática para a Cultura do Arroz. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade" .....	107
32	Ajustamentos da Função Quadrática para a Cultura da Soja. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade" .....	109
33	Correlações Simples entre os Logaritmos das Variáveis Incluídas nas Funções Cobb-Douglas para a Cultura do Milho. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade" .....	136
34	Correlações Simples entre os Logaritmos das Variáveis Incluídas nas Funções Cobb-Douglas para a Cultura do Algodão. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade" ..	137
35	Correlações Simples entre os Logaritmos das Variáveis Incluídas nas Funções Cobb-Douglas para a Cultura do Arroz. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade" .....	138

Tabela		Pág.
36	Correlações Simples entre os Logaritmos das Variáveis Incluídas nas Funções Cobb-Douglas para a Cultura da Soja. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade" .....	139
37	Correlações Simples entre as Variáveis Incluídas nas Funções Quadráticas para a Cultura do Milho. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade" .....	140
38	Correlações Simples entre as Variáveis Incluídas nas Funções Quadráticas para a Cultura do Algodão. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade" .....	141
39	Correlações Simples entre as Variáveis Incluídas nas Funções Quadráticas para a Cultura do Milho. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade" .....	142
40	Correlações Simples entre as Variáveis Incluídas nas Funções Quadráticas para a Cultura da Soja. Jardinópolis e Guaíra. Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade" .....	143
41	Médias Aritméticas das Variáveis Incluídas na Análise. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade" .....	147

Tabela		Pág.
42	Médias Geométricas das Variáveis Incluídas na Análise. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade" .....	148
43	Ajustamentos da Função Cobb-Douglas para a Cultura do Milho. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade" .....	150
44	Ajustamentos da Função Cobb-Douglas para a Cultura do Algodão. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade" .....	151
45	Ajustamentos da Função Cobb-Douglas para a Cultura do Milho. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade" .....	152
46	Ajustamento da Função Cobb-Douglas para a Cultura da Soja. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade" .....	153

## LISTA DAS FIGURAS

Figura		Pág.
1	Dois Níveis de Resposta ao Nitrogênio .....	18
2	Uma Função de Produção Hipotética Mostrando o "Ponto Ótimo" de Adubação e o seu Intervalo de Confiança .....	36
3	Inclinação Mínima da Função de Produção Necessária para Compensar um Gasto Adicional de Cr\$ 100,00 em Adubos, a Partir do Ponto de Gastos e Rendimentos Médios para Quatro Culturas Anuais. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72 ...	72
4	Forma Esperada da Função Quadrática .....	86
5	Ilustração da Correlação entre as Variáveis "Terra" e "Fertilizantes" .....	88
6	Rendimentos por Alqueire e Gastos com Adubos na Cultura do Milho. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72 .....	157
7	Rendimentos por Alqueire e Gastos com Adubos na Cultura do Algodão. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72 .....	158

Tabela		Pág.
8	Rendimentos por Alqueire e Gastos com Adubos na Cultura do Arroz, Grupo "Alto" Uso. Jardinópolis e Guaiara, Ano Agrícola 1971/72 .....	159
9	Rendimentos por Alqueire e Gastos com Adubos na Cultura da Soja. Jardinópolis e Guaiara, Ano Agrícola 1971/72 .....	160

#### LISTA DOS APÊNDICES

Apêndice		Pág.
1	Correlações Simples .....	135
2	Cálculo da Variável "Gerência" .....	144
3	Valores Médios das Variáveis Analisadas .....	146
4	Ajustamentos Alternativos para a Função Cobb-Douglas .....	149
5	Grupos de "Alto" e "Baixo" Uso de Fertilizantes	154



## CAPÍTULO I

### INTRODUÇÃO

#### 1. O Problema e sua Importância

Tradicionalmente, a produção agrícola do Brasil tem aumentado a níveis próximos da demanda, mediante a simples expansão da área cultivada. Desde a época colonial, a agricultura comercial voltou-se para a produção de uns poucos produtos de exportação, tais como o café, o açúcar e o cacau, enquanto a produção de cereais, laticínios e carnes se processava principalmente dentro do setor de subsistência e para os mercados locais.

A desvantagem enfrentada pelo setor agrícola foi dupla: em primeiro lugar, era atingido pelas oscilações dos mercados internacionais sofrendo, como consequência, violentas expansões e contrações; segundo, tanto as falhas do sistema de comercialização quanto o reduzido poder aquisitivo da população nacional limitavam a demanda interna para os produtos de uma agricultura diversificada.

A dramaticidade desse segundo problema é ilustrada por uma experiência de Nicholls, que em 1947, encontrou os hotéis de Uberlândia oferecendo aos seus hóspedes "filet mignon" como prato adicional gratuito. Era praticamente um bem livre, dado que a deficiência nos transportes e a falta de refrigeração não permitiam a sua comercialização; só o charque podia ser vendido fora da região. <sup>1/</sup> Perante tais problemas, compreendemos a frase de Ruy Miller Paiva, "o problema da agricultura brasileira não é de produção, mas de mercado". <sup>2/</sup>

Contudo, as mudanças registradas nos últimos 25 anos têm sido grandes. Com a criação de Brasília, sua ligação com o Norte, Nordeste e Sul do país, e o desenvolvimento do sistema rodoviário em geral, tornou-se possível falar num "mercado nacional" para produtos agrícolas. A área do Centro-Sul do país, em especial, é hoje caracterizada por mercados de produtos e insumos agropecuários relativamente bem integrados. <sup>3/</sup>

Esses acontecimentos, ao lado do crescimento demográfico e o aumento da renda "per capita", têm fortalecido a demanda interna para a produção agrícola.

---

<sup>1/</sup> William H. Nicholls. "The Changing Structure of Farm Product and Input Markets in Brazil". In Agricultural Cooperatives and Markets in Developing Countries, Kurt R. Anshel et. al. (eds.). New York: Frederick A. Praeger and Sons, 1969, p. 67.

<sup>2/</sup> Ruy Miller Paiva. "Modernização e Dualismo Tecnológico na Agricultura: Resposta aos Comentários dos Professores Nicholls e Schuh". Em Pesquisa e Planejamento Econômico, Vol. 3, nº 1, março de 1973, p. 111.

<sup>3/</sup> Para maior desenvolvimento do tema das rodovias e mercados agrícolas, ver Nicholls, op. cit., pp. 63-78.

Nos últimos anos, os mercados internacionais também têm se mostrado mais favoráveis à agricultura brasileira, devido aos infortúnios sofridos recentemente por algumas das principais nações produtoras e ao crescimento demográfico mundial. Os Estados Unidos, cujos excedentes de cereais deprimiram os preços internacionais durante vinte anos, sofreram uma série de más colheitas causadas por pragas e condições climáticas desfavoráveis, e as suas reservas desapareceram. A União Soviética e a China também sofreram decepções em safras recentes, enquanto a abertura comercial para com os países ocidentais expandiu tremendamente o mercado internacional de produtos agrícolas. O Brasil vê-se bastante favorecido com essa abertura: em 1972, suas exportações de açúcar para esses dois países superaram as para os Estados Unidos (700 mil contra 600 mil toneladas). <sup>4/</sup>

Espera-se que a demanda externa continue a aumentar. A FAO prevê uma falta de alimentos em escala mundial nos próximos anos, advertindo que o perigo da fome é real e imediato, pois às recentes colheitas desastrosas somam-se um declínio da produção de cereais devido à crescente demanda para carne, e o fato de a produção de alimentos em vários países estar caindo em relação ao aumento populacional. <sup>5/</sup>

Os países que poderão fazer exportações substanciais para suprir o "déficit" previsto são poucos: o Canadá, os Estados Unidos, a Argentina, a Austrália, a Nova Zelândia e o Brasil talvez esgotem a lista.

---

<sup>4/</sup> Segundo as autoridades portuárias de Santos, isso ajudou o açúcar a passar do quinto ao segundo lugar na pauta das exportações. A Tribuna (Santos), artigo reproduzido em Jornal de Piracicaba, 13/07/73, 2º caderno, p. 1.

<sup>5/</sup> O Estado de São Paulo, 07/06/73, p. 2; 12/06/73, p. 31.

As perspectivas são claras: embora o Brasil não possa contar com preços tão altos quanto os de hoje, que se devem em parte a colheitas anormais em outros países, a procura mundial deverá garantir um bom mercado para os produtos agropecuários brasileiros a curto e a médio prazo. Paralelamente, podemos esperar também uma forte expansão na demanda interna de produtos alimentícios, devida ao crescimento demográfico, reforçado ou por ganhos na renda "per capita", ou por sua melhor distribuição, ou ambos. <sup>6/</sup>

O aumento na demanda interna e externa é especialmente relevante para as quatro culturas anuais estudadas neste trabalho, ou seja, o milho, o algodão, o arroz e a soja. Esses produtos são itens básicos para o mercado doméstico e atividades agrícolas competitivas entre si. Em cada cultura, o Brasil ocupa posição de destaque na produção mundial, sendo que em 1967, o país teve a segunda colocação para o milho, a sétima para o algodão, a décima-primeira para o arroz e a terceira para a soja. <sup>7/</sup>

Essa situação representa, ao mesmo tempo, uma oportunidade e um problema para o país. De um lado, se o Brasil aumentar as suas vendas nos mercados internacionais, poderá ganhar divisas e melhorar a renda do setor agrícola. Por outro lado, se não limitar as exportações, fará com que faltem gêneros essenciais no mercado nacional, elevando o custo de vida e prejudicando os consumidores brasileiros, sobretudo os de renda baixa, em cujos orçamentos, os alimentos têm maior peso.

---

<sup>6/</sup> Ao contrário dos países mais ricos, onde a elasticidade-renda de produtos alimentícios se aproxima de zero, os valores para a América Latina são relativamente altos - cerca de 0,6. Ver Theodore W. Schultz. A Transformação da Agricultura Tradicional. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1965, p. 24.

<sup>7/</sup> Secretaria da Agricultura. Desenvolvimento da Agricultura Paulista. São Paulo: Instituto de Economia Agrícola, 1972, pp. 56-58.

As metas de exportar e de abastecer o mercado interno já se mostraram suficientemente conflitantes para forçar o governo federal a intervir. Atualmente, a carne, o algodão, o milho e a soja estão sujeitos a restrições que usam a limitação das exportações para garantir o suprimento do mercado doméstico. Uma produção limitada não poderá satisfazer as duas exigências.

Face a essas considerações, parece cabível afirmar que os primeiros anos da presente década serão lembrados, futuramente, como a época em que o principal problema da agricultura brasileira deixou de ser o de mercado e tornou-se o da produção.

## 2. Justificativa

Como poderá o Brasil aumentar a sua produção agrícola para atender o seu crescente mercado interno e prover ainda um excedente para exportações?

A solução tradicional - aumentar a área de cultivo - mostra-se cada vez menos satisfatória, embora ainda viável dentro de certos limites. Nas principais regiões produtoras, ou seja, no Centro, Leste e Sul, as áreas virgens estão desaparecendo. Em muitas regiões, como Minas Gerais e Nordeste, deveria haver uma redução na área cultivada para permitir o reflorestamento e o combate à erosão. Em suma, as terras novas de que o Brasil dispõe, estão cada vez mais escassas e mais longe dos centros consumidores, exigem maiores investimentos para o seu aproveitamento, e são, em muitos casos, de qualidade duvidosa para os fins da agricultura intensiva. De qualquer maneira, seria difícil abri-las com a rapidez

necessária para atender as exigências do presente e do futuro próximo.

Os inconvenientes ora registrados com o deslocamento da demanda são grandes, com os aumentos de preços dos produtos exportáveis causando inflação no mercado interno e reduções drásticas nas atividades agrícolas competitivas, tais como o feijão, o amendoim e o leite, além de encarecer as rações avícolas. <sup>8/</sup>

Resta ao Brasil, portanto, a opção de aumentar a sua produtividade. Nesse sentido, o setor agrícola não tem mostrado um desempenho adequado. Os rendimentos por área cultivada no Brasil são bons somente no caso da soja. Para as outras culturas principais, são apenas regulares, e os aumentos em produtividade nos últimos 25 anos também desapontam. Há até culturas importantes como o feijão e o arroz que apresentam produtividades decrescentes ao longo desse período.

A produtividade brasileira de milho é apenas um terço daquela existente na França, aumentando apenas 4% no último quarto de século, em comparação com 179% para aquele país, 84% para a Rússia e 57% para a Índia. A soja apresenta aumentos de produtividade dentro do Estado de São Paulo, e decréscimos para o Brasil como um todo. Assim, dentre as culturas estudadas aqui, somente o algodão apresenta aumentos consistentes de rendimentos por área cultivada desde o quinquênio 1948-52 (ver Tabela 1). <sup>9/</sup>

---

<sup>8/</sup> O Estado de São Paulo, 02/06/73, p. 11; 05/06/73, p. 21; 03/06/73, p. 56.

<sup>9/</sup> Secretaria da Agricultura. Desenvolvimento da Agricultura Paulista, op. cit., p. 57; pp. 285-303.

Tabela 1 - Produtividade e Aumentos de Produtividade para Quatro Culturas Anuais em São Paulo, Brasil e Outros Países.

Cultura e Região	Rendimento (kg/ha)		Aumento %
	Média 1948-52	Média 1963-67	
<u>Milho</u>			
São Paulo	1.350	1.640	21
Brasil	1.260	1.310	4
EE.UU.	2.490	4.460	79
México	750	1.110	48
URSS	1.310	2.410	84
Argentina	1.630	1.950	20
Índia	650	1.020	57
França	1.360	3.800	179
<u>Algodão em pluma</u>			
São Paulo	195	410	110
Brasil	180	220	22
URSS	430	730	70
EE.UU.	320	560	75
Índia	90	115	27
México	330	650	97
Paquistão	200	265	33
<u>Arroz em casca</u>			
São Paulo	1.430	950	-34
Brasil	1.580	1.550	-2
Índia	1.110	1.460	31
Paquistão	1.380	1.660	20
Japão	4.250	5.180	22
EE.UU.	2.560	4.750	85
URSS	1.450	2.760	90
<u>Soja</u>			
São Paulo	950	1.370	44
Brasil	1.300	1.100	-15
EE.UU.	1.430	1.640	15
China	810	810	0
URSS	430	530	23
Canadá	1.580	1.920	21
Japão	1.080	1.250	16

Fonte: Secretaria da Agricultura. Desenvolvimento da Agricultura Paulista, op. cit., pp. 56-58.

É interessante notar que as culturas do feijão e do arroz são classificadas pelo Instituto de Economia Agrícola como "tradicionais", milho como cultura "em transição", e o algodão e a soja como culturas "modernas". Esta classificação é baseada na adoção ou não de insumos modernos e a rapidez dos agricultores em responder aos estímulos do mercado. <sup>10/</sup>

Queremos situar estas considerações dentro do pensamento schultziano de que "só se poderá aumentar os rendimentos por área mediante a introdução de novos insumos e o treinamento do pessoal do campo". <sup>11/</sup>

Dentro desse raciocínio, os fertilizantes, objeto principal do presente estudo, estão entre os mais importantes insumos modernos. <sup>12/</sup> O Brasil tem promovido o seu uso através de uma série de subsídios e estímulos. Estas medidas têm incluído a manipulação das taxas cambiais para sua importação, subsídios à criação da indústria nacional de adubos, taxas de crédito subsidiadas para os empréstimos agrícolas do tipo "custeio integral", que inclui insumos modernos, e restrições ao crédito para o "custeio singular", que não os inclui. <sup>13/</sup>

---

<sup>10/</sup> Secretaria da Agricultura. Desenvolvimento da Agricultura Paulista, op. cit., p. 273.

<sup>11/</sup> Schultz, op. cit., pp. 11-50.

<sup>12/</sup> Ver também, o pensamento de John W. Mellor. O Planejamento do Desenvolvimento Agrícola. Rio de Janeiro: Edições "O Cruzeiro", 1967, esp. pp. 287-290.

<sup>13/</sup> EAPA. "Identificação e Avaliação Preliminar de Política de Estímulos à Produção e Uso de Fertilizantes". Brasília: Ministério da Agricultura, Secretaria Geral, Subsecretaria de Planejamento e Orçamento, Primeiro Relatório (segunda tiragem), 1972, pp. 1-46.



A idéia que suporta essa política foi expressa claramente numa recente publicação da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo:

"O incremento no uso de fertilizantes e corretivos pode ser considerado como o meio mais rápido e eficaz para levar a um aumento da produtividade. Deve-se assim dar um tratamento especial a esses insumos, com uma política que vise tornar possível a oferta de um suprimento crescente a preços relativos, que induzam os lavradores a uma utilização cada vez mais intensa."<sup>14/</sup>

Por outro lado, tais programas acarretam elevados custos. O Brasil importou, no ano passado, ao redor de 3,5 milhões de toneladas de matérias-primas e formulados, incorrendo em grandes gastos de divisas. Embora o governo federal também esteja incentivando a expansão da incipiente indústria nacional, esta só preenche atualmente 19% das necessidades domésticas, precisando de proteção para poder competir com o preço do adubo importado. Em 1971, os subsídios para facilitar a contratação de empréstimos pelos agricultores somaram Cr\$ 52,9 milhões.<sup>15/</sup>

No entanto, os resultados econômicos do aumento no uso de fertilizantes no Brasil não são claros, como será demonstrado no próximo capítulo. Poderá o país aumentar a sua produtividade, economicamente, através do incremento no uso de fertilizantes? Estará tendo prejuízos ao nível atual de uso? Quais as medidas que poderão ser tomadas para melhorar o desempenho verificado? São estas as questões que este trabalho analisa e para as quais procura indicar as respostas, dentro das informações disponíveis.

---

<sup>14/</sup> Secretaria da Agricultura. Desenvolvimento da Agricultura Paulista, op. cit., p. 262.

<sup>15/</sup> EAPA. "Identificação e Avaliação Preliminar de Política de Estímulos à Produção e Uso de Fertilizantes", op. cit., pp.17-22; p. 43.

Situaremos o problema da produtividade dentro do esquema schultziano, relacionando a introdução e o uso correto dos novos insumos com as qualificações do pessoal do campo. Investigaremos a afirmação do Professor Schuh de que o Brasil "não concretizará o enorme potencial do seu setor agrícola ou da economia em geral, até que aumente acentuadamente os investimentos em pesquisa biológica e educação rural." 16/

Em particular, consideremos a idéia apresentada por Mellor de que a introdução de fertilizantes num país possa dar resultados decepcionantes na ausência de um "pacote tecnológico" que possa garantir a alta produtividade potencial oriunda deste fator produtivo. 17/ Dentro deste "pacote tecnológico", ressaltamos a importância da gerência, acreditando, juntamente com Paiva, que é um dos fatores "fixos" associados a cada firma agrícola, tal que a produtividade de insumos novos ou da qualidade melhorada dos insumos seja diferente entre as firmas. 18/

Estes aspectos são duplamente importantes quando consideramos os resultados frequentemente satisfatórios de ensaios experimentais de adubação e o fracasso que possa ser constatado ao nível da propriedade rural.

---

16/ G. Edward Schuh. "Modernização e Dualismo Tecnológico na Agricultura: Alguns Comentários". Em Pesquisa e Planejamento Econômico, Vol. 3, nº 1, março de 1973, p. 92.

17/ Mellor, op. cit., pp. 287-290.

18/ Ruy Miller Paiva, op. cit., p. 96.

### 3. Objetivos

Os objetivos deste estudo são:

a) prover uma descrição de resultados de relevantes ensaios de adubação, dos níveis recomendados e empregados de adubos, tal como fatores relacionados com o seu uso, crescimento e comercialização na região da amostra;

b) testar a economicidade do uso de fertilizantes nos níveis atuais nas propriedades da amostra;

c) discutir certas limitações dos modelos estatísticos comumente empregados na pesquisa econômica;

d) avaliar o efeito da gerência ou atividade empresarial sobre a produtividade agrícola.

### 4. Hipóteses

As hipóteses levantadas neste trabalho são as seguintes:

a) as culturas estudadas apresentam pequena resposta ao uso de fertilizantes nas propriedades da amostra;

b) o uso de fertilizantes na área da amostra é inferior às quantidades recomendadas com base em ensaios experimentais, e às indicadas pela Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA);

c) o uso de adubos nas propriedades da amostra não aumentou entre 1969/70 e 1971/72;

d) fatores não incluídos em muitos estudos, tais como a gerência e o espaçamento, influem sobre a produtividade.

## 5. Plano do Trabalho

Os aspectos principais introduzidos neste capítulo serão discutidos no decorrer do trabalho. O Capítulo II, sobretudo, desenvolve os conceitos e principais problemas referentes ao uso de fertilizantes no Brasil e às tentativas de estudar os seus aspectos econômicos. Constitui um esforço para avaliar criticamente o que se sabe sobre o assunto e desvendar certos problemas metodológicos que nem sempre são levados em conta na apresentação de trabalhos nesse campo.

O Capítulo III descreve a área do estudo, a amostra, as características da comercialização e aplicação de adubos na região, tendo em vista os objetivos apresentados anteriormente.

O Capítulo IV trata do instrumento analítico aplicado aos dados levantados ao nível das propriedades da amostra. Apresenta os seus pressupostos, vantagens e desvantagens, a definição das variáveis usadas e uma discussão dos testes estatísticos.

O Capítulo V discute os resultados das funções ajustadas para milho, algodão, arroz e soja.

O resumo e as conclusões, como também as sugestões para futuras pesquisas, encontram-se no Capítulo VI.

## CAPÍTULO II

### O USO DE FERTILIZANTES NO BRASIL: TENTATIVAS DE AVALIAÇÃO

#### 1. Introdução

O uso de adubos químicos se associa à modernização da agricultura. Por "modernização" entendemos um processo pelo qual as práticas agrícolas habituais sofrem transformações, visando empregar o conhecimento científico para aumentar a produtividade das culturas. Destarte, os insumos tradicionais (terra, mão-de-obra, sementes) deixam de ser os únicos usados e/ou sofrem transformações qualitativas.

Por outro lado, devemos lembrar que as mudanças tecnológicas na agricultura são intimamente ligadas aos fatores econômicos que afetam o setor. Como aponta Griliches, o conhecimento e a adoção de novas práticas agrícolas só se espalham quando se mostram lucrativas. É por isso que os fazendeiros do Centro-Oeste estadunidense, por exemplo, nada sabem sobre a bananicultura. Mas, se

essa atividade fosse tornar-se economicamente viável, esperaríamos ver uma divulgação rápida de informações sobre o assunto e considereável aprendizagem por parte dos lavradores. <sup>19/</sup>

Assim, o uso de fertilizantes no Brasil deve ser encarado, em primeiro lugar, como um problema de preços relativos dos produtos e insumos agrícolas. Nesse sentido, o esgotamento gradual da fronteira agrícola é relevante por tornar a terra mais escassa e mais cara em relação aos outros fatores de produção. Torna-se interessante, portanto, "substituir" a terra por fertilizantes, posto que a adubação nos permite aumentar a produção total sem aumentar a área cultivada. Esse processo de substituição será economicamente desejável até o ponto em que o valor do produto adicional obtido for igual ao seu custo. <sup>20/</sup> Dadas essas considerações, encaramos o uso de fertilizantes como dependente de três fatores principais: a produtividade física esperada, o preço dos produtos agrícolas e o preço dos fertilizantes.

O preço dos fertilizantes químicos, provavelmente, começou a ser acessível para grande número de agricultores brasileiros na década de 50, devido a reduções no seu preço real da ordem de 52% no mercado internacional entre 1936/38 e 1957/59, oriundas de progressos tecnológicos na indústria, especialmente na produção de nitrogênio. <sup>21/</sup> Essa tendência continuou ao longo da década de

---

<sup>19/</sup> Zvi Griliches. "The Demand for Fertilizers: An Economic Interpretation of a Technical Change". Journal of Farm Economics, Vol. 40, nº 3, agosto de 1958, pp. 591-606.

<sup>20/</sup> Tecnicamente, o ponto "ótimo" é dado por  $VP_{Ma} = P$ , com a restrição de que esta igualdade se realize no estágio II de produção.

<sup>21/</sup> Gian S. Sahota. Fertilizer in Economic Development: An Econometric Analysis. New York: Frederick A. Praeger, Publishers, 1968, p. 1; p. 122.

60, sendo o decréscimo no custo real para o consumidor brasileiro estimado em 35% entre 1961, quando um milhão de dólares compraria 7.142 toneladas de nutrientes, e 1969, quando o mesmo valor compraria 11.039 toneladas. Foi superada assim, uma tendência contrária registrada de 1963 até 1966, podendo-se adquirir com essa quantia 8.502 toneladas em 1963 e apenas 8.230 toneladas em 1966. <sup>22/</sup>

A partir de 1966, o consumo de fertilizantes foi estimulado pela criação do FUNFERTIL, que passou a subsidiar os empréstimos para compras de fertilizantes. Os subsídios para empréstimos continuaram a ser dados pelo sucessor do FUNFERTIL, o FUNDAG, embora a taxas ligeiramente menores. O FUNDAG atualmente subsidia todos os chamados "insumos modernos", sendo que os bancos dão preferência, na concessão de empréstimos, aos de "custeio integral", que incluem insumos modernos, restringindo aqueles de "custeio singular" que não os incluem. O crédito, portanto, concedido a taxas de juros reais negativas, foi conscientemente usado para ampliar o consumo de adubos, de 1966 em diante. <sup>23/</sup>

Como resultado dos subsídios e o declínio do preço real, o consumo de fertilizantes no Brasil aumentou quase quatro vezes durante o período de 1961/63 até 1971, sendo que a maior parte desse aumento veio depois de 1966. São previstos grandes incrementos até 1980, como mostra a Tabela 2. De acordo com os analistas da Otto Lohmann, Ltda., cerca de dois terços dos fertilizantes são destinados à área por eles denominada "Centro", cujo principal consumidor é o Estado de São Paulo (Tabela 3). Todas as regiões geográficas

---

<sup>22/</sup> Otto Lohmann, Ltda. "The Brazilian Fertilizer Market, 1969". São Paulo: Otto Lohmann, 1970, Vol. 2 (mimeografado), p. 76.

<sup>23/</sup> EAPA. "Identificação e Avaliação Preliminar de Política de Estímulos à Produção e Uso de Fertilizantes", op. cit., pp. 34-46.

ficas aumentaram suas aquisições do produto no período 1961-69. As regiões Sul e Norte, com níveis originais de uso menores, obtiveram acréscimos nos percentuais relativos ao consumo total. <sup>24/</sup>

Tabela 2 - Consumo Aparente de Fertilizantes no Brasil para o Período 1961-1980 (projetado).

Período	Quantidade NPK (1.000 toneladas)	Período	Quantidade NPK (1.000 toneladas)
1961/63	263	1973	1.278
1964/66	290	1974	1.470
1967/69	614	1977	2.045
1971	965	1980	2.723

Fonte: Otto Lohmann, Ltda., op. cit., Vol. 2, pp. 2-33.

Tabela 3 - Consumo de Fertilizantes no Brasil, por Região, 1969.

Região	% do peso	% do valor CIF
Sul	23,3	28,8
Norte	9,9	10,6
Centro	66,8	60,6
Brasil	100,0	100,0

Fonte: Otto Lohmann, op. cit., p. 19.

<sup>24/</sup> Otto Lohmann, op. cit., pp. 19-25.



A demanda de fertilizantes parece ser altamente elástica com relação ao preço. Foi estimada por Cibantos em  $-0,25$  a curto prazo e  $-2,48$  a longo prazo para o período 1949-71, em  $-0,61$  a curto prazo e  $-1,74$  a longo prazo para o subperíodo 1949-60, e em  $-1,60$  a curto prazo e  $-4,85$  a longo prazo para o subperíodo 1966-71. <sup>25/</sup>

As elasticidades para o último subperíodo são muito grandes, e devem-se, sobretudo, às políticas oficiais de incentivos e créditos, descritas acima.

## 2. Estudos sobre o Uso de Fertilizantes

### 2.1. Pesquisas com Dados Experimentais

Apesar dos dispendiosos esforços feitos para aumentar o uso de fertilizantes, houve poucos estudos ou experimentos sobre o rendimento físico e a viabilidade econômica desse insumo nas condições nacionais. Ademais, os resultados obtidos são frequentemente inconclusivos ou até contraditórios. Depois de abordar o problema dos níveis de respostas, examinaremos alguns trabalhos sobre experimentos de adubação em culturas anuais feitos no Brasil.

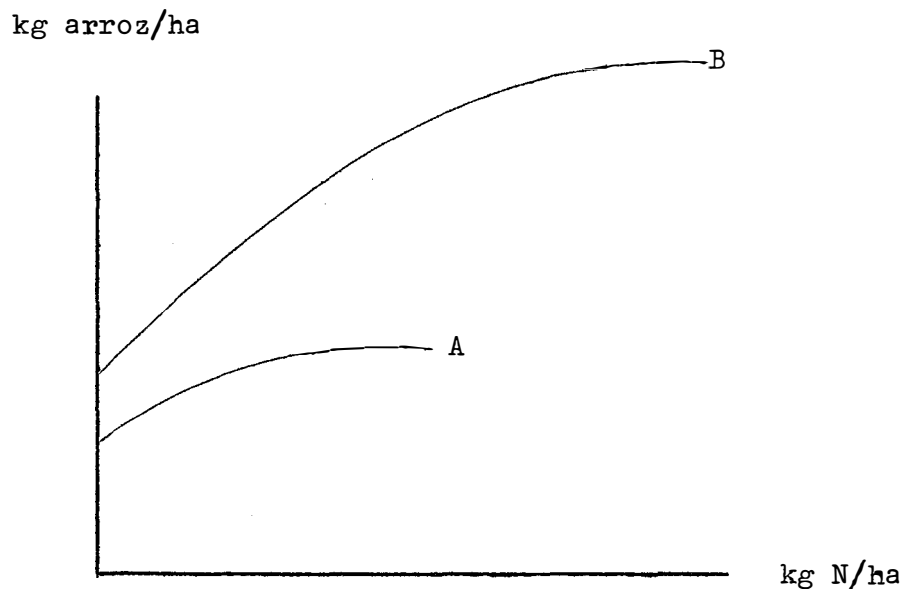
Como vimos no primeiro capítulo, Mellor afirma que a tecnologia agrícola pode determinar níveis diferentes de resposta aos fertilizantes. Para ilustrar essa idéia, ele apresenta funções

---

<sup>25/</sup> Jubert Sanches Cibantos. A Demanda para Fertilizantes no Estado de São Paulo. Piracicaba: Departamento de Ciências Sociais Aplicadas, ESALQ/USP. (Tese de doutoramento), 1972, pp. 152-154.

de produção empírica para o arroz em dois estados da Índia e dois dos Estados Unidos. A forma geral dessas funções é dada pela Figura 1. A curva "A" representa o ajustamento obtido para os estados indianos e "B" o ajustamento para os estados norte-americanos. <sup>26/</sup>

Figura 1 - Dois Níveis de Resposta ao Nitrogênio.



A curva "A" mostra que somente um pequeno aumento na produtividade foi obtido através da aplicação de nitrogênio nos estados indianos, enquanto o terceiro estágio foi atingido a níveis de aplicação 50% inferiores ao ponto correspondente das funções americanas. A curva "B" alcançada pelos Estados Unidos é o resultado

---

<sup>26/</sup> Mellor, op. cit., pp. 287-290.

de uma tecnologia agrícola mais aperfeiçoada. (A Índia, em anos recentes, também começa a melhorar sua tecnologia agrícola, deslocando suas próprias funções de produção para cima).

Knight, resumindo os resultados das experiências gaúchas com trigo e arroz, afirma que as respostas dessas culturas ao nitrogênio foram nitidamente inferiores às obtidas com trigo na Índia e com arroz nas Filipinas. Os gráficos que ele apresenta mostram ajustamentos de dados empíricos com curvas quase idênticas às apresentadas na Figura 1. Os rendimentos adicionais foram de 4 a 8 vezes maiores nos dois países citados que no Rio Grande do Sul, onde o terceiro estágio de produção foi encontrado com aplicações de 40-50 kg/hectares, apenas a metade dos níveis que começaram a trazer retornos negativos na Índia e nas Filipinas. Knight atribuiu essa diferença às sementes usadas nessas nações: essas respondem melhor ao nitrogênio devido ao intensivo aprimoramento genético visando aumentar a produtividade, processo que não acontecera com as variedades gaúchas.

Houve resposta favorável ao fósforo (no qual os solos riograndenses são deficientes), como também à calagem. No entanto, não houve respostas significativas ao potássio, em que os solos são ricos. 27/

Nas fazendas gaúchas, o aumento da produtividade do trigo, devido ao uso de fertilizantes, foi bastante reduzido, especialmente nos últimos anos. Economicamente, a adubação parece não ter sido compensatória para os triticultores. Esse resultado, é claro, decorre de uma função de produção do tipo "A" (Figura 1),

---

27/ Peter T. Knight. Brazilian Technology and Trade: A Study of Five Commodities. New York: Praeger Publishers, 1971, pp.144-197.

em que grandes gastos com adubos elevam pouco o produto total. Entretanto, há esperanças de obter melhores resultados com as novas variedades que estão sendo introduzidas no Estado. <sup>28/</sup>

Campos analisou, em 1967, dados de 50 ensaios fatoriais <sup>33</sup> de adubação NPK <sup>29/</sup> em milho, conduzidos em latossol roxo, na região de Ribeirão Preto, nos anos agrícolas 1957/58; 1958/59; 1959/60; 1960/61. Concluiu que a dose economicamente aconselhável "é de uma grande sensibilidade, apresentando uma amplitude de variação às vezes absurda, o que confunde bastante o pesquisador, não lhe permitindo emitir conceitos bem definidos sobre os níveis ótimos dos nutrientes." <sup>30/</sup>

---

<sup>28/</sup> Joaquim J. de Camargo Engler e Richard L. Meyer. "Trigo: Produção, Preços e Produtividade"; William C. Nelson e Richard L. Meyer. "O Aumento da Produtividade Agrícola: O Caso de Fertilizantes", ambos trabalhos publicados em "Anais do Seminário sobre a Influência da Política Agrícola na Formação de Capital". Brasília: Ministério da Agricultura, Subsecretaria de Planejamento e Orçamento, EAPA, 1972, p. 43; pp. 99-100. Isso parece estar em conflito com a análise de Lanzer sobre experimentos com adubação e calagem do trigo no Rio Grande do Sul. Entretanto, nesse estudo os valores dos produtos marginais dos adubos não foram muito superiores ao custo dos nutrientes, e o autor não considerou os outros custos envolvidos. Lanzer comenta, ainda, que uma redução de apenas 10% no preço do trigo (subsidiado no Brasil) teria efeitos "bastante acentuados" sobre o ponto ótimo, o que indica que a função de produção é achada nessa região. Enfim, os resultados estão em conformidade com uma curva do tipo "A" acima, em que os ganhos em produtividade são positivos, mas pequenos. A aplicação de calcário mostrou-se anti-econômica nessa pesquisa. Edgar A. Lanzer. "Análise Econômica de Um Grupo de Experimentos de Fertilização e Calagem do Solo na Cultura do Trigo - Rio Grande do Sul". Porto Alegre: IEPE/FCE/UFRGS, 1970, pp. 101-104.

<sup>29/</sup> Em todo este trabalho usaremos os símbolos N para nitrogênio, P para fósforo (na forma de  $P_2O_5$ ) e K para potássio (na forma de  $K_2O$ ).

<sup>30/</sup> Humberto de Campos. "Aspectos de Aplicação das Superfícies de Respostas a Ensaios Fatoriais <sup>33</sup> de Adubação". Piracicaba: Departamento de Matemática e Estatística, ESALQ/USP (Tese de Livre-Docência), 1967, p. 43.

Usando os mesmos dados, Campos e Araújo publicaram, em 1971, um trabalho visando determinar os rendimentos de adubação no ponto "ótimo" para diferentes preços de produtos e insumos. Tentaram determinar a conveniência ou não de investir em fertilizantes pela taxa de rendimento do capital empatado (K), usando a fórmula:

$$K = \frac{R - C}{C} \cdot 100\%$$

onde:

R = receita total obtida no nível "ótimo", menos aquela obtida no tratamento-testemunha;

C = custo total da adubação no nível "ótimo".

Todos os valores calculados pela fórmula foram positivos para os anos 1966-1970, considerando ou não as interações, sendo o menor valor ao redor de 20% e o maior ao redor de 250%. Segundo esses cálculos, um total de quase 400 kg/alqueire seria "ótimo" para os preços de 1970. <sup>31/</sup>

Para os mesmos ensaios, uma publicação do Instituto Agrônomo de Campinas recomenda 165 kg/alqueire de N, 48 kg/alqueire de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e pouco ou nenhum K<sub>2</sub>O. (Para os ensaios de Box, no ano 1967/68, a indicação para a área é 116 kg/alqueire de N, 121 kg/alqueire de P e 102 kg/alqueire de K, para um total de 339 kg/alqueire de nutrientes). <sup>32/</sup>

<sup>31/</sup> Humberto de Campos e Paulo F. Cidade de Araújo. "Aspectos Econômicos da Adubação em Milho". Piracicaba: Convênio Ministério da Agricultura-ESALQ/USP, 1971 (mimeografado).

<sup>32/</sup> Luiz Eugênio Coelho de Miranda e Joassy de Paula N. Jorge. "Adubação do Milho: II - Comprovação da Eficiência das Fórmulas de Adubação Recomendadas em Função da Análise do Solo". Campinas: IAC, Projeto BNDE/ANDA/CIA, nº 12, 1971, pp. 1-9.

Ainda com os mesmos dados experimentais, Vieira, Vaz de Arruda e Hoffmann concluíram que, devido à diversificação dos resultados, a recomendação de uma única fórmula de adubação "se torna problemática". Somente o nitrogênio apresentava coeficientes significativos com regularidade, sendo recomendável ao redor de 170 kg/alqueire desse nutriente. Para os nutrientes P e K, a recomendação econômica foi não adubar. 33/

Como explicar tal variação de recomendações baseadas nos mesmos ensaios experimentais?

Há vários problemas envolvidos, a saber:

- a) os preços do adubo e do milho usados para calcular o "ponto ótimo";
- b) a instabilidade dos resultados dos ensaios;
- c) o tipo de função ajustada;
- d) as condições experimentais.

Quanto ao primeiro problema, devemos lembrar que os preços são variáveis não só entre anos, como também, mensalmente. No trabalho de Vieira, et al., o preço do milho foi calculado para a safra, evitando a inclusão da utilidade de tempo (armazenamento) no cálculo do valor do produto marginal. Considerou-se, ainda, o custo variável da colheita e uma taxa de juros sobre o investimento em adubos. Essas estimativas levam em conta os custos associados às decisões dos fazendeiros.

---

33/ Sônia Vieira, et al. "Estudo Comparativo de Três Funções na Análise Econométrica de Experimentos de Adubação". Piracicaba: Convênio ESCO/MA-ESALQ/USP, 1971, p. 35.

No trabalho de Campos e Araújo, a função de receita líquida é dada "considerando tão somente as despesas com os nutrientes". Outrossim, tanto na tese de Campos como no trabalho de Campos e Araújo, os preços não são os da safra. Para 1966, os preços são os do mês de novembro. No triênio 1967-69, são médias anuais. Em 1970, são médias de janeiro a março, período imediatamente anterior à colheita. <sup>34/</sup>

Vimos na citação de Campos a dificuldade que a instabilidade dos ensaios traz para o pesquisador. O tipo de função, dependendo da sua forma e das observações, também pode levar ao cálculo de diferentes "pontos ótimos". Contudo, as condições experimentais podem ser ainda mais importantes na determinação das recomendações.

As estações experimentais normalmente gozam de uma série de fatores favoráveis a bons resultados que não são facilmente duplicáveis ao nível das propriedades rurais, tais como disponibilidade de mão-de-obra abundante, elevado grau de conhecimento técnico e sementes selecionadas. Quanto aos ensaios de Ribeirão Preto, por exemplo, estranhamos a elevada produtividade da testemunha: 148 sacos/alqueire (3.671 kg/hectare).<sup>35/</sup> Isto quer dizer que a produtividade em condições experimentais era cerca de 53% superior às médias da região e da amostra desta pesquisa, em terras adubadas.

Uma situação semelhante se verifica no caso de ensaios com o uso da torta de mamona em algodão realizados pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). O processo empregado na aplicação

---

<sup>34/</sup> Campos e Araújo, op. cit., pp. 5-9.

<sup>35/</sup> Idem, p. 15.

incluía a colocação dos adubos de 5 a 7 cm das sementes em sentido lateral e a um nível vertical de 3 a 5 cm inferior, por meio manual, tendo o cuidado de misturá-los o menos possível com a terra. <sup>36/</sup> Sem dúvida, o procedimento está tecnicamente correto, mas poderá não ser economicamente recomendável nas propriedades rurais, por exigir cuidados especiais e bastante mão-de-obra.

Miranda e Miranda, analisando 50 ensaios de adubação em milho em vários locais do Estado de São Paulo, no período 1969/70, concluíram que o terceiro estágio, no caso dos ensaios com menores rendimentos, começava a 419 kg/alqueire de nutrientes, estando o ponto "ótimo" em 378 kg/alqueire. De modo geral, níveis econômicos de adubação resultaram em produtividades dobradas: 172 sacos/alqueire contra 87 sacos/alqueire da testemunha. <sup>37/</sup>

Em outro trabalho sobre o milho, Miranda afirma que uma aplicação de 242-290 kg/alqueire de nutrientes na cultura do milho "cai numa faixa bastante segura, mesmo para relações bastante desfavoráveis de preços e respostas, sendo que essa quantidade é um pouco acima da que seria recomendada pelo critério de lucro máximo por capital gasto em adubo". Quanto à calagem, só houve boas respostas com pH menor que 5,4 e/ou  $Ca^{+2}$  menor que 2,0. <sup>38/</sup>

---

<sup>36/</sup> Nelson Machado da Silva. "Estudo Preliminar do Emprego de Torta de Mamona Associada à Adubação Mineral do Algodoeiro". Campinas: IAC, Projeto BNDE/ANDA/CIA, nº 1, 1971, pp. 1-2.

<sup>37/</sup> Luiz Eugênio Coelho de Miranda e Luiz Torres de Miranda. "Adubação do Milho: IV - Estudo Econômico de Adubação do Milho no Estado de São Paulo". Campinas: IAC, Projeto BNDE/ANDA/CIA, nº 14, 1971, p. 18.

<sup>38/</sup> Luiz Torres de Miranda. "Adubação do Milho: I - Relação entre Dados de Ensaios de Campo e de Análise Química do Solo". Campinas: IAC, Projeto BNDE/ANDA/CIA, nº 11, 1971, p. 10.



No Rio Grande do Sul, as experiências iniciais foram favoráveis à adubação do milho, mas o insumo é pouco usado por ser o milho produto típico de pequenas propriedades, cujos proprietários têm pouco acesso ao crédito. <sup>39/</sup>

No caso do algodão, Fuzatto analisa os resultados de 172 ensaios fatoriais <sup>3</sup> conduzidos no Estado de São Paulo nos anos agrícolas 1957/58, 1958/59 e 1959/60 pelo Instituto Agrônomo de Campinas. O autor eliminou 148 das 320 experiências originais da amostra por terem rendimentos de menos de 161 arrobas/alqueire ou coeficientes de variação superiores a 22%. Concluiu que altas doses de todos os três nutrientes NPK seriam lucrativas com as relações normais de preços. Houve, no entanto, casos de reações nulas ou negativas. <sup>40/</sup> Infelizmente, não estão incluídos no trabalho os pormenores sobre o delineamento do experimento, a exclusão dos ensaios com rendimentos baixos e os fatores considerados no cálculo do ponto "ótimo".

Tella, et al. constataram que, para 7 experiências de adubação de amendoim conduzidos no Estado de São Paulo, houve reação favorável ao nitrogênio e ao fósforo em 4 casos, e ao potássio em apenas 2 casos. Em quatro experiências com calcário, houve apenas 1 caso de resposta favorável.

Nessas experiências também foram usadas técnicas especiais de aplicação, misturando-se bem o adubo com a terra antes do plantio e aplicando o nitrogênio em cobertura. Mesmo com a alta

---

<sup>39/</sup> Knight, op. cit., pp. 144-197.

<sup>40/</sup> Milton Geraldo Fuzatto, et al. "Estudo Técnico-Econômico da Adubação do Algodoeiro no Estado de São Paulo". Campinas: Projeto BNDE/ANDA/CIA, nº 1, 1970.

porcentagem de respostas não favoráveis, os autores acharam econômico adubar. 41/

No caso do amendoim e do feijão, há uma grande necessidade de aumentar os rendimentos atuais para que essas culturas não sejam substituídas pela soja e outras atividades competitivas. O feijão, sobretudo, causa preocupações por apresentar queda de produtividade durante os últimos vinte anos, tornando cara e escassa uma das mais importantes fontes de proteína vegetal na dieta do brasileiro. Malavolta, citando resultados de 300 ensaios de fertilizantes com a leguminosa, conclui que "o feijão precisa e responde à adubação". Entretanto, os dados que o autor apresenta põem em dúvida a economicidade da adubação: "em 30% (dos ensaios) houve resposta favorável ao nitrogênio e, em 50% à adubação fosfatada; em 5% apenas, se notou reação ao potássio; a calagem foi benéfica em 10% dos casos". 42/

Em resumo, os resultados de experimentos conduzidos no país, para diversas culturas anuais, mostram respostas relativamente baixas à adubação, incluindo casos de respostas estatisticamente nulas. Outrossim, existem dúvidas se as técnicas empregadas nesses experimentos poderão ser economicamente empregadas ao nível das propriedades rurais.

---

41/ Romeu de Tella et al. "Experiências de Adubação do Amendoim". Campinas: Projeto BNDE/ANDA/CIA, nº 2, 1971, p. 1.

42/ Eurípedes Malavolta, em O Estado de São Paulo: Suplemento Agrícola, Ano 19, nº 939, 25/05/73, p. 3.

## 2.2. Pesquisas ao Nível da Propriedade Rural

Nelson, estudando dados levantados ao nível de propriedades agrícolas para o ano agrícola 1969/70, na região de Ribeirão Preto, concluiu que o uso de fertilizantes estava além do ótimo, apesar dos níveis observados serem inferiores às recomendações baseadas em resultados experimentais. Esta conclusão é apoiada pelo fato de poucos dos coeficientes obtidos serem estatisticamente significativos, mesmo a altos níveis de significância. O trabalho foi feito cuidadosamente e constitui uma excelente fonte de dados sobre fertilizantes. Especialmente útil para os fins desta pesquisa foi a subdivisão feita para testar a hipótese que diferenças em tipos de solo estavam escondendo os efeitos reais de adubação. Como poucas diferenças existiam entre áreas nos ajustamentos feitos, rejeitou-se essa hipótese. Ademais, a perda de graus de liberdade resultou num número ainda menor de parâmetros significativos. <sup>43/</sup>

A análise, porém, deixa certas dúvidas quanto ao uso das funções. Em primeiro lugar, a Cobb-Douglas mostrou-se mais satisfatória que a quadrática, na opinião de Nelson, e foi usada durante quase toda a análise. No entanto, em uma seção, a amostra foi dividida em dois estratos, baseados no uso de adubos (grupos "alto" e "baixo"). Na análise desses estratos, Nelson empregou a função quadrática. Obteve valores dos produtos marginais pequenos ou nulos para o grupo de baixo uso, e valores positivos e maiores que os preços dos fatores para o grupo que usou fertilizantes mais intensivamente. Voltaremos a tratar desse problema no Capítulo V.

---

<sup>43/</sup> William C. Nelson. "An Economic Analysis of Fertilizer Utilization in Brazil". Columbus: Department of Agricultural Economics, The Ohio State University, Tese de Ph.D., 1971, p. 95; pp. 255-293.

A segunda dificuldade com a tese de Nelson é o fato de haver muitos ajustamentos com coeficientes cujos sinais são negativos, quando se analisam os nutrientes NPK como variáveis individuais. O nitrogênio, em particular, frequentemente tem sinal negativo. Como agregado, a variável "fertilizantes" tinha coeficientes próximos de zero. Como mostraremos adiante, estes resultados são, provavelmente, meros efeitos de multicolinearidade no modelo.

Biserra ajustou funções de produção do tipo Cobb-Douglas para milho, para os municípios de Jardinópolis e Guaíra. <sup>44/</sup> Uma das variáveis usadas foi fertilizantes (medidos em cruzeiros gastos com os nutrientes). O autor concluiu, com base em certos ajustamentos, que o insumo estava sendo alocado a um ponto próximo do "ótimo" pelos agricultores da região. No entanto, Biserra esclarece que o processo adotado superestima o coeficiente.

Essa superestimação resulta das tentativas feitas pelo autor para estimar indiretamente o efeito das diferentes variáveis independentes num modelo em que a variável dependente foi expressa em produção total. Nesse modelo houve um problema de alta multicolinearidade entre a variável "terra" e as outras variáveis independentes. O alto coeficiente para a variável "fertilizantes" foi obtido num ajustamento em que a variável "terra" foi omitida da regressão. Posto que Biserra estava mais preocupado em medir indiretamente o efeito das outras variáveis, especialmente "mão-de-obra", não se preocupou com a superestimação do coeficiente de "fertilizantes".

---

<sup>44/</sup> José Valdeci Biserra. "Análise das Relações Fator-Produto na Cultura do Milho em Jardinópolis e Guaíra, Estado de São Paulo, Ano Agrícola 1969/70". Piracicaba: ESALQ/USP, Tese de Mestrado, 1971, pp. 41-43 e Apêndice.

Em outros modelos que Biserra apresentou no Apêndice, vemos que a variável "fertilizantes" foi não-significativa, com um valor do produto marginal inferior ao preço do fator. Para os ajustes feitos para o município de Guaíra, o coeficiente até aparece com sinal negativo.

Na interpretação dessa variável, devemos lembrar o critério de Heady e Dillon, que a eliminação de uma variável da função de produção poderá ser uma solução válida para a multicolinearidade somente "se a lógica da situação produtiva não indica que a variável excluída deva ser incluída".<sup>45/</sup> Portanto, o modelo que parece mais indicado dos que Biserra apresenta, é um em que a variável dependente é expressa em termos de produtividade e a variável fertilizantes em Cr\$/hectare. Nesse modelo, a variável possui um coeficiente desprezível e um teste "t" próximo de zero. Assim, uma leitura cuidadosa desse trabalho, com vistas à interpretação da variável "fertilizantes" revela que a resposta aos adubos na cultura do milho foi pequena ou até nula. Os resultados, portanto, estão de acordo com a conclusão de Nelson, ou seja, que os agricultores estão usando um nível de adubação além do "ótimo".

### 2.3. Um Problema Especial: Multicolinearidade

Os problemas de multicolinearidade encontrados por Nelson e Biserra são típicos de funções de produção. De fato, as dificuldades que eles enfrentaram parecem ser menos sérias que as de

<sup>45/</sup> Earl O. Heady e John L. Dillon. Agricultural Production Functions. Ames: The Iowa State University Press, 1966, p.136.

muitos outros trabalhos e teses que temos visto. Infelizmente, os livros-textos tratam mui superficialmente do assunto, o que facilmente leva a enganos. Ademais, o pensamento sobre o assunto tem evoluído muito nos últimos anos. Vários trabalhos sobre aspectos importantes do problema foram só recentemente publicados e, portanto, têm uma divulgação ainda limitada.

Por este motivo, faremos aqui, uma breve exposição das principais dificuldades que a multicolinearidade apresenta, com o intuito de evitar futuros enganos a respeito do tema e esclarecer certos critérios de interpretação que serão adotados posteriormente no presente trabalho.

Os efeitos principais da multicolinearidade, quando alta, são descritos por Johnston: <sup>46/</sup>

a) a precisão das estimativas cai de modo que se torna difícilimo, se não impossível, isolar as influências relativas das diversas variáveis  $X_i$ . Esta perda de precisão tem três aspectos: estimativas específicas podem ter erros muito grandes; estes erros podem ser altamente correlacionados, um com outro; e as variâncias amostrais dos coeficientes serão muito grandes;

b) investigadores são frequentemente levados a eliminar variáveis incorretamente de uma análise porque os seus coeficientes não são significativamente diferentes de zero, enquanto a situação verdadeira pode ser que a variável tenha algum efeito, mas os dados amostrais não permitissem a sua constatação. Por isso, se os dados e graus de liberdade o permitirem, deve-se preferir errar do lado de incluir mais variáveis na análise e não de excluí-las;

---

<sup>46/</sup> J. Johnston. Econometric Methods. New York: McGraw-Hill Book Company, 1972 (2ª Edição em inglês), pp. 160-169.

c) estimativas de coeficientes tornam-se muito sensíveis a conjuntos particulares de dados amostrais, e a adição de mais algumas observações pode produzir mudanças dramáticas em alguns dos coeficientes.

Em especial, conclui Johnston, uma correlação simples ( $r_{ij}$ ) grande e positiva, provavelmente, produzirá erros grandes e opostos nas estimativas dos parâmetros  $b_i$  e  $b_j$ .

Klein sugere que, no modelo original de Cobb e Douglas, ou seja, com apenas as duas variáveis altamente agregadas "capital" e "trabalho", a multicolinearidade não deve apresentar obstáculos, mesmo que esteja entre 0,6 e 0,9, ou até mais alto, já que os coeficientes são geralmente várias vezes maiores que os desvios-padrões, certamente mais de duas vezes, que é aproximadamente o valor crítico comum para um teste "t" a 5%. <sup>47/</sup> Um critério necessário, então, será a significância estatística das estimativas, pois, como assinala Johnston, "os desvios-padrões devem dar uma ampla advertência da impressão das estimativas dos efeitos isolados de  $X_i$  e  $X_j$  quando estas duas variáveis estiverem altamente correlacionadas." <sup>48/</sup>

Há pesquisadores que interpretam esse fenômeno como sendo meramente responsável pela falta de significância estatística, tendendo a "sobrestimar o erro-padrão dos coeficientes fazendo com que estes se tornem, muitas vezes, não significantes, quando na

---

<sup>47/</sup> Lawrence R. Klein. An Introduction to Econometrics. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, Inc., 1962, p. 64; p. 101.

<sup>48/</sup> J. Johnston. Métodos Econométricos. São Paulo: Editora Atlas, S.A., 1971 (primeira edição em português), p. 222.

realidade eles o são. Os coeficientes, neste caso, permaneceriam ainda não-tendenciosos..." 49/

Como mostra Kmenta, a atribuição da não-significância dos coeficientes à presença de multicolinearidade não é um critério aceitável:

"Se os coeficientes estimados são altamente instáveis - isto é, se suas variâncias forem grandes - a região de aceitação da hipótese de que um dado coeficiente de regressão é zero será ampla. Por sua vez, isto indica que o poder do teste é fraco. Assim, o teste não é muito útil em discriminar entre hipóteses válidas e falsas." 50/

Outros pesquisadores têm adotado um nível específico de aceitabilidade para as correlações simples. Assim, Pellegrini, et al., obtendo uma correlação de 0,87 entre as variáveis "terra" e "trabalho" para uma função de produção de tomate de vara, dizem que "uma correlação de até 0,90 pode ser aceita, desde que as variáveis correlacionadas sejam de grande importância para o modelo." 51/

Numa função de produção para milho, Pellegrini novamente encontra alta multicolinearidade entre as variáveis "terra" e "tra

---

49/ Jober Rocha. "Análise Econômica da Engorda de Bovinos em Confinamento através da Superfície de Resposta Ulveling-Fletcher". Viçosa: Departamento de Economia Rural, Universidade Federal de Viçosa. (Tese de M.S. não publicada), 1972, pp. 31-32.

50/ Kmenta, Jan. Elements of Econometrics. New York: The Macmillan Company, 1971, p. 391.

51/ L.M. Pellegrini, et al. "Uma Função de Produção para Tomate de Vara". Agricultura em São Paulo, Ano 18, nºs 11/12, novembro e dezembro de 1971, p. 45.



balho", considerando aceitável uma correlação simples "em torno de 0,90." <sup>52/</sup>

Em ambos esses trabalhos, a variável "fertilizantes" não teve coeficientes significativamente diferentes de zero. Entretanto, não sabemos se isso se deve a uma falta de resposta aos fertilizantes, ou à presença de multicolinearidade. Como diz Goldberger, a alta multicolinearidade introduz um obstáculo inerente: estimativas dignas de crédito não podem ser extraídas da amostra em si." <sup>53/</sup>

Outro critério que tem sido usado é que a multicolinearidade é tolerável se  $r_{ij} < R$ . Como mostra Huang, este critério é irracional. No entanto, Huang erra em atribuir a sugestão do critério a Klein. <sup>54/</sup> O que Klein de fato sugere é um critério bastante diferente: dado que o desvio-padrão de um coeficiente individual depende da correlação da variável correspondente com as outras variáveis explicativas e da correlação múltipla, se aquela for alta em comparação com esta, há indeterminação (no sentido relativo) no modelo. <sup>55/</sup>

Em vez de um sinal verde para alta multicolinearidade, o que temos é uma advertência que ela constitui um problema mesmo quando os  $r_{ij}$  estão baixos em termos absolutos, se o  $R$  da regressão estiver baixo, ou se uma  $r_{ij}$  começar a se aproximar do valor

---

<sup>52/</sup> L.M. Pellegrini. "Uma Função de Produção para Milho - Município de Itapetininga". Em Agricultura em São Paulo, Ano 16, números 5/6, maio e junho de 1969, p. 8.

<sup>53/</sup> Arthur S. Goldberger. Econometric Theory. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1964, pp. 193-201.

<sup>54/</sup> David S. Huang. Regression and Econometric Methods. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1970, pp. 153-154.

<sup>55/</sup> Klein, op. cit., p. 64; p. 101.

do R quando este for alto. Conseqüentemente, podemos também rejeitar qualquer nível específico de correlação simples como sendo "aceitável" ou "tolerável", a priori.

Isso poderia explicar os coeficientes negativos para o nitrogênio, obtidos por Nelson, quando os nutrientes entraram como variáveis separadas na regressão, enquanto a variável "total de nutrientes", em outras regressões, tinha coeficientes e testes "t" próximos de zero. Como o efeito total de fertilizantes e das outras variáveis era pequeno, e os nutrientes correlacionados entre si, um coeficiente foi empurrado para cima e outro para baixo. Isso poderia acontecer, apesar de ser o modelo de Nelson bem especificado, e de os níveis absolutos de multicolinearidade serem baixos. O mesmo fenômeno também foi constatado no presente trabalho com certas regressões, como será discutido no Capítulo V.

Para ilustrar essas idéias, fizemos uma regressão para soja com os dados desta pesquisa, colocando  $X_{10} = N$ ;  $X_{11} = P$ ;  $X_{12} = K$  na mesma regressão com  $X_{20} = \text{total de nutrientes} = X_{10} + X_{11} + X_{12}$ . Foi possível inverter a matriz devido aos erros de arredondamento. As estimativas obtidas foram:

Tabela 4 - Efeitos de Multicolinearidade Quase Perfeita.

Variável	Estimativa	Teste "t"
$X_{10}$	-0,02	-0,74
$X_{11}$	-0,12	-1,93
$X_{12}$	-0,04	-0,60
$X_{20}$	0,35	1,94

Fonte: Dados da amostra. N = 34.

A  $r_{ij}$  mais alta foi entre  $X_{11}$  e  $X_{20}$  (0,65), precisamente entre as variáveis com os testes "t" e estimativas maiores em termos absolutos. Isso confirma a observação de Johnston que uma  $r_{ij}$  grande e positiva, provavelmente, produzirá erros grandes e opostos nas estimativas dos parâmetros  $b_i$  e  $b_j$ . Esclarece também a afirmação de Kmenta que "a presença de um alto grau de multicolinearidade, ou até de multicolinearidade perfeita, não implica que a correlação entre duas variáveis independentes quaisquer deva ser especialmente alta." <sup>56/</sup>

Por outro lado, comprovamos que o critério de Klein da significância dos testes "t", embora condição necessária para a obtenção de estimativas fidedignas, não é suficiente. Por produzir erros grandes nos coeficientes - que são os numeradores dos testes "t" - uma correlação alta poderá tornar um teste "t" significativo. Isso aconteceu no caso de  $X_{20}$  (acima) para um teste unilateral a 0,05.

O exemplo é, obviamente, um caso extremo, mas é interessante apresentá-lo, posto que os casos de multicolinearidade alta ou quase perfeita são pouco tratados nos livros-textos, que dedicam suas atenções ao caso limite de multicolinearidade perfeita, o que tem menor relevância para a pesquisa aplicada. Os perigos que a multicolinearidade acarreta devem ficar claros com o exemplo acima [os coeficientes indicam que o uso de N, P e K deve ser aumentado, como conjunto ( $X_{20}$ ), e reduzido para estes três nutrientes, separadamente ( $X_{10}$ ,  $X_{11}$  e  $X_{12}$ )]. Vemos de imediato que, numa situação real com apenas os três nutrientes no modelo, o pesquisador poderia recomendar, com base nas estimativas obtidas, que os agricultores aumentassem o P e diminuíssem o K, quando, na realidade, ambos estão no "ponto ótimo".

---

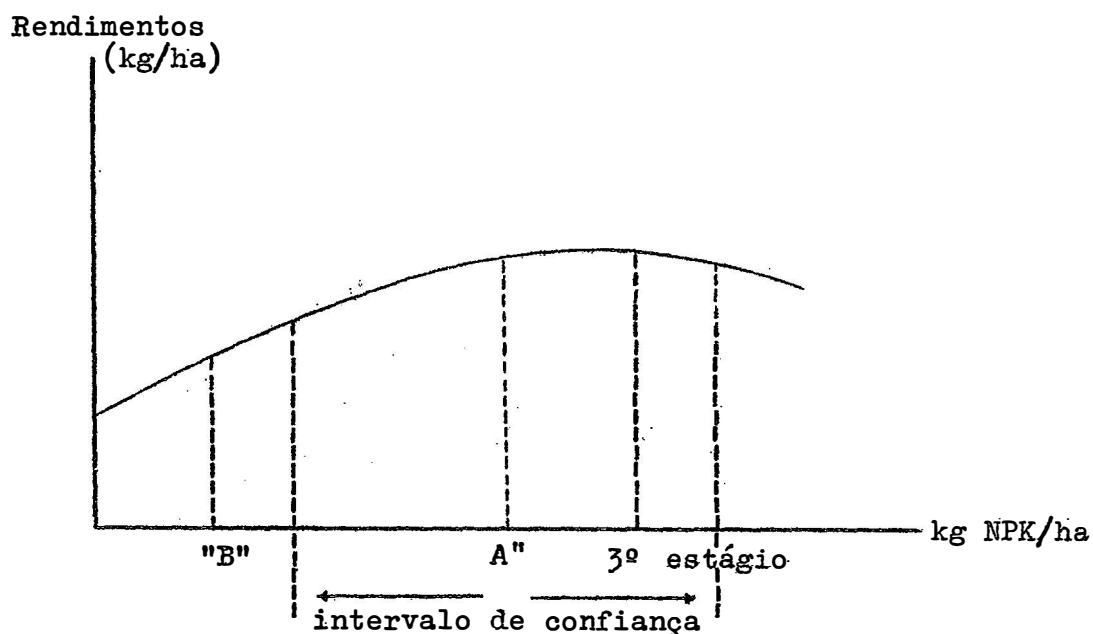
<sup>56/</sup> Kmenta, op. cit., p. 389.

## 2.4. Os Intervalos de Confiança e as Decisões dos Agricultores

Se as funções de produção forem achatadas na região do "ponto ótimo", este ponto pode ter pouca importância do ponto de vista do agricultor, posto que a renda líquida sacrificada com um nível de adubação muito aquém desse ponto será pequeno. Ademais, um nível menor de adubação pode ser encarado como uma espécie de "seguro" contra um ano agrícola desfavorável em termos de condições climáticas ou de preços.

Devemos lembrar, também, que o "ponto ótimo" nunca é conhecido com exatidão. Nada mais é que uma estimativa estatística, à qual corresponde um intervalo de confiança. Se a função for achatada na região desse ponto, o seu intervalo de confiança poderá ser relativamente grande, havendo pouca diferença na receita líquida entre adubação no ponto ótimo "A" e em um dado ponto "B" muito aquém de "A" (ver Figura 2).

Figura 2 - Uma Função de Produção Hipotética mostrando o "Ponto Ótimo" de Adubação e o seu Intervalo de Confiança.



Assim, Tollini e Seagraves aconselham que se tenha cautela em fazer recomendações de resultados experimentais. Usando uma combinação de dados de experimentos e de entrevistas com proprietários rurais, esses autores chegaram à conclusão que o ponto ótimo de aplicação de nitrogênio em milho, na Carolina do Norte, estaria entre 99 e 197 libras/acre para as condições da região no período estudado. Ademais, os agricultores estariam justificados em usar quantidades menores que as funções assinalavam como um "seguro" contra secas e outras condições desfavoráveis. <sup>57/</sup>

Como já notamos, as relações de preços também têm efeitos importantes na determinação do "ponto ótimo". No caso do feijão, Schuh e Tollini concluem que, com variações típicas de preços do feijão e dos nutrientes, o "ponto ótimo" varia entre 47 e 184 kg/hectare de N e entre 31 e 134 kg/hectare de  $P_2O_5$ . <sup>58/</sup>

Vemos, portanto, a importância de os fazendeiros conhecerem as suas funções de produção e as técnicas corretas de uso de fertilizantes para alocar esse recurso produtivo racionalmente. Nesse sentido, o Convênio FAO/ANDA/ABCAR (na área de Minas Gerais, Espírito Santo, Goiás e Mato Grosso) e o Convênio BNB/ANDA/ABCAR (no Nordeste) poderão ajudar. Esses convênios visam a instalação de programas de demonstração, em que os canteiros são preparados junto às roças de agricultores. Três níveis de fertilizantes são

---

<sup>57/</sup> Hélio Tollini e J.A. Seagraves. "Actual and Optimum Use of Fertilizer: The Case of Nitrogen on Corn in Eastern North Carolina". Raleigh: Department of Economics, North Carolina State University, Economics Research Report nº 14, dezembro de 1970, pp. 7-12; pp. 30-31.

<sup>58/</sup> G. Edward Schuh e Hélio Tollini. "Análise Econômica de Ensaios de Adubação". Brasília: Ministério da Agricultura, setembro de 1972 (versão preliminar sem numeração de páginas).

usados, e é demonstrado o efeito de um preparo adequado do solo, espaçamento correto e outras práticas recomendáveis. Os resultados são apresentados em "dias de campo", com a presença de extensionistas para explicar os procedimentos e as vantagens verificadas. 59/

Esses convênios nos darão uma experiência muito maior do que ora possuímos sobre as respostas a fertilizantes nessas regiões.

Os dados serão especialmente úteis por serem obtidos em propriedades rurais, e as demonstrações permitirão que os agricultores observem técnicas corretas de adubação e os efeitos de diferentes níveis de aplicação. Isso talvez os ajude a reduzir o tempo necessário para conhecer a natureza das funções de produção para diferentes culturas e nutrientes. 60/

Outros acontecimentos promissores são as pesquisas genéticas, que estão sendo realizadas no país. Já foram desenvolvidas na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" variedades de milho, por exemplo, que atingiram produtividades de 14.000 kg/hectare em ensaios experimentais, e 4.000 kg/hectare sem adubação (em comparação com a média de 1.640 kg/hectare para o Estado de São

---

59/ EAPA. "Identificação e Avaliação Preliminar de Política de Estímulos à Produção e Uso de Fertilizantes", op. cit., pp. 45-46.

60/ Há pesquisas que mostram que os fazendeiros estadunidenses-com muitos anos de experiência com fertilizantes- já conhecem suas funções de produção. Uma das conclusões de estudos feitos no Estado de Michigan é que "os melhores fazendeiros já sabem qual é o ponto ótimo de adubação e a maneira mais simples de descobri-lo é perguntar-lhes". Citado por Tollini e Seagraves, op. cit., p. 15.

Paulo). 61/ Tais desenvolvimentos poderão, futuramente, deslocar as funções de produção para cima, tornando a adubação altamente rendável em casos em que não parece estar cobrindo os seus custos agora.

Em suma, a economicidade do uso de fertilizantes no Brasil ainda está sujeita a dúvidas. Os estudos sobre o assunto são escassos, tanto com dados experimentais quanto com os obtidos ao nível da propriedade rural. Os resultados são frequentemente confusos, havendo até conclusões e recomendações contraditórias feitas com base nos mesmos dados. Tentaremos esclarecer o problema da economicidade de adubação em culturas anuais para uma importante região produtora nos capítulos a seguir.

---

61/ Almiro Blumenschein. "Programa de Pesquisa do Instituto de Genética". Seminário proferido no Departamento de Ciências Sociais Aplicadas, ESALQ/USP, em 26/05/72.

CAPÍTULO III  
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA E DA AMOSTRA

1. A Área de Estudo.

A Divisão Regional Agrícola (DIRA) de Ribeirão Preto localiza-se no Nordeste do Estado de São Paulo, limitando-se em dois lados pelo Estado de Minas Gerais. Inclui quase 15% da superfície do Estado e constitui uma das suas regiões mais dinâmicas e importantes. Caracteriza-se pelo alto grau de mecanização e pelo uso generalizado de adubos e outros insumos modernos, sendo esse fato o motivo principal da escolha da área pelo Projeto de Formação de Capital na ocasião do levantamento em 1970. <sup>62/</sup>

---

<sup>62/</sup> Para informações sobre o levantamento original, consultar Leda R. Perroco et al. "Aspectos Econômicos da Agricultura na Região de Ribeirão Preto, Ano Agrícola 1969/70". Piracicaba: Departamento de Ciências Sociais Aplicadas, ESALQ/USP, Projeto de Formação de Capital, 1971, pp. 1-15.

Para informações sobre o levantamento realizado em julho de 1972, ver Charles Leslie Wright e Pedro Valentim Marques. "Aspectos Econômicos da Agricultura na Região de Ribeirão Preto - Ano Agrícola 1971/72". Piracicaba: Departamento de Ciências Sociais Aplicadas, ESALQ/USP, Série Estudos nº 15, 1973.



Em julho de 1972, foi realizado um novo levantamento sob o patrocínio do Projeto de Formação de Capital da Ohio State University, do Departamento de Ciências Sociais Aplicadas da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" e do Instituto de Economia Agrícola da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo. As informações obtidas são referentes ao ano agrícola 1971/72, e servem de base para o presente estudo.

Três municípios da DIRA de Ribeirão Preto foram abrangidos pelo levantamento de 1972: Jardinópolis, Sales de Oliveira e Guaiara. Foram escolhidos por especializarem-se em culturas anuais, para as quais se queria obter informações sobre adubação, coeficientes técnicos e crédito rural. No ano agrícola 1971/72, as quatro culturas anuais estudadas aqui - milho, algodão, arroz e soja - ocuparam 79,4% da área cultivada em Jardinópolis e 95,8% em Guaiara. <sup>63/</sup> Os solos (latossol roxo sendo o tipo mais importante), a topografia (levemente ondulada) e a precipitação (de 1.100 a 1.700 mm anuais) favorecem essa especialização.

Esses municípios apresentam médias de produtividade superiores às da DIRA de Ribeirão Preto em geral, e às do Estado de São Paulo - que normalmente fica entre os primeiros estados do país em produtividade. Essa situação está resumida na Tabela 5 para os anos agrícolas 1969/70 e 1971/72. <sup>64/</sup> Não houve uma tendência clara nas mudanças de produtividade entre os dois anos.

---

<sup>63/</sup> Sendo poucas as propriedades sorteadas no município de Sales de Oliveira, os dados desse município estão incluídos em todo este trabalho com os de Jardinópolis, como também o foram nos estudos anteriores.

<sup>64/</sup> Em todo o trabalho, o ano agrícola é definido como o período começado em 1º de agosto de um ano e findo em 31 de julho do ano seguinte.

Tabela 5 - Produtividade de Quatro Culturas Anuais nas Propriedades da Amostra, da DIRA de Ribeirão Preto e do Estado de São Paulo, Anos Agrícolas 1969/70 e 1971/72.

Região	Milho (sc.de 60 kg/alq.)		Algodão (arroba=15 kg/alq.)		Arroz (sc.de 60 kg/alq.)		Soja (sc.de 60 kg/alq.)	
	1969/70	1971/72	1969/70	1971/72	1969/70	1971/72	1969/70	1971/72
Jardinópolis	109,7	101,9	207,7	230,5	59,6	82,7	- a/	63,0
Guaíra	109,7	95,0	238,9	230,9	69,5	61,8	59,5	77,0
DIRA de Ribeirão Preto	59,7	94,8	242,0	194,9	44,0	53,0	51,9	71,0
Estado de São Paulo	64,7	80,7	189,4	169,1	44,0	53,0	52,2	70,7

a/ Devido ao pequeno número de propriedades com soja, em Jardinópolis, em 1969/70, essa média não foi calculada.

Fonte: Wright e Marques, op. cit., pp. 22-26.

Os níveis de adubação nesses municípios também são altos: 235 kg/alqueire nas propriedades da amostra, contra 208 kg/alqueire para o Estado de São Paulo em 1971, e 30 kg/alqueire para o Brasil em 1967, os últimos anos de que se dispõe de dados. <sup>65/</sup>

## 2. Critérios de Seleção das Propriedades

As propriedades foram estratificadas em três grupos para assegurar representação dos diversos tamanhos e diferentes graus de modernização na amostra de julho de 1970. Essa classificação foi baseada na área explorada, como segue:

Estrato I - pequenas propriedades: de 4 a 12,4 alqueires (aproximadamente de 10 a 30 hectares);

Estrato II - médias propriedades: de 12,5 a 82,4 alqueires (de 31 a 200 hectares, aproximadamente);

Estrato III - grandes propriedades: de 82,5 a 1.250 alqueires (de 201 a 3.000 hectares, aproximadamente).

Os minifúndios (menos de 10 hectares) e latifúndios (mais de 3.000 hectares) foram eliminados, a priori, da amostra: os primeiros por considerá-los incapazes de desenvolver o tipo de atividade empresarial que se queria estudar, e os últimos por não serem representativos da região e por incluírem atividades não-agrícolas, tais como usinas.

---

<sup>65/</sup> Secretaria da Agricultura. O Desenvolvimento da Agricultura Paulista, op. cit., p. 135; Jubert Sanches Cibantos, op.cit., p. 132.

Três critérios adicionais foram adotados para as propriedades serem incluídas na amostra:

a) uso de uma amostra aleatória para assegurar a validade de testes estatísticos. O rol usado foi o do IBRA (atual INCRA) de 1966, o qual oferecia a melhor base disponível para uma seleção ao acaso, embora não estivesse atualizado com a precisão desejada;

b) as empresas deverão ser dirigidas pelos seus proprietários para evitar diferenças devido à tenência;

c) mais de 50% da área deve ser usada para a produção agrícola para evitar a inclusão de terras usadas para recreação ou especulação imobiliária.

Das 1.264 unidades do universo de propriedades com culturas anuais, foram sorteadas 235 propriedades que satisfizeram os critérios de amostragem para o levantamento realizado em julho de 1970. Esse número foi reduzido a 154 pelos seguintes motivos (em ordem de frequência):

a) impossibilidade de identificar ou localizar a propriedade;

b) os proprietários moravam fora do município;

c) os proprietários não quiseram participar do levantamento.

Para o levantamento de julho de 1972, resolveu-se usar essa mesma amostra, já que haveria possibilidades de fazer comparações entre os dois anos agrícolas 1969/70 e 1971/72 para as mesmas propriedades, como também maior facilidade na localização delas e na realização das entrevistas (certas informações obtidas no

levantamento anterior não teriam de ser pedidas de novo). Em julho de 1972, foram obtidos 120 questionários (aproximadamente 10% do universo). A redução no número de entrevistas se deve aos seguintes motivos:

- a) a venda da propriedade durante o ano agrícola;
- b) impossibilidade de localizar o proprietário ou combinar um horário para a entrevista;
- c) o proprietário negou-se a colaborar.

### 3. Realização das Entrevistas

As informações foram levantadas no período de 6 a 26 de julho de 1972 por alunos de graduação e pós-graduação do Departamento de Ciências Sociais Aplicadas da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", com assistência fornecida pelos funcionários das Casas da Agricultura locais. Os questionários foram revisados pelos entrevistadores logo após as entrevistas e, em seguida, por um supervisor.

Quando foram encontrados erros ou informações incompletas, o entrevistador voltou para a propriedade na tentativa de solucionar a dificuldade. Uma ficha de movimento financeiro foi empregada como instrumento de controle, permitindo-se apenas 5% de erro sobre o movimento total para aceitação do questionário. Em agosto e setembro, os questionários foram novamente revisados na ESALQ.

#### 4. Características Gerais da Amostra

A Tabela 6 mostra que as propriedades da amostra estão bem distribuídas com respeito ao tamanho e ao grau de mecanização. Numericamente, o estrato II é o mais bem representado, mas devemos lembrar que este grupo inclui propriedades que variam de 12,5 até 82,4 alqueires. As propriedades médias e grandes possuem um grau de mecanização superior ao das pequenas, o que era esperado.

A porcentagem da área explorada dedicada a culturas varia entre 79,3% para as pequenas propriedades de Jardinópolis a apenas 49,1% para as grandes propriedades de Guaíra. Essa diferença se explica pelo fato das propriedades médias e grandes dedicarem maiores áreas a pastagens (Tabela 7).

A cultura mais encontrada nas propriedades da amostra é a do milho, seguida em ordem de frequência pelo arroz, o algodão e a soja (Tabela 8). Entretanto, as maiores propriedades tendem a especializar-se em soja e algodão (Tabela 9). Destarte, a soja ocupa a maior área de todas as culturas nas propriedades sorteadas nos três municípios: 1.512 alqueires contra 1.344 para o milho; 1.280 para o algodão; e apenas 326 alqueires para o arroz. <sup>66/</sup>

A Tabela 10 mostra que houve um grande aumento no número de propriedades produzindo soja, entre os anos agrícolas 1969/70 e 1971/72, e que esta expansão se realizou às custas do milho, do algodão e do arroz. A DIRA de Ribeirão Preto destaca-se como uma das regiões mais importantes do Brasil na produção de soja, produzindo, em 1970/71, 79,5% da soja colhida no Estado de São Paulo. <sup>67/</sup>

<sup>66/</sup> Wright e Marques, op. cit., p. 15.

<sup>67/</sup> Secretaria da Agricultura. Instituto de Economia Agrícola. Boletim nº 7, Ano VI, julho de 1971, p. 18.

Tabela 6 - Distribuição das Propriedades da Amostra por Estratos, Incluindo as Áreas Possuídas e Exploradas e Grau de Motomecanização. Municípios de Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72.

Município	Estrato	Nº total de propriedades levantadas	Área Média		Porcentagem de propriedades com tratores
			Terra possuída (alqueires)	Terra explorada <sup>a/</sup> (alqueires)	
Jardinópolis	I	17	8,8	8,2	41
	II	24	29,7	39,2	88
	III	13	146,2	175,3	100
	Total	54	-	-	76 <sup>b/</sup>
Guaíra	I	13	12,5	9,3	8
	II	31	33,4	38,5	65
	III	22	193,7	189,8	100
	Total	66	-	-	67 <sup>b/</sup>

<sup>a/</sup> terra explorada = terra possuída + (terra arrendada de outros - terra arrendada para outros).

<sup>b/</sup> Média ponderada.

Fonte: Wright e Marques, op. cit., pp. 18-28.

Tabela 7 - Uso da Terra Explorada nas Propriedades da Amostra. Municípios de Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72.

Município	Estrato	Terra explorada		Terra cultivada		Terra em pastagens		Outros Usos <sup>a/</sup>	
		Área Média (alq.)	%	Área Média (alq.)	%	Área Média (alq.)	%	Área Média (alq.)	%
Jardinópolis	I	8,2	79,3	6,5	1,0	12,2	0,7	8,5	
	II	39,2	78,3	30,7	5,9	15,1	0,1	6,6	
	III	175,3	54,7	95,9	66,0	37,6	13,4	7,7	
Guaíra	I	9,3	59,2	5,5	1,9	20,4	1,9	20,4	
	II	38,5	67,5	26,0	9,2	23,9	3,3	8,6	
	III	189,8	49,1	93,1	67,7	36,6	29,0	15,3	

<sup>a/</sup> Este item inclui terras em descanso, matas e terras inaproveitáveis.

Fonte: Wright e Marques, op. cit., p. 20.



Tabela 8 - Atividades Agrícolas nas Propriedades da Amostra. Jardimópolis e Guáira, Ano Agrícola 1971/72.

Município	Estrato	Nº de entrevistas	Nº de propriedades produzindo			
			Milho	Algodão	Arroz	Soja
Jardinópolis	I	17	13	7	12	0
	II	24	22	12	19	5
	III	13	13	7	10	8
	Total	54	48	26	37	13
Guáira	I	13	10	4	10	6
	II	31	28	16	19	23
	III	22	21	15	14	17
	Total	66	59	35	43	46

Fonte: Wright e Marques, op. cit., p. 9

Tabela 9 - Porcentagem da Área Média Cultivada Dedicada às Culturas nas Propriedades da Amostra, Jardimópolis e Guáira, Ano Agrícola 1971/72.

Município	Estrato	Milho	Algodão	Arroz	Soja	Total <sup>a/</sup>
Jardinópolis	I	24,1	15,7	7,6	-	47,4
	II	28,4	26,3	7,3	8,1	70,1
	III	40,8	26,2	5,4	15,2	87,6
	Total <sup>b/</sup>	35,6	25,7	6,2	11,9	79,4
Guáira	I	24,3	12,6	14,5	44,7	96,1
	II	21,0	15,2	11,1	48,3	95,6
	III	20,1	29,8	4,7	41,1	95,7
	Total <sup>b/</sup>	20,5	25,4	6,7	43,2	95,8

a/ Porcentagem da área total dedicada às quatro culturas citadas.

b/ Média ponderada.

Fonte: Wright e Marques, op. cit., p. 14.

Tabela 10 - Mudança Percentual nas Atividades Agrícolas Presentes nas Propriedades da Amostra, entre os Anos Agrícolas 1969/70 e 1971/72, em Jardinópolis e Guaíra.

Município	Estrato	Porcentagem de Aumento ou Declínio no Número de Propriedades Produzindo			
		Milho	Algodão	Arroz	Soja
Jardinópolis	I	-11	+20	+1	-
	II	-6	-4	-15	+18
	III	-	-32	-23	+26
	Total	-6	-2	-19	+16
Guaíra	I	-15	-	-	+31
	II	+1	-11	-25	+36
	III	-5	-8	-20	+17
	Total	-4	-9	-19	+27

Fonte: Wright e Marques, op. cit., p. 10.

Para os fins deste estudo foi necessário obter dados sobre rendimentos de culturas não-consorciadas e taxas de aplicação de adubos, além de informações sobre mão-de-obra, capital e outros insumos. Foram eliminadas da amostra todas as observações com culturas consorciadas. Quanto ao nível de adubação, houve diversos agricultores que não souberam informar as fórmulas usadas, o que deixou duas alternativas para sua medição: (1) medir a aplicação de adubos em termos monetários (em todos os casos, os agricultores informaram a quantidade gasta com esse insumo); (2) usar somente aquelas observações em que se conhecia a quantidade aplicada de

cada nutriente. Depois de verificar que não havia diferenças importantes entre os dois grupos, optou-se pela segunda alternativa. Não foram feitas imputações baseadas na média de aplicação. Foram eliminados também, 5 questionários que, ou apresentaram falta de dados essenciais, ou usaram mão-de-obra numa maneira não-representativa ("campos de colaboração").

Assim, das 120 propriedades levantadas, apenas 91 tinham uma ou mais das quatro culturas anuais que se pretendia estudar com informações sobre fórmulas e livres de consorciação.

A distribuição das informações pelas quatro culturas estudadas se encontra na Tabela 11.

Tabela 11 - Distribuição das Observações da Amostra entre as Quatro Culturas Estudadas. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72.

Cultura	Número de Observações <sup>a/</sup>		
	Total	Com informações sobre NPK	Sem informações sobre NPK
Milho	86	66	20
Algodão	54	43	11
Arroz	64	53	11
Soja	51	34	17

<sup>a/</sup> O número de observações de culturas individuais é maior que o número de questionários, posto que quase todas as propriedades em apreo tinham mais de uma das quatro culturas citadas.

Fonte: Dados da Amostra.

## 5. Fertilizantes: Comercialização e Uso

O mercado de fertilizantes nos municípios de Jardinópolis, Sales de Oliveira e Guaira apresenta traços característicos de oligopólio. Quatro firmas - a Arthur Vianna, a IAP, a Copas e a Fertiplan atendem dois terços dos fregueses. Dos doze vendedores, dois são agentes autônomos, dois vendem produtos de apenas duas companhias e oito são representantes exclusivos. <sup>68/</sup> Há intensa competição entre vendedores e companhias, na forma de propaganda, brindes, serviços e pressão pessoal (nas palavras de um entrevistado, "os agricultores são trabalhados por inúmeros vendedores"). Houve suspeitas entre os comerciantes de que os seus rivais estavam praticando concorrência desleal, vendendo aos agricultores fórmulas mais baratas, mas inadequadas para as necessidades das culturas em que seriam empregadas, como meio de aumentar as vendas individuais.

Os preços geralmente são fixados pelas fábricas. A flexibilidade de preços ao nível local se limita à manipulação dos descontos. Só um vendedor afirmou afixar seus preços "conforme o preço da concorrência", enquanto onze seguiam as tabelas das firmas, cujas marcas vendiam. Houve diferenças muito grandes em preços para as mesmas fórmulas, como mostra a Tabela 12.

Essas diferenças de preços não se adaptam bem ao modelo competitivo, em que o preço para um bem homogêneo num mesmo mercado, é único.

---

<sup>68/</sup> Fonte: informações de 12 questionários preenchidos com vendedores da região, em julho de 1972, pelo Projeto de Formação de Capital, sob a responsabilidade de Donald Larson e Rosa Maria Pescarin.

Tabela 12 - Menores e Maiores Preços por Tonelada de Fertilizantes Negociada pelos Vendedores nos Municípios de Jardinópolis, Sales de Oliveira e Guaira, em Julho de 1972.

Fórmula ou Tipo	(1) menor preço	(2) maior preço	$\frac{(2) - (1)}{(1)} \times 100\%$
3-15-15	345	430	25
4-14-8	299	370	24
Sulfato de amônia	311	379	22
Cloreto de potássio	370	444	20
Superfostato simples	245	270	10

Fonte: 12 questionários preenchidos com comerciantes da região, em julho de 1972. Projeto de Formação de Capital.

Dentre as prováveis razões para essas discrepâncias, destacam-se:

a) os agricultores não estão bem informados sobre os preços e a natureza dos fertilizantes (não entendem o significado das fórmulas);

b) os brindes, a propaganda e a pressão dos vendedores estão tendo êxito em diferenciar artificialmente os adubos;

c) o crédito não está sendo aplicado visando o maior número de kg de nutrientes por cruzeiro gasto;

d) o sistema de descontos produz diferenças entre os preços tabelados e os preços reais de venda aos agricultores.

Com respeito ao item (d), foi verificado que os descontos comumente situam-se entre 10 e 16% do valor da venda. O desconto mais importante é aquele feito por volume de venda, o qual aumenta progressivamente para vendas de 10, 25, 50 e 100 toneladas,

de modo que há economias pecuniárias de escala na compra de adubos entre as propriedades da amostra. Descontos adicionais são feitos pela retirada antecipada do adubo, pontualidade no pagamento e, em alguns casos, sobre a própria comissão do vendedor.

O número de fórmulas vendidas nesses municípios é relativamente pequeno, o que está de acordo com a observação de Schuh e Tollini de que o número de fórmulas no Brasil é ainda muito limitado. <sup>69/</sup> A maior parte das firmas vende apenas 3 ou 4 fórmulas básicas (as mais comuns são a 3-15-15 e a 4-14-8), mais o sulfato de amônia, o cloreto de potássio e o superfosfato simples.

Entretanto, segundo Freitas, havia 450 fórmulas de adubos fabricadas no Estado de São Paulo em 1962. <sup>70/</sup> A diferença entre esse número e aquele constatado nos três municípios citados, talvez se deva ao custo e à inconveniência envolvidos em produzir, transportar e vender pequenas quantidades de muitos tipos de adubos. Armazenamento inadequado também pode contribuir: como vimos acima, os comerciantes estão passando essa função ao agricultor mediante descontos pela retirada antecipada do adubo. Nessa situação, é provável que os comerciantes reajam contra a estocagem de fórmulas que não são muito vendidas e, portanto, podem ocupar espaço nos armazéns por maiores períodos de tempo.

Segue uma descrição sumária do tipo de adubação usada pelos agricultores entrevistados para o ano agrícola 1971/72 (considerando somente as propriedades com informações sobre fórmulas):

---

<sup>69/</sup> Schuh e Tollini, op. cit. (sem numeração de páginas).

<sup>70/</sup> Claus Floriano Trench de Freitas, et. al. "Importância Econômica e Grau de Desenvolvimento das Empresas Misturadoras de Adubos no Estado de São Paulo". Em Agricultura em São Paulo, Ano 9, nº 9, setembro de 1962, p. 15.

Na cultura do milho em Jardinópolis, 14 produtores usavam superfosfato simples, sulfato de amônia e cloreto de potássio na proporção de 700-150-150 (números em kg = total de 1 tonelada) ou pequenas variações dessa razão. Oito usaram fórmulas que variaram essencialmente quanto ao potássio: 3-15-15; 4-14-8; 3-15-3; 3-15-12; 3-14-9; 2-16/2-8. Onze usaram sulfato de amônia em cobertura, e dois, salitre do Chile.

Em Guaíra, 16 produtores usaram a fórmula 4-14-8; 9 aplicaram a 3-15-15 e a quase totalidade dos outros usou fórmulas que se diferenciam apenas no conteúdo de potássio. Quase todos que aplicaram adubos em cobertura usaram sulfato de amônia.

Na cultura do algodão em Jardinópolis foram empregadas as mesmas fórmulas usadas para adubar o milho, incluindo o sulfato de amônia em cobertura. Em Guaíra, 15 fazendeiros usaram a fórmula 3-15-15; 3 aplicaram a 4-14-8 e as fórmulas restantes diferiram pouco.

Houve poucas observações com soja em Jardinópolis. Em Guaíra, dois fazendeiros usaram a 3-15-15; 5 aplicaram a 4-14-8 e o restante usou fórmulas com menos nitrogênio, mas parecidas quanto aos outros dois nutrientes: 2-14-8; 2-16-10; 0-18-6. Houve poucos casos de adubação em cobertura.

Quanto ao arroz, 34% dos agricultores não adubaram e o restante aplicou quantidades menores do que para as outras culturas. As fórmulas usadas se pareciam com as do milho e do algodão.

É interessante notar que, apesar dos vendedores oferecerem análises de solos gratuitamente, poucos agricultores usaram esse recurso nos últimos dois anos. Um terço dos agricultores não aplicou calcário nos últimos 5 anos. Esses dados estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Porcentagem de Agricultores da Amostra que Fizeram Análise de Solos nos Últimos Dois Anos ou Aplicação de Calcário nos Últimos Cinco Anos. <sup>a/</sup> Jardinópolis e Guaira, Ano Agrícola 1971/72.

Cultura	Agricultores com análise de solos (%)	Agricultores que aplicaram calcário (%)
Milho	30	70
Algodão	21	67
Arroz	28	57
Soja	47	79

<sup>a/</sup> Fonte: Dados de 91 fazendas levantadas em 1970 e 1972.

Concluimos que, embora haja uso generalizado de adubação na área estudada, o conjunto fertilizantes, análise de solos e uso de calcário tem sido só parcialmente adotado.

A proporção em que os nutrientes se combinam não está em conformidade com as recomendações gerais da ANDA, mas devemos lembrar que essas recomendações não são específicas para a DIRA de Ribeirão Preto (Tabela 14). Nesse sentido, o maior uso de nitrogênio parece ser a diferença principal. Uma segunda divergência é o uso mais alto de potássio em relação ao fósforo.



Tabela 14 - Razões NPK usadas em Quatro Culturas Anuais nas Propriedades da Amostra e as Recomendadas pela ANDA.

Cultura	Razão NPK na amostra (arredondada)	Razão NPK recomendada pela ANDA <sup>a/</sup>
Milho	2:4:3	1:5:1 (terras novas) 1:5:1 (terras cansadas)
Algodão	3:5:4,5	1:5:1 (terras novas) 1:3:2 (terras médias) 1:5:5 (terras cansadas)
Arroz	2:5:3	1:5:1 (sequeiro)
Soja	1:7:4	1:5:1 (terras novas) 1:5:5 (terras cansadas)

<sup>a/</sup> Fonte: ANDA, Manual de Adubação. São Paulo: Editora "Ave Maria", Ltda., 1971, pp. 176-183.

A Tabela 15 nos permite comparar o nível de adubação empregado em 1969/70 e 1971/72 com as recomendações. Os níveis recomendados são para terras novas e terras cansadas (por exemplo, recomenda-se a aplicação de 22 kg/alqueire de N para milho em terras novas e 171 nas cansadas). Notamos que as médias de aplicação estão perto das recomendações para terras novas no caso do milho e da soja, superior no caso do algodão e inferior no caso do arroz. Esses níveis representam o redor de 50% das recomendações para terras médias e cansadas. No caso do arroz de sequeiro, dado que um terço dos fazendeiros não adubam essa cultura, é razoável supor que aqueles que adubam estão num nível perto do recomendado.

Tabela 15 - Níveis Recomendados e Níveis Empregados de Adubação.  
Anos Agrícolas 1969/70 e 1971/72.

Nutriente e Cultura	Recomendação (kg/alq.) <u>a/</u>	Nível empregado pelas propriedades da amostra		Uso em 1971/72 como % da recomendação	
		1969/70 <sup>b/</sup>	1971/72 <sup>c/</sup>	mínima	máxima
<u>Milho</u>					
(1) N	22-171	34	42	191	25
(2) P	109-218	80	87	80	40
(3) K	22- 44	51	60	273	136
Total	153-433	165	189	124	44
<u>Algodão</u>					
(1) N	29-160	44	81	279	51
(2) P	145-290	184	131	90	45
(3) K	29-290	114	121	417	42
Total	203-740	342	333	164	45
<u>Arroz</u> <sup>d/</sup>					
(1) N	29	17	24	83	
(2) P	145	74	59	41	
(3) K	29	32	37	128	
Total	203	123	120	59	
<u>Soja</u>					
(1) N	22- 29	21	14	64	48
(2) P	109-145	112	95	87	66
(3) K	22-145	80	52	236	36
Total	153-319	213	161	105	50

a/ ANDA. Manual de Adubação, pp. 176-183.

b/ William C. Nelson, op. cit., p. 59.

c/ Média das taxas de aplicação nas fazendas da amostra.

d/ Recomendações únicas para o arroz de sequeiro, o tipo encontrado na região.

Concluimos que o nível de adubação não está baixo em comparação com as recomendações da ANDA para terras novas, mas não chega à metade dos níveis frequentemente recomendados pelos estudos de ensaios de adubação, como também é o caso para as recomendações da ANDA para terras cansadas.

A diferença principal no tipo de adubação empregado entre os dois anos agrícolas 1969/70 e 1971/72 é o aumento no uso de nitrogênio nesse último ano, exceto para a soja.

Em todos os quatro casos, as mudanças são contrárias àquelas que seriam indicadas pelos resultados de Nelson para nitrogênio, que achou valores dos produtos marginais negativos para esse nutriente, em todas as culturas menos a soja, onde o VPMA foi superior ao custo do nutriente. Supondo que os agricultores agem racionalmente, isso confirma nossa conclusão anterior, que as produtividades marginais obtidas por Nelson, para nitrogênio, se devem à presença de multicolinearidade no modelo, e não refletem a realidade nas fazendas estudadas.

Para o milho, o algodão e o arroz, houve aumentos no uso de potássio em relação ao fósforo. Nas duas últimas culturas, houve grandes reduções da adubação fosfatada em níveis absolutos. Isso pode ser interpretado como uma mudança correta do ponto de vista agrônômico, já que os altos níveis de ferro nas terras do tipo latossol roxo podem resultar na fixação do fósforo no solo, reduzindo a sua disponibilidade para as plantas. Por outro lado, esperase que o potássio dê resultados favoráveis nesses solos. 71/

---

71/ Ministério da Agricultura. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro: CNEPA, Comissão de Solos, 1960, pp. 269-271.

Quanto ao nível de adubação, as mudanças tendem a apoiar a conclusão geral de Nelson, que o uso de adubos na região estava além do ótimo, pois houve redução nos níveis de adubação em três das quatro culturas, sendo o milho a única em que houve aumento.

Contudo, precisamos interpretar essas mudanças com certa reserva, posto que menos agricultores foram entrevistados em 1972 que em 1970, e houve mudanças nas atividades agrícolas em muitas fazendas. Assim, a mudança real pode ser ou subestimada ou sobrestimada.

É interessante fazer uma breve comparação entre o nível de adubação e produtividade nas propriedades da amostra e uma propriedade típica do Estado de Michigan (EE.UU.). Esta comparação encontra-se na Tabela 16.

Tabela 16 - Uma Comparação de Taxas de Aplicação de Adubos e Rendimentos entre Duas Áreas para as Culturas de Milho e Soja.

Região	Adubo aplicado (kg/ alqueire)	Rendimento médio (sacos/alqueire)
<u>Milho</u>		
Michigan	294	207
Michigan	588 mais 120 litros de adubo líquido	414
Jardinópolis-Guaíra (amostra)	189-219	96
<u>Soja</u>		
Michigan	109 <sup>a/</sup>	68
Jardinópolis-Guaíra (amostra)	161	68

a/ Geralmente plantada no ano seguinte ao milho, aproveitando-se dos resíduos da adubação mais intensiva dessa cultura.

Fonte: Dados da amostra e de propriedades de Three Rivers, Michigan.

O que se destaca desses dados não é a diferença em níveis de adubação, e sim nos rendimentos do milho. O adubo usado para o caso de "baixos" rendimentos em Michigan não é muito maior que a média ponderada de aplicação em Jardinópolis e Guaíra, porém a produtividade média é mais de duas vezes maior. Torna-se quatro vezes maior, através de níveis ainda econômicos de adubação em Michigan, muito superior às mais otimistas recomendações de ensaios experimentais no Brasil, que não levam em conta as outras despesas enfrentadas no caso da propriedade michiganense.

Para a soja, vemos que se costuma aplicar menos adubos em Michigan que em Jardinópolis e Guaíra, aproveitando-se dos resíduos deixados pela mais alta aplicação feita para o milho, que geralmente é plantado no ano anterior à soja na rotação cultural. As produtividades médias para a soja são iguais para as duas áreas. Parece bem fundamentada a hipótese de que outros fatores, e não a adubação, são responsáveis pelas diferenças verificadas no caso do milho, tais como, as variedades de sementes. Quanto à soja, parece que as variedades usadas na área da amostra são de boa qualidade e adaptam-se bem aos solos e ao clima da área, dando ótimos rendimentos a um nível modesto de adubação.

## 6. Características do Ano Agrícola 1971/72.

O ano agrícola 1971/72 foi normal para os municípios estudados, quanto à precipitação e aos rendimentos obtidos, em contraste com o ano agrícola 1970/71, que foi desastroso para os entrevistados, devido a uma estiagem prolongada. Os dados pluviométricos estão apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 - Dados Pluviométricos para a DIRA de Ribeirão Preto e o Estado de São Paulo.

Meses	Precipitação em mm		
	DIRA de Ribeirão Preto <sup>a/</sup>		Estado de São Paulo
	1970/71	1971/72	Média dos Anos 1969, 1970 e 1971
Novembro a dezembro	151-268	369-603	295
Janeiro a fevereiro	186-321	494-689	432

<sup>a/</sup> Precipitação mínima e máxima do grupo de 5 municípios da DIRA de Ribeirão Preto para os quais se têm dados.

Fonte: Dados do Instituto de Economia Agrícola. "Informações Econômicas", vários exemplares.

Vemos que as chuvas foram boas e bem distribuídas entre os meses críticos e entre os municípios da DIRA de Ribeirão Preto em 1971/72, apresentando nítidos contrastes com o ano de estiagem e sendo superiores à média do Estado para três anos.

Na Tabela 18, faz-se uma comparação entre os rendimentos do ano agrícola 1971/72 e os rendimentos médios para o período 1966/70.

Com a exceção do milho em Guaíra (e uma diferença insignificante para soja em Jardinópolis), os rendimentos para o ano agrícola 1971/72 foram superiores às médias da região durante o período de 5 anos, como também foi o caso para o ano agrícola 1969/70, estudado por Nelson. <sup>72/</sup>

---

<sup>72/</sup> Nelson, op. cit., p. 54.

Enfim, ambos os anos foram "bons" para a agricultura da região estudada, devendo ser favoráveis ao uso de fertilizantes.

Tabela 18 - Produtividades Médias para o Período 1966/70 e o Ano Agrícola 1971/72.

Culturas	Média 1966/70 <sup>a/</sup>		Média amostral 1971/72 <sup>b/</sup>	
	Jardinópolis	Guaíra	Jardinópolis	Guaíra
Milho (60 kg/alqueire)	76	101	102	95
Algodão (15 kg/alqueire)	193	147	231	231
Arroz (60 kg/alqueire)	39	46	83	62
Soja (60 kg/alqueire)	61	59	63	77

a/ Fonte: Dados da Secretaria da Agricultura, apresentados por Nelson, op. cit., p. 54.

b/ Média ponderada.

Fonte: Wright e Marques, op. cit., pp. 22-26.

## 7. O Ambiente Econômico

No primeiro capítulo, tratamos do declínio dos preços reais de fertilizantes, sugerindo que o problema de adubação fosse

encarado como uma questão de preços relativos. Dentro desse raciocínio, espera-se que um aumento na demanda de produtos agrícolas eleve os seus preços e, conseqüentemente, o preço da terra, o que poderá incentivar a sua "substituição" por fertilizantes. Posto que os preços no ano agrícola estudado não foram muito afetados por esse fenômeno, é de supor que o uso em 1971/72 não teria aumentado, conclusão que uma comparação entre os anos agrícolas 1969/70 e 1971/72 apoia (Tabela 15). Contudo, as mudanças nas relações de preços em 1972/73 são importantes para a perspectiva deste trabalho: se a aplicação nos níveis de 1971/72 foi econômica, será lucrativo aumentar as doses para aproveitar a nova relação de preços que existe atualmente. Esta situação será apresentada nas Tabelas 19, 20 e 21.

As variações de preços das quatro culturas anuais mais importantes para a região, estão apresentadas na Tabela 19, e as de três tipos de fertilizantes, na Tabela 20. Vemos que o aumento entre 1970 e 1973, dos preços dos produtos, foi muito maior que o dos adubos.

A Tabela 21 mostra a elevação do preço da terra. Vemos que, no curto período considerado, o preço real das terras aumentou em 70% para terra de cultura de primeira e 100% para terra de pastagens.

Será interessante verificar, se essas tendências continuarem, a reação futura dos agricultores da região nas suas decisões sobre a alocação dos recursos produtivos, especialmente dos fertilizantes.



Tabela 19 - Preços Pagos aos Agricultores por Quatro Produtos Agrícolas na Fazenda, no Período de Julho de 1970 a Junho de 1973, no Estado de São Paulo.

Produto	Preços Pagos aos Produtores em Cr\$ de Julho de 1970				Aumento entre Julho de 1970 e Junho de 1973 (%)
	Julho de 1970	Julho de 1971	Julho de 1972	Junho de 1973	
Milho (60 kg)	10,07	11,89	10,42	15,10	50,0
Algodão (15 kg)	10,73	12,05	12,15	14,38	34,0
Arroz (60 kg)	21,59	35,33	35,34	31,49	45,9
Soja (60 kg)	26,07	26,74	25,75	52,31	100,7

Fonte: IEA. "Informações Econômicas", vários exemplares.

Preços deflacionados pelo índice "2" da FGV, Base: 1965-70 = 100. Quando este trabalho foi imprimido, só se dispunha do índice "2" até abril de 1973. Portanto, o índice "2" foi estimado em 373 para julho de 1973, considerando que o aumento registrado em maio e junho seria igual ao dos dois meses anteriores.

Tabela 20 - Preços Pagos pelos Produtores Paulistas por Três Tipos de Adubos no Período de Julho de 1970 a Junho de 1973, por Tonelada.

Adubo	Preço Pago em Cr\$ de Julho de 1970				Aumento entre Julho de 1970 e Junho de 1973 (%)
	Julho de 1970	Julho de 1971	Julho de 1972	Junho de 1973	
Cloreto de potássio	290,67	326,76	315,18	325,38	12,0
Sulfato de amônia	243,01	261,84	245,41	309,96	27,6
Superfosfato simples	208,00	185,75	279,61	247,30	18,9

Fonte: IEA. "Informações Econômicas", vários exemplares.

Preços deflacionados pelo índice "2" da FGV, Base: 1965-70 = 100. O índice para junho de 1973 foi estimado em 373.

Tabela 21 - Preço Médio de 1 Alqueire de Terra Nua, no Estado de São Paulo e na DIRA de Ribeirão Preto, no Período 1970/1973. <sup>a/</sup>

Data	Terra de cultura de primeira		Terra para pastagem	
	DIRA de Ribeirão Preto	Estado de São Paulo	DIRA de Ribeirão Preto	Estado de São Paulo
Janeiro de 1970	3.348	-	1.748	-
Janeiro de 1971	3.477	3.132	1.878	1.765
Janeiro de 1972	3.957	3.382	2.232	2.029
Janeiro de 1973	5.706	4.828	3.511	2.926

<sup>a/</sup> 1 alqueire = 2,42 hectares. Os valores são expressos em Cr\$ de janeiro de 1970 deflacionados pelo índice "2" da FGV, Base: 1965-70 = 100.

Fonte: IEA. "Informações Econômicas, vários exemplares.

## 8. Algumas Considerações sobre a Função da Receita Líquida

Nesta seção, queremos examinar uma questão central na análise da economicidade de fertilizantes: dadas as relações de preços entre os produtos e os adubos, qual o rendimento adicional necessário para remunerar um dado gasto adicional em fertilizantes? A resposta a esta pergunta nos ajudará a interpretar os resultados das funções de produção que serão estimadas no Capítulo V, como também as suas implicações no tocante à política agrícola.

A Tabela 22 mostra a produtividade média em 1971/72 para as quatro culturas estudadas, juntamente com o preço médio da sua venda e os gastos médios com a compra de nutrientes. A coluna 5 dessa tabela dá a relação porcentual entre os gastos com adubos e a receita bruta para cada cultura. Vemos que essa relação está relativamente baixa para o arroz (5%) e soja (9%), assumindo valores algo maiores para o algodão (12%) e o milho (18%).

Dadas as informações dessa tabela, podemos indagar sobre o aumento médio de produtividade, necessário para compensar um investimento adicional de Cr\$ 100,00 por alqueire em adubos. No caso do milho, 7 sacos adicionais por alqueire, ao preço médio de Cr\$ 14,72 dariam um acréscimo à receita bruta de Cr\$ 103,04. Portanto, se deixarmos de lado o custo variável da colheita e os juros sobre o capital empatado, um aumento de 7% na produtividade média de 96,45 sacos/alqueire compensaria o gasto adicional em adubos de Cr\$ 100,00/alqueire. Mutatis mutandis, o aumento necessário para remunerar o mesmo gasto adicional para as outras culturas seria 3% para o algodão e 5% para o arroz e a soja.

Tabela 22 - Médias de Produtividade, Preços Recebidos e Gastos com Nutrientes para Qua-  
tro Culturas Anuais. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72.

Cultura	Produtividade média (1)	Preço médio (Cr\$/saco de 60 kg) (2)	Receita média (Cr\$/alqueire) (3)	Custo médio de adubação (Cr\$/alqueire) (4)	$\frac{4}{3} \times 100\%$ (5)
Milho (sacos/alq.)	96,45	14,72	1.420	257	18
Algodão (arrobas/alq.)	206,44	17,90	3.695	409	12
Arroz (sacos/alq.)	71,01	44,00	3.124	146	5
Soja (sacos/alq.)	67,57	33,97	2.295	214	9

a/ Inclui os valores acrescentados pela colheita e transporte dentro da fazenda.

b/ Somente gastos com os nutrientes. Estes gastos corresponderam à aplicação de 189 kg/alqueire de nutrientes para o milho, 333 kg/alqueire para o algodão, 120 kg/alqueire para o arroz e 162 kg/alqueire para a soja (Tabela 15).

Fonte: Dados da amostra.

Se considerarmos o custo variável da colheita e os juros sobre o capital empatado, essas porcentagens elevar-se-ão ligeiramente, até cerca de 8% para o milho, 4% para o algodão e 5% para o arroz e a soja (Tabela 23, coluna 1). <sup>73/</sup>

A quantia de Cr\$ 100,00 por alqueire constituiria um aumento substancial nos gastos médios com adubação: 35% para o milho, 24% para o algodão, 69% para o arroz e 47% para a soja (Tabela 23, coluna 2).

Estas relações estão apresentadas graficamente na Figura 3. Assim, para o milho, um aumento de 35% nos gastos médios com adubos seria lucrativo se resultasse em um aumento mínimo de 8% nos rendimentos médios, o que nos dá  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{8\%}{35\%} = 0,23$  (ver Tabela 23, coluna 3). Para o algodão, o arroz e a soja, as respectivas tangentes são: 0,17; 0,09 e 0,13.

A forma das curvas pontilhadas (Figura 3) mostra que as relações de preços para o ano agrícola 1971/72 foram tais, que aumentos pequenos nos nutrientes compensariam gastos adicionais consideráveis com adubos, mesmo com o milho, para o qual a tangente  $\alpha$  é maior. No caso do arroz e da soja, uma função quase horizontal ao longo do arco AB ainda compensaria gastos adicionais com fertilizantes.

Notamos que a receita líquida com o aumento citado seria zero se as funções empíricas para a região tivessem inclinações iguais às tangentes entre os pontos A e B, positiva se maiores, e negativa se inferiores.

---

<sup>73/</sup> Considerando uma taxa de juros de 9% para o período e os seguintes preços para as culturas (antes da colheita, do armazenamento ou outro beneficiamento na propriedade): milho = Cr\$ 13,00/saco de 60 kg; algodão = Cr\$ 15,00/saco de 15 kg; arroz = Cr\$ 40,00/saco de 60 kg e soja = Cr\$ 30,00/saco de 60 kg.

Tabela 23 - Inclinações Mínimas nas Funções de Produção Necessárias para Compensar o Gasto Adicional de Cr\$ 100,00 em Adubos, a Partir do Ponto de Aplicação Média.

Cultura	Aumento necessário (%)	Cr\$ 100,00 como % do gasto médio em adubos <sup>a/</sup>	Inclinação mínima da função de produção = $\frac{(1)}{(2)}$
	(1)	(2)	
Milho	8	32	0,23
Algodão	4	24	0,17
Arroz	6	69	0,09
Soja	6	47	0,13

<sup>a/</sup> Cr\$ 100,00 x 100% dividido pelos valores da Tabela 22, coluna 4.

Fonte: Dados da amostra.

Podemos, dessas considerações, formar duas hipóteses para a amostra:

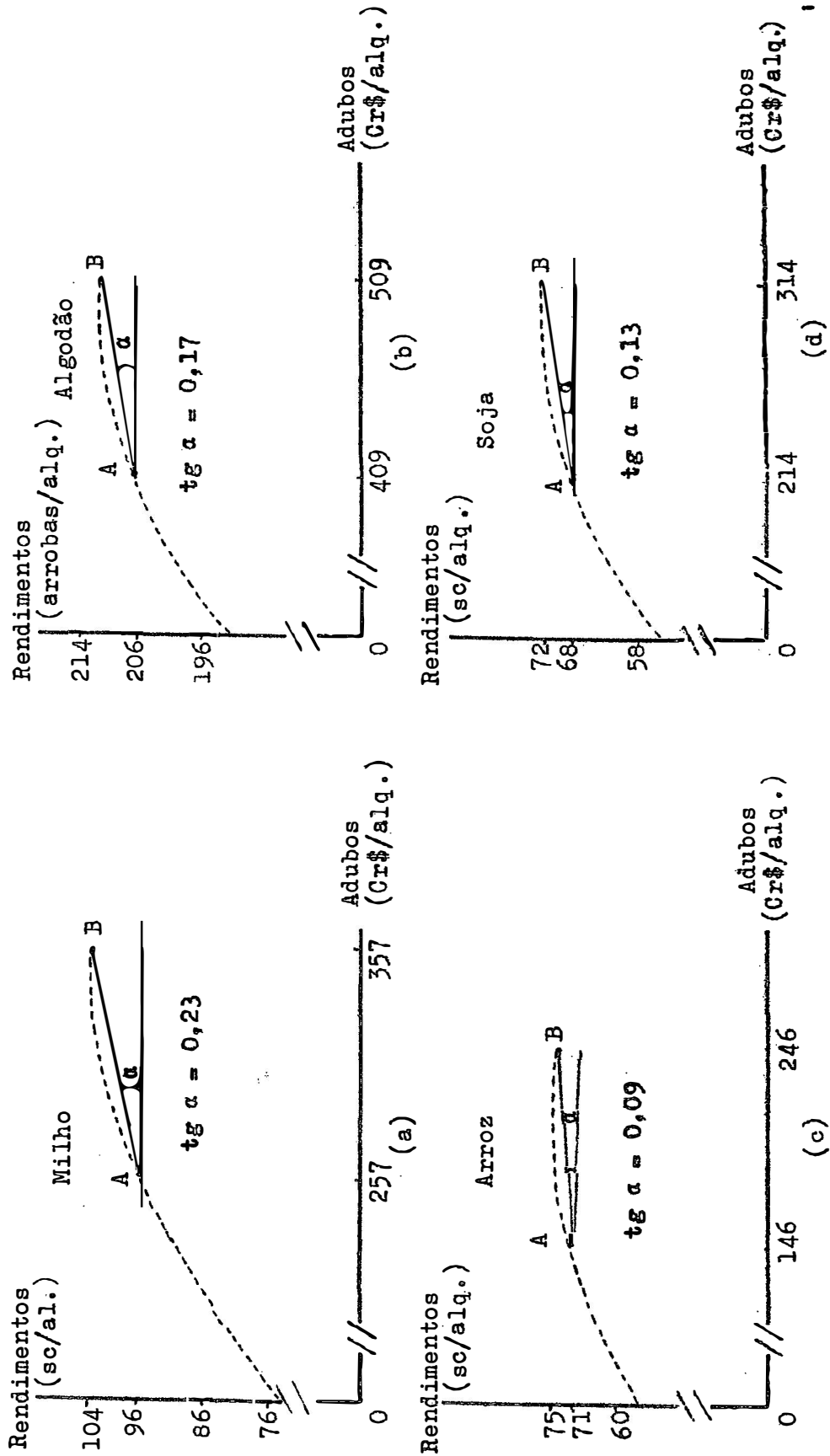
$H_0$ : as funções de produção são muito achatadas à direita do ponto de aplicação média, ou seja, a produtividade marginal dos nutrientes é pequena ou nula além desse ponto.

$H_1$ : as culturas respondem bem à adubação (as tangentes  $\alpha$  e as produtividades marginais são maiores que os níveis críticos indicados na Figura 3).

Se a hipótese alternativa for verdadeira, os fazendeiros deixaram de obter lucros em 1971/72 ao não usar mais adubos. Isso implicaria que, ou desconhecem as suas funções de produção, ou não estão tentando maximizar seus lucros.

Nos capítulos que seguem, estimaremos as funções de produção físicas para a área, na tentativa de esclarecer essas questões.

Figura 3 - Inclinação Mínima da Função de Produção Necessária para Compensar um Gasto Adicional de Cr\$ 100,00 em Adubos, a Partir do Ponto de Custos e Rendimentos Médios para Quatro Culturas Anuais. Jardinópolis e Guaíra, 1971/72.



Nota: As curvas representam funções de produção hipotéticas com arcos AB.



CAPÍTULO IV  
INSTRUMENTOS ESTATÍSTICOS  
E DEFINIÇÃO DE VARIÁVEIS

1. O Modelo Econométrico

A função de produção exprime uma relação quantitativa entre a produção e o nível de uso de um ou mais insumos. <sup>74/</sup> Simbolicamente, pode ser representada por:

$$Y = f (X_1, X_2, \dots, X_n | X_m, \dots, X_r)$$

onde:

Y = produção

X<sub>1</sub> ... X<sub>n</sub> = fatores variáveis

X<sub>m</sub> ... X<sub>r</sub> = fatores fixos

---

<sup>74/</sup> A obra clássica sobre funções de produção na agricultura é de Earl O. Heady e John L. Dillon. Agricultural Production Functions. Ames: The Iowa State University Press, 1966.

Dois modelos estatísticos foram usados neste trabalho - a Cobb-Douglas e a quadrática.

1.1. A Função Cobb-Douglas.

A função Cobb-Douglas tem a seguinte forma:

$$Y = aX_1^{b_1} X_2^{b_2} \dots X_n^{b_n} \cdot e$$

onde:

Y = variável dependente

a = nível da função

$X_1, X_2, \dots, X_n$  = variáveis independentes

$b_1, b_2, \dots, b_n$  = coeficientes de regressão

e = erro

A função torna-se linear por anamorfose:

$$\log Y = \log a + b_1 \log x_1 + b_2 \log X_2 + \dots + b_n \log X_n + \log e$$

O modelo apresenta vantagens importantes, a saber:

a) é capaz de representar o processo produtivo no segundo estágio;

b) permite estimação dos coeficientes de diversas variáveis independentes num mesmo ajustamento;

c) "economiza" os graus de liberdade;

d) a estimação dos parâmetros pode ser feita pelo método dos mínimos quadrados, o que facilita os cálculos e os testes estatísticos.

Essas características são úteis para a análise deste trabalho, pois se espera que dados obtidos ao nível de propriedades rurais estejam no estágio racional de produção, e poderá haver muitas variáveis afetando a produtividade das culturas. Outras funções são menos adequadas que a Cobb-Douglas em tratar com esses problemas. A função linear, por exemplo, não representa o segundo estágio de produção, enquanto outras não são adequadas para a estimação de diversos parâmetros simultaneamente, pelo menos através de processos estatísticos simples e sem perda de muitos graus de liberdade.

Entretanto, a Cobb-Douglas apresenta certas desvantagens, tais como:

- a) as elasticidades parciais e total são constantes;
- b) nenhum insumo pode estar em nível zero de uso;
- c) as isoquantas são assintóticas aos eixos, enquanto na realidade há níveis em que a produtividade marginal de muitos insumos torna-se nula ou negativa;
- d) não pode representar simultaneamente dois estágios de produção;
- e) não possui nem ponto de máximo nem intercepto acima da origem.

O item (e) implica que a produção deve se aproximar de zero quando os níveis de uso dos fatores se aproximam de zero, enquanto aumentos nos níveis de adubação devem ser sempre acompanhados por aumentos na produção (embora assintoticamente). Teoricamente, essas limitações são muito sérias, já que haverá algum nível positivo de produção sem adubação, e um ponto de adubação a partir do qual a produção irá diminuir. Contudo, essa última limitação pode ter pouca relevância para dados de propriedades rurais, desde

que as observações normalmente se agrupam aquém do terceiro estágio de produção.

### 1.2. A Função Quadrática

A função quadrática foi escolhida para suprir as deficiências teóricas da Cobb-Douglas na análise de respostas à adubação. A quadrática apresenta as seguintes vantagens:

a) possui um intercepto que pode ter valores positivos, permitindo a estimação do nível de rendimentos na ausência de adubação;

b) representa o segundo e o terceiro estágios de produção;

c) permite a análise dos efeitos de interação entre nutrientes e calcário;

d) separa os efeitos lineares e curvilíneos das variáveis independentes.

Ademais, se os termos quadráticos e multiplicativos forem calculados de antemão, a estimação dos coeficientes pode ser feita pelo método dos mínimos quadrados, usando o modelo de regressão linear múltipla, o que facilita a sua interpretação e os testes estatísticos.

O modelo quadrático tem a seguinte forma:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_1^2 + b_4X_2^2 + b_5X_2X_1 + \dots + b_tX_nX_m + e$$

onde:

$Y$  = variável dependente

$b_0$  = intercepto (nível da função)

$X_1, X_2, \dots, X_n$  = variáveis independentes

$b_1, b_2, \dots, b_t$  = coeficientes de regressão

$e$  = erro

A quadrática também apresenta várias desvantagens, sendo as mais sérias:

a) introduz alta correlação entre os termos lineares e quadráticos e os termos lineares e os termos de interação com outras variáveis;

b) representa o produto marginal como decrescente a uma taxa constante;

c) gasta rapidamente os graus de liberdade com o acréscimo de variáveis independentes ao modelo.

Ambas funções - a quadrática e a Cobb-Douglas - baseiam-se nas seguintes pressuposições:

a) o preço do produto é independente do preço dos fatores;

b) a tecnologia é constante;

c) a função é contínua, derivável e possui derivadas parciais;

d) o insumo é consumido durante o período em que se realiza o processo de produção.

Neste trabalho, tentou-se avaliar indiretamente o fator tecnológico pelo cálculo da variável "gerência".

Com fertilizantes, há um problema de resíduos no solo. Além de estarmos cientes do seu possível efeito em analisar os resultados, há pouco que possamos fazer, já que não possuímos dados sobre a fertilidade do solo.

## 2. Definição de Variáveis

### 2.1. Função Cobb-Douglas

Com o modelo Cobb-Douglas, as variáveis foram definidas de duas maneiras distintas. Primeiramente, a produção total foi expressa como função do uso total dos insumos (modelo "produção total"). Como era esperado, foi encontrado elevado grau de multilinearidade entre a variável "terra" e várias outras variáveis independentes. Portanto, tanto a variável dependente como a maior parte das independentes foram divididas pela área dedicada à cultura em questão, obtendo-se um modelo em que a produtividade (variável dependente) foi expressa como função dos níveis de uso dos insumos por alqueire (modelo "produtividade"). Além de reduzir as correlações simples entre várias variáveis, esse modelo, provavelmente, reduz o problema da heterocedasticia.

No modelo "produtividade" - que será usado na análise do próximo capítulo - as variáveis dependentes são quatro, entrando na regressão uma de cada vez, conforme a cultura estudada:

$Y_1$  = produtividade do milho, em sacos de 60 kg/alqueire;

$Y_2$  = produtividade do algodão, em arrobas/alqueire (aroba = 15 kg);

$Y_3$  = produtividade do arroz, em sacos de 60 kg/alqueire;

$Y_4$  = produtividade da soja, em sacos de 60 kg/alqueire.

Foram usadas vinte variáveis independentes. É claro que apenas uma parte dessas variáveis entrou em cada ajustamento. Cinco são medidas alternativas para fertilizantes, duas são medidas alternativas para calcário e três são variáveis artificiais ("dummy variables"). Várias outras foram calculadas para permitir o cálculo por computador da variável "despesas de custeio", ao mesmo tempo que poderiam entrar individualmente em outras regressões, quando isso mostrou-se interessante (como no caso da variável "defensivos" na cultura do algodão). As variáveis são:

$X_1$  = município: Jardinópolis e Sales de Oliveira = 10;  
Guaíra = 1;

$X_2$  = gerência, calculada numa escala de 1 até 999. Os pesos relativos dos itens que compõem a escala são, aproximadamente, os mesmos que foram obtidos por Nelson, de questionários feitos sobre gerência em 1970. <sup>75/</sup> No entanto, foram eliminados diversos itens considerados supérfluos ou excessivamente complicados.

A escala pretende classificar os proprietários conforme seu grau de educação formal e informal, sendo esta última medida por itens que se relacionam com a agricultura: contatos com extensionistas, visitas a campos de demonstração, leitura de panfletos técnicos etc. A hipótese é que os proprietários com melhor instrução em práticas agrícolas saberão usar os fatores e as técnicas agrícolas de tal forma que obtenham maiores produtividades nas suas fazendas. O cálculo dessa escala está apresentado no Apêndice 2.

$X_3$  = terra dedicada à cultura em apreço;

---

<sup>75/</sup> Nelson, op. cit., pp. 197-200.

$X_4$  = mão-de-obra em dias-homens/alqueire, sendo um dia de trabalho de homens adultos usado como unidade e de um dia de trabalho de mulheres ou crianças em 0,75 dia-homem;

$X_5$  = dias-animais de trabalho/alqueire;

$X_6$  = análise de solos (fez nos últimos 2 anos na gleba da cultura específica = 10. Não fez = 1);

$X_7$  = sementes, em Cr\$/alqueire;

$X_8$  = defensivos, em Cr\$/alqueire;

$X_9$  = fertilizantes, em Cr\$/alqueire;

$X_{10}$  = N (nitrogênio), em kg/alqueire;

$X_{11}$  = P (fósforo), em kg/alqueire;

$X_{12}$  = K (potássio), em kg/alqueire;

$X_{13}$  = adubação em cobertura (fez = 10; não fez = 1);

$X_{14}$  = espaçamento, em área por planta. Devido à alta porcentagem de agricultores que não sabiam informar o número de sementes por metro para o arroz, a variável não foi calculada para esta cultura. A área foi multiplicada por um múltiplo de 10 para trabalhar com números inteiros;

$X_{15}$  = capital em máquinas em primeiro de janeiro de 1972 (estoque) em Cr\$/alqueire. O valor foi rateado entre as culturas conforme a porcentagem da área total cultivada;

$X_{16}$  = despesas com máquinas durante o ano agrícola; combustível, óleo, lubrificantes, aluguel de máquinas (em Cr\$/alqueire). Itens específicos foram cobrados das culturas em apreço, e os itens gerais rateados entre as culturas conforme a porcentagem da área cultivada;

$X_{17}$  = calcário aplicado na gleba da cultura específica no início do ano agrícola, em toneladas/alqueire;



$X_{18}$  = estoque de calcário na gleba em toneladas/alqueire, pressupondo depreciação linear durante seis anos. Conforme o ano de aplicação, a quantia aplicada foi multiplicada pelos seguintes coeficientes e a soma dos produtos para os diferentes anos calculada para a gleba. O esquema dos cálculos é dado na Tabela 24.

Tabela 24 - Cálculo de Depreciação Linear para o Estoque de Calcário no Solo.

Coeficiente	Ano Agrícola da Aplicação
1,00	1971/72
0,80	1970/71
0,60	1969/70
0,40	1968/69
0,20	1967/68
0,00	1966/67 ou antes

Devido à necessidade de usar de dados obtidos em dois levantamentos (julho de 1970 e julho de 1972), houve certos casos de falta de especificação das glebas, como também necessidade de imputar quantidades para alguns anos. Como há erros em muitos dos valores obtidos por este processo,  $X_{17}$  foi usada como variável alternativa.

$X_{19}$  = despesas de custeio em Cr\$/alqueire.

Para milho e arroz,

$$X_{19} = 4 X_5 + X_7 + X_8 + X_{16} + 40 X_{17}$$

Para algodão e soja,

$$X_{19} = 4 X_5 + X_7 + X_{16} + 40 X_{17}$$

A variável  $X_8$  (defensivos) não entrou no cálculo das despesas de custeio para as culturas de algodão e soja por ser uma variável de considerável importância nessas culturas, o que exigiu a sua avaliação como uma variável em separado. Um dia-animal de trabalho foi avaliado em Cr\$ 4,00 e a tonelada de calcário em Cr\$ 40,00 para o cálculo da variável  $X_{19}$ .

$X_{20} = X_{10} + X_{11} + X_{12} =$  total de nutrientes em kg/alqueire.

## 2.2. Função Quadrática

Com a finalidade de se ter maior simplicidade na enumeração de variáveis e coerência nas unidades dos termos de interação, as variáveis independentes no modelo quadrático foram definidas como segue (as variáveis dependentes não sofreram alteração):

$X_1 =$  calcário aplicado no início do ano agrícola (em kg/alqueire);

$X_2 = X_1^2$ ;

$X_3 =$  estoque de calcário na gleba (em kg/alqueire);

$X_4 = X_3^2$ ;

$X_5 =$  NPK (em kg/alqueire);

$X_6 = X_5^2$ ;

$X_7 = X_1 X_5$ ;

$X_8 = X_3 X_5$ ;

$X_9$  = defensivos (em Cr\$/alqueire);

$$X_{10} = X_9^2 .$$

As variáveis  $X_9$  e  $X_{10}$  foram calculadas somente para a cultura do algodão.

No caso da função quadrática, estamos supondo que apenas essas variáveis influem sobre a produtividade das culturas, de maneira sistemática. Para a Cobb-Douglas, o maior número de variáveis usado nos permite avaliar a influência de muitos fatores que poderão estar influenciando sobre a produtividade.

As variáveis "fertilizantes" incluem os adubos em cobertura e qualquer material orgânico aplicado.

### 3. Testes Estatísticos

Postulamos no Capítulo I que o efeito de adubação revelado em dados de campo deverá ser menor que em ensaios experimentais, devido à falta de condições especiais que caracterizam os experimentos e as variações em outros fatores de produção que não podem ser eliminadas. Estas considerações são relevantes para a interpretação dos testes estatísticos: ao aceitar a hipótese nula  $B_f = 0$ , onde  $B_f$  = coeficiente da variável "fertilizantes", temos a possibilidade de cometer um erro do tipo II, concluindo que os fertilizantes não aumentam os rendimentos, quando de fato contribuem positivamente. <sup>76/</sup>

---

<sup>76/</sup> Para explicações sobre os tipos de erros estatísticos, veja, por exemplo, Murray R. Spiegel. Estatística. Rio de Janeiro: Editora McGraw-Hill do Brasil, Ltda., 1971, pp. 277-280.

### 3.1. Função Cobb-Douglas.

Para as variáveis  $X_1$  (município) e  $X_{14}$  (área/planta), estaremos testando a hipótese nula:

$$H_0: B_i = 0$$

contra a alternativa:

$$H_1: B_i \neq 0$$

já que não temos motivos, a priori, que nos levem a crer que os seus efeitos sobre a produtividade serão positivos ou negativos.

No caso dos outros insumos, testaremos a hipótese nula:

$$H_0: B_i = 0$$

contra a alternativa:

$$H_1: B_i > 0$$

pois há razões para supor que estas variáveis tenham efeitos positivos sobre a produtividade.

Como assinalam Wannacott e Wannacott, devemos tomar o máximo cuidado na interpretação dos resultados da regressão. Se temos motivos para acreditar que o efeito de uma variável é positivo, mas o teste "t" não for maior que o valor crítico, não temos base para aceitar a hipótese alternativa  $B_i > 0$ . Contudo, devemos ter cuidado em aceitar a hipótese nula, dado que qualquer valor positivo tende a apoiar nossa expectativa anterior (embora sem a

firmeza desejada), o que só não acontece com valores zero ou negativos. <sup>77/</sup>

Em particular, vemos o perigo de concluir que o efeito de adubação é nulo, apesar de não poder comprovar estatisticamente que o respectivo coeficiente é maior que zero.

### 3.2. Função Quadrática

Para a função quadrática, valem os comentários gerais feitos sobre os testes estatísticos para o modelo Cobb-Douglas. Entretanto, a natureza da função exige uma explicação adicional para evitar confusão no uso dos testes.

Especificamente, esperamos encontrar funções com a forma de AA' na Figura 4. Isso implica que o coeficiente do termo linear seja positivo e o termo quadrático negativo. No caso do coeficiente do termo linear, estaremos testando a hipótese nula:

$$H_0: B_i = 0$$

contra a alternativa:

$$H_1: B_i > 0$$

No caso do termo curvilíneo, a hipótese nula será testada contra a alternativa:

---

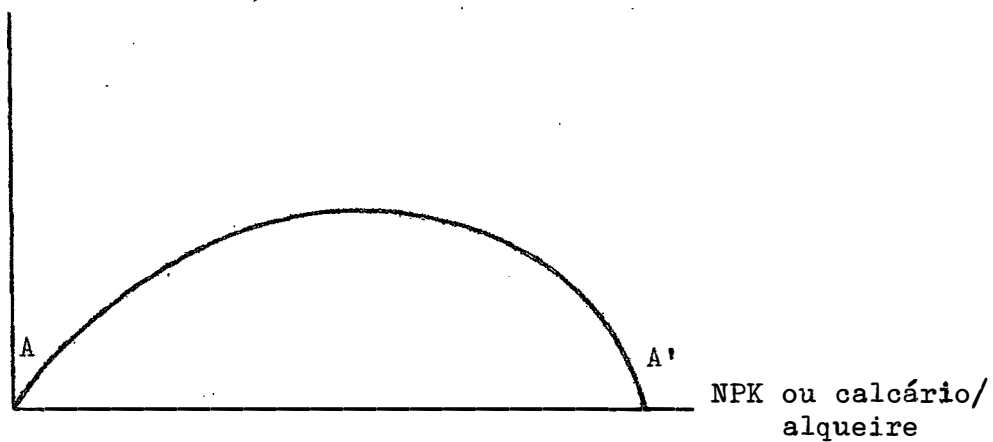
<sup>77/</sup> Ronald J. Wannacott e Thomas H. Wannacott. Econometrics. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1970, pp. 64-67.

$$H_1: B_i < 0$$

Para o coeficiente do termo de interação entre NPK e calcário, a hipótese nula e a alternativa serão as mesmas que para o termo linear.

Figura 4 - Forma Esperada da Equação Quadrática.

Rendimento/alqueire



CAPÍTULO V  
ANÁLISE DOS RESULTADOS  
DAS FUNÇÕES DE PRODUÇÃO

1. Modelo Cobb-Douglas

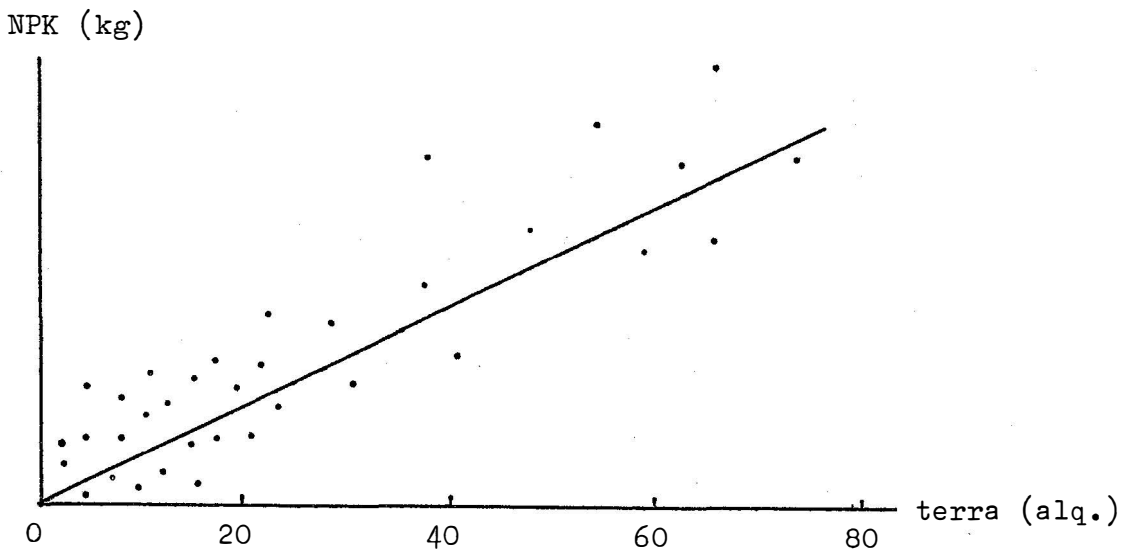
Como foi discutido no Capítulo IV, o modelo que se mostrou mais adequado para os fins deste estudo, foi o "modelo produtividade", em que a variável dependente é expressa em termos de produção por alqueire, e os insumos em termos de intensidade de uso (kg/alqueire de fertilizantes etc.). Além de reduzir o problema de multicolinearidade, o modelo tem a vantagem de apresentar as variáveis numa forma mais adequada para nossa análise, já que estamos interessados em ver até que ponto a produtividade varia com a intensidade da adubação, e não em constatar que o produto total varia com a terra em cultivo e o uso de outros insumos. Outrossim, a definição das variáveis nessa forma nos permite ver que ambas,

as produtividades e os níveis de adubação por alqueire, variam amplamente (ver os gráficos do Apêndice 5), algo que não é evidente no modelo "produção total". <sup>78/</sup>

---

78/ Em parte, as altas correlações verificadas entre a variável "terra" e as outras variáveis independentes se devem à grande variação nas áreas plantadas com as culturas específicas. A área plantada pode variar de 1 a 80 alqueires para algumas culturas, com a maior parte das observações agrupadas entre 1 e 20 alqueires. Assim, as correlações simples entre variáveis como "terra" e "fertilizantes" são altas mesmo quando há ampla variação nos níveis de adubação por alqueire. Isso está representado graficamente na Figura 5, mostrando que o coeficiente de determinação de uma regressão da variável "fertilizantes" contra "terra" seria alta no caso de ser ajustada uma reta a dados do tipo descrito.

Figura 5 - Ilustração da Correlação entre as Variáveis "Terra" e "Fertilizantes".





No modelo "produtividade", as correlações simples são baixas em termos absolutos (geralmente entre 0,01 e 0,40), exceto entre as variáveis que são medidas alternativas para o mesmo insumo (e, portanto, nunca entram no mesmo ajustamento) ou entre os nutrientes "N", "P" e "K", quando variáveis individuais. As altas correlações entre as três últimas variáveis são um resultado lógico da pequena variação nas fórmulas usadas na área de estudo (Capítulo III). Isso indica que devemos concentrar a nossa atenção em analisar a variável "fertilizantes" como agregado, já que o nível de adubação por alqueire varia amplamente, enquanto a combinação dos nutrientes varia pouco, criando problemas de multicolinearidade.

Para cada uma das quatro culturas, as observações foram analisadas juntas, sem estratificação ou separação por município.

### 1.1. Milho

Nos ajustamentos feitos para a cultura do milho, o fato que mais se destaca é o baixo poder explicativo das variáveis independentes. Os testes "F" para as regressões são, geralmente, não significativos. Os dois ajustamentos com os maiores coeficientes de determinação e que possuem testes "F" significativos a 0,05 estão apresentados na Tabela 24.

No modelo 1, os adubos são medidos em termos dos nutrientes individuais N, P e K (variáveis  $X_{10}$ ,  $X_{11}$  e  $X_{12}$ , respectivamente). Esse ajustamento mostra-se inadequado, devido ao fato de as

correlações simples entre as variáveis serem altas em relação ao poder explicativo da regressão. <sup>79/</sup>

O resultado segue a previsão de Johnston citada no Capítulo II: uma correlação alta e positiva entre duas variáveis provavelmente provocará erros grandes e opostos nos coeficientes. No caso em apreço, o coeficiente de  $X_{10}$  (N) foi empurrado para cima e de  $X_{12}$  (K) para baixo. Os efeitos exatos são algo difíceis de separar no caso, desde que há uma terceira variável altamente correlacionada com ambas:  $X_{11}$  (P).

No modelo 2, a variável "fertilizantes" é medida como agregado ( $X_9 = \text{Cr\$ gastos com adubos/alqueire}$ ). O coeficiente e o teste "t" estão próximos de zero, indicando que o efeito da adubação foi não-significativo.

Os resultados para as duas regressões se parecem com os de Nelson, o que merece um comentário adicional. Em ambos os estudos, a variável na forma agregada teve um coeficiente próximo de zero e estatisticamente não-significativo, enquanto na análise de nutrientes individuais, uma variável teve um coeficiente com sinal negativo e outra, um coeficiente positivo. No nosso caso, o coeficiente de "K" foi negativo, e para Nelson, o coeficiente de "N" foi assim afetado. Nelson interpretou a situação da seguinte maneira: "o nitrogênio tem um efeito negativo. O fósforo e o potássio têm efeitos positivos sobre a produtividade, cancelando, assim, o efeito do nitrogênio." <sup>80/</sup>

---

<sup>79/</sup> De fato, as  $r_{ij}$  são maiores que o R da regressão. As correlações são: 0,71 entre as variáveis  $X_{10}$  e  $X_{11}$ ; 0,53 entre  $X_{10}$  e  $X_{12}$ ; 0,64 entre  $X_{11}$  e  $X_{12}$ . O R da regressão é apenas 0,51 (ver Apêndice 1).

<sup>80/</sup> Nelson, op. cit., p. 84.

Tabela 25 - Ajustamentos da Função Cobb-Douglas para a Cultura do Milho. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade".

Parâmetros	Estimativas dos Parâmetros (Testes "t" entre parênteses)	
	Modelo 1	Modelo 2
b <sub>4</sub>	0,0298 (0,40)	0,0646 (0,87)
b <sub>9</sub>	-	0,0008 (0,01)
b <sub>10</sub>	0,1089 (1,28)	-
b <sub>11</sub>	0,0150 (0,18)	-
b <sub>12</sub>	-0,1147 (-1,92)	-
b <sub>13</sub>	0,0412 (0,72)	0,0666 (1,36)*
b <sub>14</sub>	-0,3258 (-1,25)	-0,1974 (-0,77)
b <sub>15</sub>	0,0048 (0,10)	0,0198 (0,44)
b <sub>19</sub>	0,2045 (2,19)**	0,2169 (2,29)**
N	66	66
R <sup>2</sup>	0,2555	0,1878
R	0,5054	0,4333
F	2,4455**	2,2738**

\*\* indica significância ao nível de 0,05.

\* indica significância ao nível de 0,10.

Ao nosso ver, seria correto interpretar a variável agregada "fertilizantes" como não-significativa na regressão, e os sinais dos coeficientes para os nutrientes, como variáveis individuais, como efeitos tão somente da multicolinearidade e baixo poder explicativo do modelo.

No modelo 2, as variáveis  $X_{13}$  (variável artificial para o uso de adubo em cobertura) e  $X_{14}$  (área por planta) parecem importantes para o modelo. Os sinais dos coeficientes indicam que um plantio mais denso e uso de adubação em cobertura seriam associados a maiores produtividades. Entretanto, como a correlação simples entre  $X_9$  (gastos em adubos) e  $X_{13}$  é positiva ( $r = 0,39$ ), talvez uma parte dos efeitos da variável  $X_9$  esteja sendo absorvida pela variável artificial  $X_{13}$ .

Em ambos os modelos (1 e 2), as variáveis  $X_4$  (mão-de-obra) e  $X_{15}$  (capital em máquinas) têm coeficientes não-significativos. O coeficiente da variável  $X_{19}$  ("despesas de custeio") é significativo, e o valor do seu produto marginal (Cr\$ 1,04 no modelo 2) é aproximadamente igual ao "preço" do capital empatado e os juros (Cr\$ 1,09). <sup>81/</sup>

## 1.2. Algodão

O poder explicativo das variáveis no modelo "produtividade" é maior no caso do algodão do que para as outras culturas, obtendo-se coeficientes de determinação ( $R^2$ ) ao redor de 0,50. Os

---

<sup>81/</sup> As médias geométricas estão apresentadas no Apêndice 3 e os preços dos produtos na Tabela 23.

resultados de dois ajustamentos estão apresentados na Tabela 26. <sup>82/</sup>

As únicas variáveis com coeficientes significativos são  $X_4$  (mão-de-obra) e  $X_8$  (defensivos). O valor do produto marginal de mão-de-obra é Cr\$ 13,96 - aproximadamente igual à diária de Cr\$ 12,00 prevalecente na região para o ano agrícola 1971/72. O VPMA para defensivos é Cr\$ 3,29, muito superior ao preço do capital empatado mais os juros = Cr\$ 1,09. <sup>83/</sup>

A variável "fertilizantes" ( $X_9$  no modelo 1 e  $X_{20}$  no modelo 2) teve coeficientes não-significativos em ambos os modelos, como em todas as outras regressões testadas (ver Apêndice 4). No modelo 1, o coeficiente tem sinal negativo. As outras variáveis também tiveram coeficientes não-significativos para as duas regressões.

### 1.3. Arroz

Somente dois ajustamentos tiveram testes "F" significativos ao nível de 0,05 de probabilidade. Ambas essas regressões estão apresentadas na Tabela 27.

---

<sup>82/</sup> Os outros ajustamentos encontram-se no Apêndice 4, sem apresentar diferenças de consequência.

<sup>83/</sup> Ambos os valores são calculados para o modelo 2.

Tabela 26 - Ajustamentos da Função Cobb-Douglas para a Cultura do Algodão. Jardinópolis e Guaíra. Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade".

Parâmetros	Estimativas dos Parâmetros (Testes "t" entre parênteses)	
	Modelo 1	Modelo 2
b <sub>2</sub>	0,0246 (0,44)	0,0419 (0,83)
b <sub>4</sub>	0,3246 (2,63)**	0,3117 (2,67)**
b <sub>6</sub>	0,0365 (0,45)	0,0211 (0,28)
b <sub>8</sub>	0,2856 (2,77)**	0,2668 (2,75)**
b <sub>9</sub>	-0,0004 (-0,00)	-
b <sub>14</sub>	0,2188 (0,63)	-
b <sub>15</sub>	0,0798 (1,15)	0,0652 (0,98)
b <sub>16</sub>	-0,0391 (-0,74)	-
b <sub>17</sub>	-0,0081 (-0,20)	-
b <sub>19</sub>	-	0,0523 (0,42)
b <sub>20</sub>	-	0,0254 (0,16)
N	43	43
R <sup>2</sup>	0,4956	0,4845
R	0,7040	0,6961
F	3,6040**	4,7004**

\*\* Indica significância ao nível de 0,05.

Tabela 27 - Ajustamentos da Função Cobb-Douglas para a Cultura do Arroz. Jardinópolis e Guaira, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade".

Parâmetros	Estimativas dos Parâmetros (Testes "t" entre parênteses)	
	Modelo 1	Modelo 2
$b_2$	0,1473 (3,00)**	0,1502 (3,03)**
$b_4$	-0,0050 (-0,07)	-0,0174 (-0,23)
$b_{10}$	-	0,0299 (0,50)
$b_{11}$	-	0,3404 (1,50)*
$b_{12}$	-	-0,3876 (-1,51)
$b_{19}$	-	0,1280 (1,33)
$b_{20}$	0,0090 (0,31)	-
N	53	53
$R^2$	0,1688	0,2460
R	0,4108	0,4950
F	3,3173**	2,5020**

\*\* Indica significância ao nível de 0,05.

\* Indica significância ao nível de 0,10.

O modelo 2 é inadequado - apesar de ter um coeficiente de determinação maior - devido à multicolinearidade presente entre as variáveis  $X_{10}$  (N),  $X_{11}$  (P) e  $X_{12}$  (K). <sup>84/</sup> Nesse modelo, o efeito de erros grandes e opostos nas estimativas dos coeficientes aconteceu entre  $X_{11}$  e  $X_{12}$ . Dado que o coeficiente é o numerador do teste "t", o coeficiente de  $X_{11}$  tornou-se "significativo" para o teste unilateral a 0,10.

No modelo 1, o coeficiente da variável  $X_{20}$  (fertilizantes, em kg de NPK por alqueire) tem um valor desprezível e um teste "t" não-significativo. A variável "gerência" foi a única a ter um coeficiente estatisticamente diferente de zero. O "poder explicativo" do modelo é muito baixo ( $R^2 = 0,17$ ).

#### 1.4. Soja

Nenhum dos ajustamentos feitos para a cultura da soja apresentou um teste "F" estatisticamente diferente de zero ao nível de 0,05 de probabilidade. Para fins de comparação, estão apresentados dois ajustamentos na Tabela 28.

---

<sup>84/</sup> As correlações simples são: 0,83 entre  $X_{10}$  e  $X_{11}$ ; 0,84 entre  $X_{10}$  e  $X_{12}$ ; 0,99 entre  $X_{11}$  e  $X_{12}$  (Apêndice 1). Todos esses valores são muito superiores ao R das respectivas regressões.



Tabela 28 - Ajustamentos da Função Cobb-Douglas para a Cultura da Soja. Jardinópolis e Guaira. Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade".

Parâmetros	Estimativas dos Parâmetros (Testes "t" entre parênteses)	
	Modelo 1	Modelo 2
b <sub>2</sub>	0,1105 (2,59)**	0,0974 (2,58)**
b <sub>4</sub>	-0,0391 (-0,56)	-0,0404 (-0,57)
b <sub>8</sub>	-0,0103 (-0,25)	-
b <sub>13</sub>	-0,0966 (-1,40)	-
b <sub>14</sub>	0,3037 (1,44)	-
b <sub>20</sub>	0,1097 (0,90)	0,0629 (0,55)
N	34	34
R <sup>2</sup>	0,3103	0,2037
R	0,5570	0,4513
F	2,0250	2,5589

\*\* Indica significância ao nível de 0,05.

Como no caso do arroz, o coeficiente da variável  $X_2$  ("gêrência") é estatisticamente significativo. O coeficiente da variável  $X_4$  (mão-de-obra) é não-significativo com sinal negativo. O sinal do coeficiente da variável  $X_8$  (defensivos) é também negativo. Os sinais dos coeficientes das variáveis  $X_{13}$  (variável artificial para adubação em cobertura) e  $X_{14}$  (área por planta) são contrários aos esperados. O sinal negativo do coeficiente de  $X_{13}$  indicaria que adubação em cobertura diminuiu a produtividade dessa cultura, enquanto o sinal positivo do coeficiente de  $X_{14}$  indicaria que a área por planta deveria ser aumentada, ou seja, que o número de plantas por área é excessivo.

Em ambos os modelos, o coeficiente da variável  $X_{20}$  (NPK) foi não-significativo.

#### 1.5. Comentários Sobre os Ajustamentos Feitos com a Cobb-Douglas

O fato que mais se destaca nas regressões feitas com o modelo Cobb-Douglas é o baixo "poder explicativo" das variáveis independentes, medido pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Uma possível dúvida que poderia ser levantada acerca dos resultados, refere-se à omissão de variáveis no modelo. Porém, o número de variáveis foi maior em outros ajustamentos para todas as culturas (ver Apêndice 4) sem elevar sensivelmente o  $R^2$ . Como regra geral, a inclusão de mais variáveis teve apenas o efeito de tornar os testes "F" não-significativos. Isso talvez se deva à criação de problemas de especificação pela inclusão de variáveis irrelevantes. 85/

85/ Wannacott e Wannacott, op. cit., pp. 309-313.

Para verificar tal possibilidade, foram ajustados modelos com diferentes combinações de variáveis, tentando reduzir o número de variáveis pelo uso da variável "fertilizantes" na forma agregada, juntamente com a variável agregada "despesas de custeio". Em termos dos coeficientes de determinação, as estimativas e a significância estatística dos coeficientes, os resultados são essencialmente os mesmos: as variáveis independentes - quaisquer que sejam - simplesmente não explicam as variações em produtividade.

Segue uma breve descrição dos resultados das regressões apresentados neste capítulo e no Apêndice 4, com vistas à interpretação das variáveis individuais.

Os coeficientes das três variáveis artificiais ("dummy variables")  $X_1$  (município),  $X_6$  (análise de solos) e  $X_{13}$  (adubação em cobertura) nunca foram significativos e apresentam sinais ora positivos ora negativos.

Quanto à variável  $X_1$ , não há evidência que existam diferenças de produtividade entre os municípios, que possam estar encobrindo uma resposta forte e consistente à adubação. Isso apoia a conclusão de Nelson, que diferenças entre localizações não são responsáveis pela falta de resposta a fertilizantes.

A não-significância e variação nos sinais dos coeficientes de  $X_6$  e  $X_{13}$  são resultados lógicos, tendo em vista os resultados negativos para fertilizantes como variável agregada. Se não há uma resposta acentuada aos nutrientes, dificilmente conseguiremos deslocamentos estatisticamente significativos para variáveis com que pretendemos medir uma adubação "melhor".

A variável  $X_3$  (área dedicada à cultura em apreço) foi incluída em algumas regressões para testar possíveis aumentos em produtividade com a especialização ou tamanho da exploração. <sup>86/</sup> Os coeficientes foram sempre desprezíveis e não-significativos, com sinais ora positivos ora negativos. Não houve, portanto, evidência de aumento nos rendimentos com o tamanho da exploração ou a especialização.

A variável "gerência" teve coeficientes positivos nos diferentes ajustamentos para todas as quatro culturas. A sua correlação com a produtividade foi estatisticamente significativa para as culturas do arroz e da soja. Além da educação formal e vocacional serem desejáveis entre si, parecem influir de modo positivo sobre a produção agrícola, confirmando as hipóteses feitas no Capítulo I. Entretanto, seria desejável fazer uma análise mais pormenorizada dos diversos itens da escala ("sensitivity analysis" ou "trace lines analysis") para poder interpretar melhor o coeficiente, como também testar a sua influência sobre o intercepto em outros modelos econométricos.

A variável  $X_{14}$  (espaçamento) revelou-se de considerável importância para as três culturas em que pôde ser usada, embora o seu coeficiente não fosse significativo aos níveis de 0,10 ou 0,05 de probabilidade. O coeficiente para o teste bilateral atinge níveis de significância entre 0,60 e 0,20, indicando que a possibilidade de cometer um erro do tipo II, se ignorarmos a sua influência, é relativamente grande. Os seus produtos marginais são elevados, enquanto o custo de variar o espaçamento é pequeno (até negativo se diminuirmos a quantidade de sementes). Talvez esta variável mereça mais atenção do que tem recebido em estudos sobre adubação.

---

<sup>86/</sup> Embora essa variável possa ser incluída na regressão, o seu coeficiente não deve ser somado para testar rendimentos à escala.

O emprego da variável  $X_7$  (sementes) foi uma tentativa de distinguir variedades superiores pelo seu custo nas culturas do milho, do arroz e da soja. O seu coeficiente apresentou sinais ora negativos ora positivos, sem significância estatística. O mesmo aconteceu com as medidas alternativas para calcário ( $X_{17}$  e  $X_{18}$ ).

As medidas alternativas para a variável "fertilizantes" na forma agregada ( $X_9$  e  $X_{20}$ ) tiveram coeficientes próximos de zero (havendo até casos de sinais negativos), com testes "t" não-significativos. No caso da soja, não se obteve nenhuma regressão com teste "F" significativo ao nível de 0,05 de probabilidade. Sempre que os nutrientes foram desagregados, os coeficientes e os testes "t" de duas das variáveis se afastaram com sinais opostos, devido à multicolinearidade.

Como último comentário desta parte, notamos que as correlações simples entre  $X_{20}$  (kg de NPK por alqueire) e Y (produtividade) foram baixas: 0,21 para o milho; 0,30 para o algodão; 0,12 para o arroz; 0,12 para a soja (ver Apêndice 1).

## 2. Modelo Quadrático

Conforme foi discutido no Capítulo IV, a função quadrática é mais apropriada que a Cobb-Douglas para a análise de respostas a nutrientes e calcário, por adaptar-se melhor às condições biológicas e permitir a análise de interações entre adubos e calcário. No entanto, resulta em uma rápida proliferação de coeficientes e na perda de graus de liberdade. Portanto, na análise que segue, as produtividades das quatro culturas são analisadas apenas como

funções dos adubos, do calcário e da interação entre os dois. Uma exceção é feita para o algodão, a fim de permitir a inclusão da variável "defensivos" no modelo.

Para cada cultura foram usados três modelos básicos: um com apenas a variável "fertilizantes" e seu termo elevado ao quadrado, outro com a adição de calcário e seu termo elevado ao quadrado, e um terceiro que incluía também o termo da interação entre fertilizantes e calcário. Como foram usadas duas medidas para calcário (aplicação no início do ano agrícola e estoque na gleba), os dois modelos com a variável "calcário" resultaram em quatro ajustes, para um total de cinco ajustamentos por cultura.

A variável "fertilizantes" foi expressa em kg de NPK por alqueire, como agregado. Não foi feita uma análise para os nutrientes individuais, devido à pequena variação nas fórmulas (Capítulo III), já que os problemas de multicolinearidade que isso implica, foram amplamente ilustrados com a função Cobb-Douglas na seção 1.

Novamente, as observações de Jardinópolis e Guaiçara foram analisadas juntas, sem estratificação.

## 2.1. Milho

Os 5 ajustamentos para a cultura do milho estão apresentados na Tabela 29. A única variável cujo coeficiente é estatisticamente diferente de zero é  $X_1$  (calcário aplicado no início do ano agrícola, em kg por alqueire) nos modelos 1 e 2. Entretanto, no modelo 1, o coeficiente do termo de interação entre calcário e NPK

Tabela 29 - Ajustamentos da Função Quadrática para a Cultura do Mi-  
lho. Jardinópolis e Guaira, Ano Agrícola 1971/72. Mo-  
delo "Produtividade".

Parâ- metro	Estimativas dos Parâmetros (Teste "t" entre parênteses)				
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
$b_0$	94,011800	88,755850	92,260310	92,454700	93,328510
$b_1$	0,023846 (1,92)**	0,013301 (1,34)*	-	-	-
$b_2$	-0,000002 (-1,10)	-0,000002 (-1,01)	-	-	-
$b_3$	-	-	0,004936 (0,75)	0,001281 (0,22)	-
$b_4$	-	-	0,000000 (0,43)	-0,000000 (-0,13)	-
$b_5$	-0,197750 (-1,04)	-0,071834 (-0,42)	-0,180413 (-0,98)	-0,112598 (-0,65)	-0,107210 (-0,64)
$b_6$	0,000846 (1,65)	0,000408 (1,00)	0,000884 (1,70)	0,000540 (1,28)	0,000533 (1,34)
$b_7$	-0,000047 (-1,39)	-	-	-	-
$b_8$	-	-	-0,000033 (-1,12)	-	-
N	66	66	66	66	66
$R^2$	0,1652	0,1382	0,1228	0,1043	0,1031
R	0,4064	0,3717	0,3504	0,3229	0,3210
F	2,3747**	2,4456**	1,6802	1,7763	3,6212**

\* Indica significância ao nível de 0,05.  
Indica significância ao nível de 0,10.

( $X_7$ ) tem sinal negativo, o contrário do esperado. Uma comparação com o modelo 2 revela que a presença de  $X_7$  no modelo 1 resultou em um coeficiente maior para a variável  $X_1$ , com a qual está ligeiramente correlacionada. <sup>87/</sup> Contudo, o coeficiente de  $X_1$  é significativo no modelo 2 ao nível de 0,10 de probabilidade. O valor do seu produto marginal nesse modelo é superior ao preço do calcário: Cr\$ 0,18 contra Cr\$ 0,04. <sup>88/</sup> Entretanto, nos modelos 3 e 4, em que o calcário é medido em termos de estoque, todos os coeficientes são não-significativos. Novamente, o coeficiente do termo de interação tem sinal negativo (modelo 3), tornando difícil uma avaliação da economicidade desse insumo.

Quanto às variáveis  $X_5$  (kg de NPK por alqueire) e  $X_6$  ( $X_5^2$ ), vemos que os sinais são contrários ao esperado, e os coeficientes são não-significativos para os respectivos testes unilaterais.

## 2.2. Algodão

Para a cultura do algodão, apenas o coeficiente de  $X_7$  (interação entre calcário e NPK) é estatisticamente diferente de zero (ver Tabela 30, modelo 1). Contudo, o coeficiente da variável  $X_1$  é negativo nesse modelo e positivo no modelo 2, evidência

---

<sup>87/</sup> As correlações simples são: 0,28 entre  $X_1$  e  $X_5$ ; 0,88 entre  $X_1$  e  $X_7$ ; 0,42 entre  $X_5$  e  $X_7$  (ver Apêndice 1).

<sup>88/</sup> Baseado no preço da arroba de algodão = Cr\$ 17,90 e do quilo de calcário = Cr\$ 0,04 (Cr\$ 40,00 por tonelada). Não foram descontados o custo variável da colheita ou outros custos.



Tabela 30 - Ajustamentos da Função Quadrática para a Cultura do Algodão. Jardinópolis e Guaira, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade".

Parâmetro	Estimativas dos Parâmetros (Teste "t" entre parênteses)				
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
$b_0$	136,202200	151,959000	146,784800	146,635400	176,625300
$b_1$	-0,021404 (-1,01)	0,006091 (0,51)	-	-	-
$b_2$	-0,000001 (-1,28)	-0,000000 (-0,54)	-	-	-
$b_3$	-	-	0,004539 (0,28)	0,008326 (0,97)	-
$b_4$	-	-	-0,000001 (-0,85)	-0,000000 (-0,82)	-
$b_5$	0,160818 (0,44)	-0,061837 (-0,18)	-0,053432 (-0,15)	-0,086597 (-0,26)	0,038181 (0,11)
$b_6$	-0,000323 (-0,64)	0,000177 (0,45)	0,000110 (0,22)	0,000201 (0,54)	0,000132 (0,33)
$b_7$	0,000088 (1,54)*	-	-	-	-
$b_8$	-	-	0,000012 (0,27)	-	-
$b_9$	0,134286 (1,11)	0,123122 (1,00)	0,122240 (0,99)	0,123515 (1,01)	-
$b_{10}$	0,000011 (0,13)	0,000017 (0,19)	0,000016 (0,17)	0,000012 (0,13)	-
N	43	43	43	43	43
$R^2$	0,3308	0,2849	0,2992	0,2976	0,0557
R	0,5751	0,5337	0,5470	0,5456	0,2360
F	2,4716**	2,3906**	2,1350	2,5432**	1,1806

\*\* Indica significância ao nível de 0,05.

\* Indica significância ao nível de 0,10.

da presença de problemas de multicolinearidade no modelo, resultando em erros opostos nas estimativas. <sup>89/</sup> Os coeficientes de  $X_5$  e  $X_6$  também foram afetados pela presença de  $X_7$  no modelo 1, como mostra uma comparação com o modelo 2.

Nos outros quatro modelos, os coeficientes de calcário (medidas de ambas maneiras) são não-significativos, tendo os coeficientes dos termos lineares e quadráticos os sinais esperados.

Quanto às variáveis  $X_5$  (kg de NPK por alqueire) e  $X_6$  ( $X_5^2$ ), os coeficientes variam entre os diferentes ajustamentos, sendo ao contrário do esperado nos modelos 2 a 4. No modelo 5, ambas as variáveis têm coeficientes positivos com testes "t" muito baixos.

Os sinais dos coeficientes de  $X_9$  (defensivos, em Cr\$ por alqueire) e  $X_{10}$  ( $X_9^2$ ) são ambos positivos. Ao contrário do que aconteceu com a função Cobb-Douglas, os coeficientes são não-significativos ao nível de 0,10 de probabilidade, tornando problemática qualquer avaliação da economicidade desse insumo.

Os coeficientes de determinação são muito menores que na função Cobb-Douglas, estando os seus valores ao redor de 0,30 na quadrática e cerca de 0,50 na Cobb-Douglas.

### 2.3. Arroz

Para a cultura do arroz, os testes "F" foram não-significativos ao nível de 0,05 de probabilidade (ver Tabela 31). A única

---

<sup>89/</sup> As correlações são: 0,27 entre  $X_1$  e  $X_5$ ; 0,95 entre  $X_1$  e  $X_7$ ; 0,45 entre  $X_5$  e  $X_7$  (ver Apêndice 1).

Tabela 31 - Ajustamentos da Função Quadrática para a Cultura do Arroz. Jardinópolis e Guairá, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade".

Parâmetro	Estimativas dos Parâmetros (Teste "t" entre parênteses)				
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
b <sub>0</sub>	65,558740	65,038490	66,582490	60,224560	63,808710
b <sub>1</sub>	-0,002457 (-0,11)	0,001306 (0,07)	-	-	-
b <sub>2</sub>	-0,000001 (-0,24)	-0,000001 (-0,30)	-	-	-
b <sub>3</sub>	-	-	0,002285 (0,23)	0,010022 (1,18)	-
b <sub>4</sub>	-	-	-0,000001 (-0,72)	-0,000002 (-1,06)	-
b <sub>5</sub>	0,075606 (0,95)	0,082183 (1,08)	-0,033589 (-0,33)	0,057652 (0,74)	0,080058 (1,06)
b <sub>6</sub>	-0,000066 (-0,54)	-0,000075 (-0,63)	0,000057 (0,42)	-0,000036 (-0,29)	-0,000068 (-0,58)
b <sub>7</sub>	0,000029 (0,35)	-	-	-	-
b <sub>8</sub>	-	-	0,000060 (1,44)*	-	-
N	53	53	53	53	53
R <sup>2</sup>	0,0588	0,0563	0,1041	0,0642	0,0364
R	0,2426	0,2374	0,3227	0,2534	0,1909
F	0,5883	0,7171	1,0927	0,8239	0,9464

\* Indica significância ao nível de 0,10.

variável que apresentou significância estatística foi  $X_8$  (interação entre NPK e calcário-estoque). Novamente, há o problema de erros opostos nos coeficientes, desta vez entre  $X_3$  e  $X_8$  ( $r_{38}=0,65$ ). Uma comparação com o modelo 4 mostra que  $X_3$  foi empurrado para baixo pela inclusão da variável  $X_8$  no modelo 3.

O nível de adubação do arroz (120 kg por alqueire) foi muito inferior ao das outras três culturas estudadas. Os agrônomos da região também recomendaram quantidades menores de adubação para essa cultura, e 34% dos agricultores não adubaram o arroz em 1971/72. A média das produtividades para aqueles que não adubaram foi 70,96 sacos por alqueire, quase idêntica à média da amostra como um todo: 71,01 sacos por alqueire.

Os coeficientes de determinação são muito baixos em todos os ajustamentos.

#### 2.4. Soja

Os 5 ajustamentos para a cultura da soja estão apresentados na Tabela 32. Os termos de interação entre calcário e NPK aparecem com sinais negativos (modelos 1 e 3), com os coeficientes dos termos lineares para calcário ( $X_1$  no modelo 1 e  $X_3$  no modelo 3) sendo empurrados na direção oposta. A retirada dos termos de interação tem o efeito de tornar os coeficientes dos termos lineares não-significativos.

Os sinais para as variáveis  $X_5$  (kg de NPK por alqueire) e  $X_6$  ( $X_5^2$ ) são contrários ao esperado.

Tabela 32 - Ajustamentos da Função Quadrática para a Cultura da Soja. Jardinópolis e Guairá, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade".

Parâmetro	Estimativas dos Parâmetros (Teste "t" entre parênteses)				
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
$b_0$	79,817210	95,391770	59,815370	96,296960	97,865250
$b_1$	0,015744 (2,25)**	0,006024 (0,99)	-	-	-
$b_2$	-0,000001 (-1,28)	-0,000001 (-1,12)	-	-	-
$b_3$	-	-	0,019206 (2,84)**	0,003915 (0,94)	-
$b_4$	-	-	-0,000001 (-2,36)**	-0,000001 (-1,07)	-
$b_5$	-0,337674 (-1,55)	-0,450598 (-1,97)	-0,252328 (-1,11)	-0,510498 (-2,25)	-0,488705 (-2,21)
$b_6$	0,001404 (2,35)	0,001481 (2,31)	0,001357 (2,33)	0,001673 (2,66)	0,001615 (2,62)
$b_7$	-0,000061 (-2,33)	-	-	-	-
$b_8$	-	-	-0,000068 (-2,71)	-	-
N	34	34	34	34	34
$R^2$	0,3857	0,2659	0,4152	0,2611	0,2314
R	0,6210	0,5157	0,6443	0,5110	0,4810
F	3,5166**	2,6267	3,9765**	2,5626	4,6679**

\*\* Indica significância ao nível de 0,05.

## 2.5. Resumo dos Ajustamentos da Função Quadrática

Não se pôde constatar estatisticamente que houve resposta positiva à aplicação de fertilizantes e calcário em nenhuma das quatro culturas anuais nas propriedades da amostra. Em geral, falta nas regressões até coerência de sinais entre os termos lineares, quadráticos e de interação entre nutrientes e calcário. A introdução do termo de interação cria problemas de multicolinearidade no modelo. O "poder explicativo" das variáveis incluídas no modelo, medido pelo  $R^2$ , é muito baixo, indicando que a adubação e o calcário influem pouco sobre as variações em produtividade nas propriedades estudadas. Uma diferença importante entre os resultados da quadrática e da Cobb-Douglas é a falta de significância estatística para a variável "defensivos" no modelo quadrático.

## 3. Os Grupos de Alto e Baixo Uso de Adubos

Vimos no Capítulo II que Nelson levantou a hipótese de haver um "nível crítico" de adubação nas propriedades da sua amostra, acima da qual obter-se-iam melhores respostas à adubação.

Verificamos a possibilidade de existir um nível crítico para as nossas observações. Os resultados estão apresentados no Apêndice 5, com algum detalhe. Aqui, basta indicar que não há qualquer evidência estatística que apoie essa hipótese. Em todos os casos, as variações nas produtividades das quatro culturas estudadas têm pouca relação com a intensidade da adubação. Esses resultados são coerentes com aqueles obtidos para todas as observações com as funções Cobb-Douglas e quadrática neste trabalho.

CAPÍTULO VI  
RESUMO E CONCLUSÕES

1. Resumo,

Desde 1966, o Brasil tem estimulado o uso de adubos químicos, mediante uma série de subsídios e estímulos. A medida mais importante tem sido a concessão de crédito a juros reais negativos para empréstimos agrícolas que incluem parcelas para a compra de "insumos modernos".

Embora milhões de cruzeiros sejam gastos anualmente nos subsídios à compra de adubos, existem poucos estudos sobre a economicidade da adubação no Brasil. Os resultados de ensaios experimentais mostram que a resposta à adubação em várias culturas é muito inferior àquela registrada em países onde se tem dado mais atenção à pesquisa biológica e genética. As funções de produção no Brasil geralmente possuem uma menor concavidade, estão situadas a níveis de produção mais baixos e alcançam o terceiro estágio mais cedo. Consequentemente, a economicidade de adubação torna-se problemática no caso brasileiro.

O cálculo de um "ponto ótimo", com base em resultados experimentais, pode ter pouca aplicação ao nível da propriedade rural. Frequentemente, os resultados mostram-se instáveis, com intervalos de confiança demasiadamente grandes para permitir recomendações gerais para a cultura estudada. Às vezes, são usadas técnicas especiais de aplicação ou quantidades grandes de mão-de-obra que não seriam viáveis nas empresas agrícolas. Outrossim, na análise de dados experimentais, os preços dos produtos e dos adubos nem sempre são representativos das condições que os agricultores enfrentam e, raramente, são calculados os custos adicionais de adubação.

Dispomos de poucos estudos sobre a economicidade de adubação ao nível da propriedade rural. Nos trabalhos de Nelson e Pellegrini, a adubação não foi considerada econômica nas propriedades estudadas. Esses resultados estão de acordo com os de Biserra se levarmos em conta a superestimação dos parâmetros no seu estudo.

As propriedades da amostra, aqui analisadas, estão situadas nos municípios de Jardinópolis, Guaira e Sales de Oliveira (sendo que apenas 5 propriedades foram levantadas nesse último município). Fazem parte da DIRA de Ribeirão Preto, uma das regiões mais modernas e produtivas do Brasil. Por sua vez, as propriedades da amostra têm rendimentos médios superiores aos da região, para o milho, algodão, arroz e soja, que são as quatro culturas estudadas nesta pesquisa. Contudo, só no caso da soja são obtidas produtividades comparáveis com as de países de agricultura avançada.

O tipo de solo mais importante da região é o latossol roxo. Normalmente, esse tipo de solo é bastante produtivo mesmo na ausência de adubação, sendo rico em macro e micronutrientes. A presença de ferro nesses solos, no entanto, poderá resultar na fixação de fósforo.



Os agricultores estão modificando as proporções em que os três principais macronutrientes são combinados, de uma maneira consistente com as informações agrônômicas. Entre 1969/70 e 1971/72, eles reduziram sensivelmente a aplicação de fósforo em relação ao nitrogênio e ao potássio. Em termos de quilos de nutrientes aplicados, houve um pequeno aumento de adubação na cultura do milho e uma redução de 25% na adubação da soja. Contrário ao que seria esperado, a produtividade do milho caiu e a da soja aumentou entre os dois anos. Para o algodão e o arroz, houve uma ligeira redução no nível de adubação que talvez se deva somente a diferenças na composição da amostra entre os dois anos agrícolas. Um terço dos agricultores entrevistados não adubou o arroz durante o ano agrícola 1971/72. A média de produtividade para este grupo foi quase idêntica à do grupo que adubou a cultura.

As propriedades da amostra são especializadas em culturas anuais e dirigidas pelos seus proprietários. Produzem, pelo menos, uma das quatro culturas estudadas em escala comercial, sem consorciação. Não foram incluídas observações de minifúndios ou latifúndios neste estudo. Das 91 propriedades incluídas na amostra, foram obtidas 66 observações sobre a cultura do milho, 43 sobre o algodão, 53 sobre o arroz e 34 sobre a soja.

O ano agrícola estudado (1971/72) foi favorável, em termos de chuva e rendimentos. As produtividades foram superiores às médias da região para um período de 5 anos. Esses fatores são favoráveis a bons resultados com adubação.

Dois modelos econométricos foram usados na análise dos dados: a função Cobb-Douglas e a função quadrática. Diversas variáveis foram usadas na Cobb-Douglas, além de "fertilizantes" e "calcário", para testar a sua influência sobre a produtividade agrícola. De modo geral, os seus coeficientes foram não-significa-

tivos. Mesmo com a presença de muitas variáveis no modelo, o "poder explicativo" das variáveis independentes foi baixo, indicando que os diferentes insumos foram responsáveis por apenas uma pequena parte das variações na produtividade.

A variável "fertilizantes" foi medida como agregado, pois a pequena variação nas fórmulas de adubos resultou em problemas de multicolinearidade, quando os nutrientes entraram no modelo como variáveis individuais.

A função quadrática foi usada para analisar, especificamente, a relação entre adubação, calagem e produtividade das culturas, devido à melhor representação teórica dos fenômenos biológicos que o modelo proporciona, em comparação com a função Cobb-Douglas. Na cultura do algodão, a variável "defensivos" também foi incluída no modelo. Em todos os ajustamentos, o "poder explicativo" das variáveis independentes foi muito baixo, indicando que há pouca relação entre a intensidade de uso desses insumos e a produtividade nas propriedades da amostra. Em muitos casos, nem o teste "F" da regressão foi significativo. A não-significância dos coeficientes das variáveis individuais foi uma regra geral. O coeficiente da variável "fertilizantes", analisada agregadamente, não foi estatisticamente diferente de zero em nenhum caso. Frequentemente, os sinais dos coeficientes dos termos lineares foram negativos, e os dos termos quadrados, positivos, o que mostra o caráter espúrio dos resultados.

## 2. Conclusões

A economicidade do uso de fertilizantes nos níveis atuais para as propriedades da amostra é duvidosa para as culturas do milho, algodão e soja. Os rendimentos durante o ano agrícola 1971/

72 parecem ser distribuídos aleatoriamente quanto ao uso de fertilizantes e calcário.

Em geral, estes resultados estão de acordo com os de Nelson. Entretanto, não foi confirmada a sua conclusão de que a produtividade marginal de nitrogênio é negativa. A discussão sobre multicolinearidade dos Capítulos II e V, como também a lógica da situação produtiva, indicam que a obtenção de um valor negativo para o produto marginal desse insumo foi efeito tão somente da presença de multicolinearidade no modelo.

Sabe-se muito pouco sobre os níveis desejáveis de adubação para as principais culturas da área. O nível de adubação usado nas propriedades da amostra está perto dos níveis mínimos recomendados pela ANDA para o Estado de São Paulo. Contudo, há uma tendência para os agricultores combinarem os nutrientes em uma proporção que parece ser mais recomendável para o solo da região, com uma quantidade menor de fósforo em relação ao nitrogênio e ao potássio.

Há evidência que melhores técnicas agrícolas poderiam aumentar a produtividade da região. Nesse sentido, notamos que a produtividade da testemunha dos ensaios experimentais de adubação em milho, conduzidos na região, foi 50% superior às das propriedades da nossa amostra, em terras adubadas. Atividades de extensão com demonstração de melhores técnicas poderão contribuir para este fim.

Na ausência de uma reação mais favorável à adubação, a produtividade tende a variar muito pouco com a intensidade do uso de insumos, e a produção total apenas com a área cultivada.

As implicações desses resultados são importantes para a política agrícola. Em primeiro lugar, a concessão de empréstimos agrícolas a juros reais negativos, em vez de aumentar a produtivi-

dade, poderá apenas estar libertando fundos para consumo familiar ou possibilitando aos médios e grandes proprietários aumentarem suas posses de terra.

Em segundo lugar, os investimentos em adubos representam uma perda de recursos escassos, na medida em que o valor do seu produto marginal é inferior ao seu preço. As perdas, nesse caso, vão além daquelas dos agricultores, pois se trata de um produto que vem, principalmente, do exterior e cujo preço para o agricultor é subsidiado mediante as taxas reais de juros negativas para esses empréstimos agrícolas.

### 3. Limitações do Estudo e Sugestões para Pesquisas

Há várias limitações do presente estudo que merecem destaque. Primeiramente, não se dispunha de uma variável para representar a fertilidade do solo. Segundo, foram usados dados para um ano agrícola ("cross section data") em uma região específica. Consequentemente, não foi possível avaliar o efeito residual da adubação e da calagem sobre a fertilidade do solo, e os resultados poderão não ser representativos para o Estado de São Paulo ou para o Brasil como um todo. Em terceiro lugar, dispunha-se de apenas duas informações sobre as técnicas de adubação: se o proprietário fez análise de solos nos últimos dois anos e se usou adubação em cobertura. Outras técnicas específicas de aplicação (época, distância das plantas etc.) não foram investigadas.

Entretanto, essas limitações têm o efeito de reforçar as recomendações para a pesquisa e para a política agrícola que podem ser extraídas deste estudo. Atualmente, a concessão de crédito é

ligada à compra de "insumos modernos", sem distinção para as características particulares de solos. Dá-se preferência aos empréstimos do tipo "custeio integral", o que exige que certa porcentagem do dinheiro emprestado seja gasta em "insumos modernos". Mesmo que haja alguma flexibilidade por parte dos órgãos de crédito agrícola, a quantidade de adubos que o agricultor usa pode vir a ser determinada mais pelas exigências creditícias que pelas necessidades do solo. Se o seu investimento em adubos não for acompanhado por um aumento equivalente na receita, a diferença é o preço que ele paga para receber financiamento a termos favoráveis para o custeio das lavouras.

Por outro lado, a adubação poderá ser altamente lucrativa se for obtida uma boa resposta à sua aplicação, fato que se torna mais acentuado com a melhora nas relações de preços entre produtos e adubos. Isso realça a importância de descobrir e difundir variedades que respondam melhor à adubação, como também o mapeamento e pesquisa de solos para indicar onde e quais os tipos de fertilizantes que devem ser usados.

Outrossim, devem ser investigados os aspectos econômicos de adubação ao nível da propriedade rural em outras regiões, sobretudo em áreas onde as deficiências dos solos são maiores que as da DIRA de Ribeirão Preto. Seriam especialmente interessantes informações sobre a fertilidade do solo e rendimentos em áreas onde a prática de adubação foi introduzida recentemente.

Sobretudo, são necessários estudos sobre a relação entre o crédito e o uso de fertilizantes e outros "insumos modernos". Como Griliches sugere, uma inovação técnica será adotada pelos agricultores na medida em que se mostra lucrativa. No Brasil, entretanto, ainda não sabemos se a adubação é lucrativa, embora seja amplamente usada, devido aos incentivos creditícios que promovem o seu emprego.

Em oposição às medidas creditícias atuais, existem duas alternativas principais para alocar mais economicamente os adubos: (a) desligar o seu uso de exigências creditícias especiais, deixando a decisão sobre o seu emprego ao critério do empresário agrícola; (b) promover um mapeamento completo de solos e outras pesquisas, visando verificar onde os adubos trariam maiores retornos, concentrando os esforços para aumentar o seu uso nessas áreas.

#### 4. Considerações Finais

As propriedades da amostra usam níveis relativamente altos de adubação. As produtividades para as culturas de milho, algodão, arroz e soja são das melhores registradas no Brasil. Contudo, somente os rendimentos da soja são comparáveis com os de países com setores agrícolas avançados.

Para o milho, o arroz e o algodão, as produtividades médias da amostra são apenas a metade daquelas comumente obtidas em outras nações. Entretanto, o nível de adubação para essas culturas é relativamente alto para as propriedades estudadas, indicando que a diferença em rendimentos não se deve apenas à adubação.

No Brasil, de modo geral, as funções de produção ajustadas a dados experimentais, mostram um baixo grau de resposta aos fertilizantes. Com os dados das propriedades rurais analisados aqui, não se pôde mostrar que o valor do produto marginal de fertilizantes fosse estatisticamente maior que zero para quatro culturas anuais. Na medida em que essas culturas não respondem bem à adubação, torna-se difícil aumentar a produção nacional de produtos agrícolas, o suficiente para suprir o mercado interno e, ainda, ganhar divisas para o país.

A tecnologia agrícola brasileira mostra-se adequada apenas no caso da soja. Nessa cultura, o Brasil possui variedades que se adaptam bem aos seus solos e ao seu clima. Em outras culturas importantes, como o feijão, o milho, o arroz e o algodão, o país, aparentemente, enfrenta uma barreira tecnológica que só poderá ser superada mediante a pesquisa genética e biológica. Acreditamos que o desenvolvimento de uma agricultura nacional diversificada e altamente produtiva dependerá muito mais dos descobrimentos nesses campos do que de simples aumentos nos níveis de adubação.

## SUMMARY AND CONCLUSIONS

### 1. Summary

Since 1966 Brazil has increased the usage of fertilizers through a series of measures, with the most important being the concession of credit at negative interest rates for farm loans that include fertilizers and other "modern inputs". The subsidy programs are costly and involve losses of foreign exchange, as Brazil's domestic production of fertilizers is only 19% of its total consumption.

Despite these costs, there is little evidence that fertilizer use is consistently profitable on Brazilian farms. Experimental data suggest that fertilizer response is quite low for a number of important annual crops in relation to common response rates in other nations. Although high rates of fertilizer use are frequently recommended based on such data, it is doubtful that such levels of use would be profitable under farm conditions.



Experimental results tend to be unstable, with large confidence intervals for the optimum point. Often special application techniques or unusually large amounts of man-hours are used which would not be viable on farms. Price ratios are often not representative of the conditions farmers actually face, and additional expenses with fertilizer application are seldom included. These factors tend to overestimate the levels at which fertilizer use would be profitable.

The region studied in this paper includes three counties in the State of São Paulo: Jardinópolis, Guairá and Sales de Oliveira. All are located in the agricultural region of Ribeirão Preto, one of the most modern and productive regions in Brazil. The farms included in the sample have higher mean yields than the area as a whole.

The most important soil type in the region is the latosol roxo, which is normally quite productive without fertilizer application. Due to the presence of iron in these soils, phosphate fixation may occur. However, a good response should be obtained with the application of nitrogen and potash in such soils. They are rich in micronutrients and seldom have low pH levels.

Fertilizer use in the region is quite high, though still below recommendations based on experimental data. Of the four crops studied (corn, cotton, rice and soybeans), actual farm use for the 1971/72 agricultural year was greater than the minimum recommendations of the fertilizer association ANDA for all except rice. Between 1969/70 and 1971/72, the farmers appeared to be changing the types of fertilizer used in a rational manner from an economic and agronomic standpoint. They reduced the level of phosphorus in relation to nitrogen and potash. Fertilization between the two agricultural years was increased for corn, reduced by 25% for

soybeans. These was an insignificant reduction for rice and cotton. Surprisingly, corn yields were lower and soybean yields higher in 1971/72 than two years earlier.

The farms studied are owner-operated and produce for sale on the open market. Unusually small or large properties (minifúndios or latifúndios) were not included in the sample. There were a total of 66 observations for corn, 43 for cotton, 53 for rice and 34 for soybeans. The agricultural year was favorable for good returns to fertilizer use, with normal rainfall and above average yields.

Cobb-Douglas and quadratic functions were used in the analysis. A number of variables besides those measuring fertilizer and lime were used in the Cobb-Douglas function, while the quadratic was used to test specific response to fertilizer and lime.

There was no significant response to either fertilizer or lime in these functions. The variables "explained" very little of the variations in yield.

## 2. Conclusions

Fertilizer use at present levels does not appear to be profitable in the Ribeirão Preto region on corn, cotton, rice or soybeans. Yields during the 1971/72 agricultural year are randomly distributed with respect to fertilizer use for all four crops. There is some evidence that better management could increase yields. Experimental yields for corn without fertilizers were 50% higher than on the sample farms with considerable fertilizer use. Better

extension facilities and demonstration lots might help to improve current farming techniques.

Present agricultural policies may be forcing farmers to use fertilizers at a non-economic level. Easy credit may also enable owners of medium and large properties to expand their holdings without creating any increases in productivity.

### 3. Limitations of the Present Study and Suggestions for Research

There are two principal limitations of the present study. First, no variabls could be calculated to represent soil fertility. Secondly, cross section data were used for a specific agricultural region. Thus, it was not possible to estimate the effect to fertilizer and lime in maintaining soil fertility, and the results may not be representative for the State of São Paulo or Brazil.

However, these limitations point out some similar problems with current agricultural policy, as credit is tied to the use of "modern" inputs such as fertilizers without regard to local conditions. Even through there may be some flexibility in regard to the percentage of the amount loaned which has to be spent on such inputs, the fertilizer that a farmer uses is apt to be determined more by credit conditions than soil needs. If he is forced to use an excessive amount of fertilizers, his loss on this investment is the price he pays for subsidized credit.

On the other hand, fertilizers will be highly profitable on such farms if there is a good response in terms of additional yields. This makes is very important to discover better seed

varieties, as well as expand soil mapping and similar research, so that the right fertilizers will be used in the right areas.

Research with farm level data is needed for other areas, especially those with soils which are less fertile than those in the Ribeirão Preto area. Information on the effect of fertilizer and lime on soil fertility where these inputs have been introduced only recently would also be useful.

It is especially important that the relation between credit and fertilizer use be investigated. Present credit policies appear to be encouraging fertilizer use at unprofitable levels. Two alternatives to present policies might improve the allocation of this input: (a) return the control of fertilizer use to farmers through the elimination of credit pressures in favor of its use; (b) increase research and soil mapping to indicate where and under what conditions its use will be profitable.

#### 4. Final Comments

The farms included in this study have some of the best yields in Brazil for corn, cotton, rice and soybeans. However, only the soybean yields are comparable with those of countries which have highly productive agricultural sectors.

Corn, rice and cotton yields are only half of those normally obtained in other nations, even though levels of fertilizer use are frequently comparable. Experimental data from different areas in Brazil show a low degree of response to fertilizers in general. For the farms studied in this paper, there was no

statistically significant response to fertilizer use in any of the four crops studied. If these results are typical of response to fertilizer in Brazil, it will be difficult for the nation's farmers to increase their productivity enough to meet domestic demands and still permit large exports.

Brazilian agricultural technology appears adequate only in the case of soybeans. For this crop, Brazil has varieties that are highly productive in local soil and climatic conditions. For other important crops, Brazil faces a technological barrier that can only be overcome through genetic and biological research. The development of a highly productive and diversified national agriculture will depend more on discoveries in these areas than mere increases in fertilizer usage.

## BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS (ANDA). Manual de Adubação. São Paulo: Editora "Ave Maria", Ltda., 1971.

CAMPOS, Humberto de. "Aspectos da Aplicação das Superfícies de Resposta a Ensaios Fatoriais 3<sup>3</sup> de Adubação". Piracicaba: Departamento de Matemática e Estatística, ESALQ/USP, Tese de Livre-Docência, 1967.

---

\_\_\_\_\_ e ARAÚJO, Paulo F. Cidade de. "Aspectos Econômicos da Adubação em Milho". Piracicaba: Convênio Ministério da Agricultura-ESALQ/USP, 1971 (mimeografado).

CIBANTOS, Jubert Sanches. A Demanda para Fertilizantes no Estado de São Paulo. Piracicaba: Departamento de Ciências Sociais Aplicadas, ESALQ/USP, Tese de doutoramento, 1972.

DRAPER, N.R. e SMITH, H. Applied Regression Analysis. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1966.

ESCRITÓRIO DE ANÁLISE ECONÔMICA E POLÍTICA AGRÍCOLA (EAPA). "Identificação e Avaliação Preliminar da Política de Estímulos à Produção e Uso de Fertilizantes". Brasília: Ministério da Agricultura, Secretaria Geral, Subsecretaria de Planejamento e Orçamento, Primeiro Relatório (Segunda Tiragem), 1972.

---

. "Anais do Seminário Sobre a Influência da Política Agrícola na Formação de Capital". Brasília: Ministério da Agricultura, Subsecretaria de Planejamento e Orçamento, 1972.

FREITAS, Claus Floriano Trench de et al. "Importância Econômica e Grau de Desenvolvimento das Empresas Misturadoras de Adubos no Estado de São Paulo". Agricultura em São Paulo, Ano IX, nº 9, setembro de 1962, pp. 1-19.

FUZATTO, Milton Geraldo et al. "Estudo Técnico-Econômico da Adubação do Algodoeiro no Estado de São Paulo". Campinas: Secretaria da Agricultura, Instituto Agrônomo de Campinas, Projeto BNDE/ANDA/CIA, nº 1, 1970.

GIRÃO, José A. A Função de Produção de Cobb-Douglas e a Análise Interregional da Produção Agrícola. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, Centro de Estudos de Economia Agrária, 1965.

GOLDBERG, Arthur S. Econometric Theory. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1964.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Um Grande Desafio. Campinas: Secretaria da Agricultura, C.A.T.I., 1972.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, Desenvolvimento da Agricultura Paulista. São Paulo: Secretaria da Agricultura, Instituto de Economia Agrícola, 1972.

---

Prognóstico: Ano Agrícola 1972/73. São Paulo: Secretaria da Agricultura, Instituto de Economia Agrícola, 1972.

GRILICHES, Zvi. "The Demand for Fertilizer: An Economic Interpretation of a Technical Change". Journal of Farm Economics, Vol. 40, nº 3, agosto de 1958, pp. 591-606.

HAVLICEK, Joseph Jr. e SEAGRAVES, James A. "The Cost of the Wrong Decision as a Guide in Production Research". Journal of Farm Economics, Vol. 44, nº 1, fevereiro de 1962, pp.157-164.

HEADY, Earl O. e DILLON, John L. Agricultural Production Functions. Ames: The Iowa State University Press, 1966.

HUANG, David S. Regression and Econometric Methods. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1970.

IGUE, Toshio et al. "Estudo Comparativo dos Métodos de Mitscherlich e do Trinômio do Segundo Grau, na Determinação das Doses Mais Econômicas de Fertilizantes, na Adubação do Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.). Campinas: Secretaria da Agricultura, Instituto Agrônômico de Campinas, Projeto BNDE/ANDA/CIA, 1971, nº 4.

JOHNSTON, J. Métodos Econométricos. São Paulo: Editora Atlas S/A, 1971 (1ª edição em português).



- JOHNSTON, J. Econometric Methods. New York: McGraw-Hill Book Company, 1972 (2ª edição em inglês).
- KLEIN, Lawrence R. An Introduction to Econometrics. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, Inc., 1962.
- KMENTA, Jan. Elements of Econometrics. New York: The MacMillan Company, 1971.
- KNIGHT, Peter T. Brazilian Agricultural Technology and Trade: A Study of Five Commodities. New York: Praeger Publishers, 1971.
- LANZER, Edgar Augusto. "Análise Econômica de Um Grupo de Experimentos de Fertilização e Calagem do Solo na Cultura do Trigo - Rio Grande do Sul". Porto Alegre: IEPE/FCE/UFRGS, 1970.
- LOHMANN, Otto. "The Brazilian Fertilizer Market, 1969". São Paulo: Otto Lohmann, Ltda., 1970, Vol. 2 (mimeografado).
- MALAVOLTA, Eurípedes. Manual de Química Agrícola, Adubos e Adubação. São Paulo: Biblioteca Agronômica "Ceres", 1967, 2ª edição.
- MASCARENHAS, H.A.A. et al. "Estudos Preliminares sobre a Adubação Econômica da Soja". Campinas: Secretaria da Agricultura, Instituto Agronômico de Campinas, Projeto BNDE/ANDA/CIA, nº 3, 1970.

MASCARENHAS, H.A.A. et al. "Estudos Preliminares sobre a Adubação Econômica da Soja (Glycine Max (1) Merrill), na Região da Alta Mogiana, em Latosol Roxo e Latosol Vermelho Escuro, Fase Arenosa". Campinas: Secretaria da Agricultura, Instituto Agronômico de Campinas, Projeto BNDE/ANDA/CIA, 1971, nº 3.

MELLOR, John W. O Planejamento do Desenvolvimento Agrícola. Rio de Janeiro: Edições "O Cruzeiro", 1967.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro: CNEPA, Comissão de Solos, Boletim nº 12, 1960.

MIRANDA, Luiz Eugênio Coelho de e MIRANDA, Luiz Torres de. "Adubação do Milho: IV - Estudo Econômico de Adubação do Milho no Estado de São Paulo". Campinas: Secretaria da Agricultura, Instituto Agronômico de Campinas, Projeto BNDE/ANDA/CIA, nº 14, 1971.

---

\_\_\_\_\_ e JORGE, Joassy de Paula N. "Adubação do Milho: II - Comprovação da Eficiência das Fórmulas de Adubação Recomendadas em Função da Análise do Solo". Campinas: Secretaria da Agricultura: Instituto Agronômico de Campinas, Projeto BNDE/ANDA/CIA, nº 12, 1971.

MIRANDA, Luiz Torres de. "Adubação do Milho: I - Relação entre Dados de Ensaio de Campo e de Análise Química do Solo". Campinas: Secretaria da Agricultura, Instituto Agronômico de Campinas, Projeto BNDE/ANDA/CIA, nº 11, 1971.

MIRANDA, Luiz Torres de et al. "Adubação do Milho: III - Comprovação da Eficiência de Tabelas de Recomendação de Adubação, em Campos de Demonstração". Campinas: Secretaria da Agricultura, Instituto Agrônomo de Campinas, Projeto BNDE/ANDA/CIA, nº 13, 1971.

NELSON, William C. "An Economic Analysis of Fertilizer Utilization in Brazil". Columbus: The Ohio State University, Tese de Ph.D., 1971.

NICHOLLS, William H. "Paiva e o Dualismo Tecnológico na Agricultura: Um Comentário". Pesquisa e Planejamento Econômico, Vol. 3, nº 1, março de 1973, pp. 15-50.

\_\_\_\_\_. "The Changing Structure of Farm Product and Input Markets in Brazil". In Agricultural Cooperatives and Markets in Developing Countries. Kurt R. Anshel et al., eds. New York: Frederick A. Praeger and Sons, 1969, pp. 63-78.

PAIVA, Ruy Miller. "Modernização e Dualismo Tecnológico na Agricultura". Pesquisa e Planejamento Econômico, Vol. 1, nº 2, dezembro de 1971, pp. 171-234.

\_\_\_\_\_. "Modernização e Dualismo Tecnológico na Agricultura: Resposta aos Comentários dos Professores Nicholls and Schuh". Pesquisa e Planejamento Econômico, Vol. 3, nº 1, março de 1973, pp. 95-116.

PERROCO, Leda R. et al. "Aspectos Econômicos da Agricultura na Região de Ribeirão Preto, Ano Agrícola 1969/70". Piracicaba: Departamento de Ciências Sociais Aplicadas, ESALQ/USP, Projeto de Formação de Capital, 1971.

PELLEGRINI, L.M. "Uma Função de Produção para Milho - Município de Itapetininga". Agricultura em São Paulo, Ano 16, nºs 5/6, maio e junho de 1969, pp. 1-17.

\_\_\_\_\_ et al. "Uma Função de Produção para Tomate de Varra". Agricultura em São Paulo, Ano 18, nºs 11/12, novembro e dezembro de 1971, pp. 35-52.

ROCHA, Jober. "Análise Econômica da Engorda de Bovinos em Confinamento através da Superfície de Resposta Ulveling-Fletcher". Viçosa: Departamento de Economia Rural, Universidade Federal de Viçosa, Tese de M.S., 1972.

SAHOTA, Gian S. Fertilizer in Economic Development: An Econometric Analysis. New York: Frederick A. Praeger, Publishers, 1968.

SCHUH, G. Edward. O Desenvolvimento da Agricultura no Brasil. Rio de Janeiro: APEC Editora, S/A, 1971.

\_\_\_\_\_. "Modernização e Dualismo Tecnológico na Agricultura: Alguns Comentários". Pesquisa e Planejamento Econômico, Vol. 3, nº 1, março de 1973, pp. 51-93.

\_\_\_\_\_ e TOLLINI, Hélio. "Análise Econômica de Ensaios de Adubação". Brasília: Ministério da Agricultura, setembro de 1972 (versão preliminar).

SCHULTZ, Theodore W. A Transformação da Agricultura Tradicional. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1965.

SILVA, NELSON MACHADO DE. "Importância da Seleção de Glebas para Estudos de Adubação do Algodoeiro". Campinas: Secretaria da Agricultura, Instituto Agronômico de Campinas, Projeto BNDE/ANDA/CIA, 1971, nº 8.

\_\_\_\_\_ et al. "Efeitos da Adubação sobre o Desenvolvimento e a Produção das Variedades Paulistas do Algodoeiro, em latosol roxo intensamente cultivado". Campinas: Secretaria da Agricultura, Instituto Agronômico de Campinas, Projeto BNDE/ANDA/CIA, 1971, nº 5.

\_\_\_\_\_ et al. "Adubação do Algodoeiro em Latosolos Roxos Altamente Deficientes em Potássio". Campinas: Secretaria da Agricultura, Instituto Agronômico de Campinas, Projeto BNDE/ANDA/CIA, 1971, nº 6.

\_\_\_\_\_ et al. "Comportamento de Duas Variedades Paulistas de Algodoeiro em Diferentes Níveis de Adubação P e K (2ª série)". Campinas: Secretaria da Agricultura, Instituto Agronômico de Campinas, Projeto BNDE/ANDA/CIA, 1971, nº 9.

\_\_\_\_\_. "Estudo Preliminar do Emprego de Torta de Mamona Associada à Adubação Mineral do Algodoeiro". Campinas: Secretaria da Agricultura, Instituto Agronômico de Campinas, Projeto BNDE/ANDA/CIA, 1971.

SPIEGEL, Murray R. Estatística. Rio de Janeiro: Editora McGraw-Hill do Brasil, Ltda., 1971.

TELLA, Romeu de et al. "Experiências de Adubação do Amendoim". Campinas: Secretaria da Agricultura, Instituto Agronômico de Campinas, Projeto BNDE/ANDA/CIA, nº 2, 1971.

TOLLINI, Hélio e SEAGRAVES, James A. "Actual and Optimal Use of Fertilizer: The Case of Nitrogen on Corn in Eastern North Carolina". Raleigh: North Carolina State University, Economics Research Report nº 14, 1970.

VIEIRA, SÔNIA et al. "Estudo Comparativo de Três Funções na Análise Econométrica de Experimentos de Adubação". Piracicaba: Convênio ESCO/MA-ESALQ/USP, 1971.

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

WRIGHT, Charles Leslie e MARQUES, Pedro Valentim. "Aspectos Econômicos da Agricultura na Região de Ribeirão Preto, Ano Agrícola 1971/72". Piracicaba: Departamento de Ciências Sociais Aplicadas, ESALQ/USP, Série Estudos nº 16, 1973.

APÊNDICE 1  
CORRELAÇÕES SIMPLES

Tabela 33 - Correlações Simples entre os Logaritmos das Variáveis Incluídas nas Funções Cobb-Douglas para a Cultura do Milho. Jardinópolis e Guaiara, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade".

	log X <sub>1</sub>	log X <sub>2</sub>	log X <sub>3</sub>	log X <sub>4</sub>	log X <sub>5</sub>	log X <sub>6</sub>	log X <sub>7</sub>	log X <sub>8</sub>	log X <sub>9</sub>	log X <sub>10</sub>	log X <sub>11</sub>	log X <sub>12</sub>	log X <sub>13</sub>	log X <sub>14</sub>	log X <sub>15</sub>	log X <sub>16</sub>	log X <sub>17</sub>	log X <sub>18</sub>	log X <sub>19</sub>	log X <sub>20</sub>	
log Y	1,0000	0,0498	0,1244	0,0820	0,1558	-0,0032	-0,0434	0,0415	0,2357	0,2021	0,3009	-0,1851	-0,0169	0,2189	-0,1448	0,1703	0,1359	0,2199	0,0660	0,3533	0,2121
log X <sub>1</sub>		1,0000	0,3279	0,1198	0,1565	0,0717	-0,1897	0,0986	0,2347	0,0702	0,1164	0,0060	-0,0272	0,1625	0,2256	0,0284	-0,2032	0,1958	0,1328	-0,1444	0,0688
log X <sub>2</sub>			1,0000	0,5553	-0,0827	-0,2648	0,2525	0,3485	0,2305	0,3314	0,3973	0,2649	0,2593	0,3680	0,0974	0,3543	-0,0789	0,1621	0,2868	0,0160	0,3256
log X <sub>3</sub>				1,0000	-0,2889	-0,6616	0,3608	0,0720	0,0071	0,2710	0,3886	0,2435	0,3325	0,4114	0,1618	0,2286	0,0114	0,3289	0,2932	-0,0758	0,3345
log X <sub>4</sub>					1,0000	0,4546	-0,2978	0,0775	0,1510	-0,0152	0,0154	-0,0656	-0,1176	0,0439	-0,2772	-0,1692	0,0192	0,0605	-0,0347	0,0741	-0,0542
log X <sub>5</sub>						1,0000	-0,2721	-0,0228	0,0080	-0,1911	-0,2475	-0,2146	-0,3036	-0,2713	-0,0843	-0,5120	-0,1585	-0,0844	-0,2051	0,0306	-0,2669
log X <sub>6</sub>							1,0000	0,1762	0,0992	0,2226	0,2849	0,2596	0,2009	0,2965	0,2332	0,1395	-0,0316	0,3046	0,2810	0,1156	0,2549
log X <sub>7</sub>								1,0000	0,2497	0,1783	0,1740	0,1709	0,1006	0,0577	-0,0129	0,1296	-0,0378	0,0374	0,1396	0,2476	0,2144
log X <sub>8</sub>									1,0000	0,0190	0,0776	0,0444	-0,0738	0,1401	0,1262	0,0950	-0,0194	0,3527	0,1872	0,2257	0,0564
log X <sub>9</sub>										1,0000	0,8444	0,9191	0,6857	0,3893	-0,0734	0,2927	0,3437	0,1345	0,2764	0,3556	0,5711
log X <sub>10</sub>											1,0000	0,7100	0,5320	0,6163	-0,0305	0,3895	0,2573	0,1474	0,3949	0,2650	0,8550
log X <sub>11</sub>												1,0000	0,6424	0,2626	-0,0903	0,1860	0,3614	0,1504	0,2667	0,3566	0,9413
log X <sub>12</sub>													1,0000	0,3043	-0,2160	0,1576	0,2743	0,0780	0,2091	0,1784	0,7489
log X <sub>13</sub>														1,0000	0,0666	0,2870	0,0961	0,1708	0,1565	0,0719	0,4088
log X <sub>14</sub>															1,0000	0,1265	-0,1514	0,0891	0,2029	-0,1250	-0,0980
log X <sub>15</sub>																1,0000	0,2735	0,2756	0,2268	0,2940	0,2757
log X <sub>16</sub>																	1,0000	0,0005	0,2145	0,7533	0,3816
log X <sub>17</sub>																		1,0000	0,4496	0,2516	0,1372
log X <sub>18</sub>																			1,0000	0,2444	0,2731
log X <sub>19</sub>																				1,0000	0,3636
log X <sub>20</sub>																					1,0000

Nota: Deve-se observar que muitas das correlações simples com valores altos nesta tabela são entre variáveis que são medidas alternativas para o mesmo insumo e, portanto, nunca entram no mesmo ajustamento.



Tabela 34 - Correlações Simples entre os Logaritmos das Variáveis Incluídas nas Funções Cobb-Douglas para a Cultura do Algodão. Jardinópolis e Guaira, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade".

	log X <sub>1</sub>	log X <sub>2</sub>	log X <sub>3</sub>	log X <sub>4</sub>	log X <sub>5</sub>	log X <sub>6</sub>	log X <sub>7</sub>	log X <sub>8</sub>	log X <sub>9</sub>	log X <sub>10</sub>	log X <sub>11</sub>	log X <sub>12</sub>	log X <sub>13</sub>	log X <sub>14</sub>	log X <sub>15</sub>	log X <sub>16</sub>	log X <sub>17</sub>	log X <sub>18</sub>	log X <sub>19</sub>	log X <sub>20</sub>	
log Y	1,0000	0,1764	0,4043	0,3657	0,2698	-0,2359	0,3126	0,1755	0,5832	0,2991	0,2749	0,1194	0,2198	-0,0218	0,0591	0,3660	-0,0292	0,0859	0,1778	0,1692	0,2995
log X <sub>1</sub>	1,0000	0,3144	-0,0780	0,3043	0,0299	-0,1595	0,1282	-0,0119	0,1104	0,1254	-0,1380	-0,1479	-0,2219	-0,1256	0,1810	-0,4562	0,3320	0,4104	-0,2758	-0,0563	
log X <sub>2</sub>		1,0000	0,4269	-0,0607	-0,3155	0,2818	0,4534	0,3243	0,3243	0,2503	0,1896	0,1510	-0,1158	0,1350	0,5218	-0,1374	0,1959	0,4314	-0,0083	0,3649	
log X <sub>3</sub>			1,0000	-0,0926	-0,6191	0,4775	0,0886	0,5446	0,3208	0,3622	0,3499	0,3948	0,1474	0,2598	0,3441	0,1003	0,0547	0,3636	-0,0525	0,4480	
log X <sub>4</sub>				1,0000	0,3086	-0,0695	0,6275	-0,0663	0,2130	0,1396	0,0733	0,0036	-0,1154	-0,1544	-0,0506	0,0949	0,2152	-0,0105	0,1086		
log X <sub>5</sub>					1,0000	-0,3386	0,0761	-0,2814	-0,2992	-0,4032	-0,4552	-0,3833	-0,3190	-0,3220	-0,4501	-0,2046	-0,0147	-0,0406	0,1364	-0,5111	
log X <sub>6</sub>						1,0000	-0,0844	0,4682	-0,0095	0,0648	0,1663	0,0883	0,0652	0,0942	0,2200	0,2005	0,2047	0,3451	0,2609	0,1471	
log X <sub>7</sub>							1,0000	0,2787	0,3771	-0,0074	-0,0921	0,2370	0,0272	0,0075	-0,0189	-0,0011	0,0815	-0,0062	0,1477	0,0734	
log X <sub>8</sub>								1,0000	0,3913	0,2255	0,2575	0,3768	-0,0256	0,0360	0,4199	0,1449	0,0771	0,1966	0,2086	0,3930	
log X <sub>9</sub>									1,0000	0,7360	0,5106	0,5729	0,2560	-0,0045	0,0894	-0,0213	0,1043	0,1286	-0,0021	0,7612	
log X <sub>10</sub>										1,0000	0,3822	0,3688	0,5340	-0,0241	0,2819	0,0271	0,1857	0,1151	-0,0003	0,7395	
log X <sub>11</sub>											1,0000	0,8197	0,0879	0,2171	-0,0651	0,3450	-0,0560	0,0191	0,1253	0,8472	
log X <sub>12</sub>												1,0000	0,1109	0,2555	-0,0500	0,2888	-0,0687	0,0110	0,1856	0,8570	
log X <sub>13</sub>													1,0000	-0,0734	0,0566	0,1994	-0,0713	-0,1885	-0,0785	0,2950	
log X <sub>14</sub>														1,0000	-0,0520	0,0933	-0,2031	-0,2119	-0,1362	0,1766	
log X <sub>15</sub>															1,0000	0,1027	0,1279	0,1520	0,0738	0,1084	
log X <sub>16</sub>																1,0000	-0,0910	-0,2223	0,6138	0,2818	
log X <sub>17</sub>																	1,0000	0,5313	0,4919	0,0967	
log X <sub>18</sub>																		1,0000	0,0560	0,0856	
log X <sub>19</sub>																			1,0000	0,1853	
log X <sub>20</sub>																				1,0000	

Nota: Deve-se observar que muitas das correlações simples com valores altos nesta tabela são entre variáveis que são medidas alternativas para o mesmo insumo e, portanto, nunca entram no mesmo ajustamento.

Tabela 35 - Correlações Simples entre os Logaritmos das Variáveis Incluídas nas Funções Cobb-Douglas para a Cultura do Arroz. Jardinópolis e Guaira, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade".

	log X <sub>1</sub>	log X <sub>2</sub>	log X <sub>3</sub>	log X <sub>4</sub>	log X <sub>5</sub>	log X <sub>6</sub>	log X <sub>7</sub>	log X <sub>8</sub>	log X <sub>9</sub>	log X <sub>10</sub>	log X <sub>11</sub>	log X <sub>12</sub>	log X <sub>13</sub>	log X <sub>14</sub> /log X <sub>15</sub>	log X <sub>16</sub>	log X <sub>17</sub>	log X <sub>18</sub>	log X <sub>19</sub>	log X <sub>20</sub>					
log Y	1,0000	0,2974	0,4087	0,0430	-0,0161	-0,1887	0,0646	-0,3547	0,1895	0,3749	0,1813	0,1844	0,1175	0,2543	0,2468	0,1372	-0,0005	0,2719	-0,0486	0,0401	0,2755	-0,0468	0,1953	
log X <sub>1</sub>																								
log X <sub>2</sub>																								
log X <sub>3</sub>																								
log X <sub>4</sub>																								
log X <sub>5</sub>																								
log X <sub>6</sub>																								
log X <sub>7</sub>																								
log X <sub>8</sub>																								
log X <sub>9</sub>																								
log X <sub>10</sub>																								
log X <sub>11</sub>																								
log X <sub>12</sub>																								
log X <sub>13</sub>																								
log X <sub>14</sub>																								
log X <sub>15</sub>																								
log X <sub>16</sub>																								
log X <sub>17</sub>																								
log X <sub>18</sub>																								
log X <sub>19</sub>																								
log X <sub>20</sub>																								

a/ Esta variável não foi calculada para a cultura do arroz.

Nota: Deve-se observar que muitas das correlações simples com valores altos nesta tabela são entre variáveis que são medidas alternativas para o mesmo insumo e, portanto, nunca entram no mesmo ajustamento.

Tabela 36 - Correlações Simples entre os Logaritmos das Variáveis Incluídas nas Funções Cobb-Douglas para a Cultura da Soja. Jardinópolis e Guaira. Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade".

	log X <sub>1</sub>	log X <sub>2</sub>	log X <sub>3</sub>	log X <sub>4</sub>	log X <sub>5</sub>	log X <sub>6</sub>	log X <sub>7</sub>	log X <sub>8</sub>	log X <sub>9</sub>	log X <sub>10</sub>	log X <sub>11</sub>	log X <sub>12</sub>	log X <sub>13</sub>	log X <sub>14</sub>	log X <sub>15</sub>	log X <sub>16</sub>	log X <sub>17</sub>	log X <sub>18</sub>	log X <sub>19</sub>	log X <sub>20</sub>	
log Y	1,0000	0,0723	0,4317	0,1921	-0,1066	-0,3016	0,1877	-0,0318	0,1528	0,4448	-0,0892	-0,1345	-0,0487	-0,1555	0,1861	0,1333	-0,1135	0,0390	0,0402	-0,1397	0,1225
log X <sub>1</sub>	1,0000	0,2322	-0,3053	0,1229	0,0142	-0,0597	0,2940	0,0250	-0,1357	-0,3128	0,0744	-0,3795	0,1061	-0,1795	0,0828	-0,0544	0,4478	0,3850	0,1871	-0,0551	
log X <sub>2</sub>	1,0000	0,4038	-0,0254	-0,5288	0,1946	0,0806	0,4303	0,2787	-0,1094	0,0085	-0,0766	0,1477	-0,0278	0,7281	-0,0494	0,2733	0,4636	0,0554	0,6704		
log X <sub>3</sub>	1,0000	-0,2745	-0,5548	0,1712	-0,1182	0,1882	0,0934	0,2780	-0,0324	0,1332	-0,0006	-0,0847	0,5601	-0,3365	-0,1818	0,0234	-0,3660	0,0757			
log X <sub>4</sub>	1,0000	0,3291	0,2107	0,0004	0,0236	0,0777	-0,1070	-0,0697	-0,0540	-0,0029	0,0020	-0,1527	0,2919	0,3886	0,1264	0,3801	-0,0234				
log X <sub>5</sub>	1,0000	0,0390	-0,0444	-0,1946	-0,3419	-0,0571	0,0135	-0,3372	-0,0024	0,0616	-0,7903	0,2019	0,0176	-0,1239	0,1896	-0,2953					
log X <sub>6</sub>	1,0000	0,0230	0,1051	0,2675	-0,0843	-0,0928	0,1899	0,0215	-0,0984	0,0744	0,0502	0,2387	0,2051	0,1681	0,1038						
log X <sub>7</sub>	1,0000	-0,0416	-0,1018	-0,4448	0,0238	-0,1815	0,0595	-0,2933	0,0188	0,1682	0,0970	0,0293	0,4475	-0,1059							
log X <sub>8</sub>	1,0000	0,0081	0,5496	-0,1354	0,0528	-0,1134	-0,0014	0,3322	-0,1749	0,1340	0,2488	-0,1409	-0,1925								
log X <sub>9</sub>	1,0000	0,0044	-0,0208	0,4218	0,0798	0,0006	0,2566	0,0250	0,1561	-0,0229	0,0286	0,5249									
log X <sub>10</sub>	1,0000	-0,2678	0,2678	0,0895	-0,0907	-0,0188	-0,0816	-0,1373	-0,1883	-0,1197											
log X <sub>11</sub>	1,0000	0,0816	0,0774	-0,2750	0,0173	-0,2401	-0,1944	-0,1786	-0,2197	0,6486											
log X <sub>12</sub>	1,0000	0,0220	-0,2101	0,0716	-0,0329	-0,1995	-0,2041	-0,1299	0,4445												
log X <sub>13</sub>	1,0000	-0,1866	-0,0300	0,0245	0,1689	0,2319	0,1423	0,0203													
log X <sub>14</sub>	1,0000	-0,0950	-0,0959	0,0078	-0,2071	-0,1903	-0,3019														
log X <sub>15</sub>	1,0000	-0,1925	0,1627	0,2616	-0,1093	0,2108															
log X <sub>16</sub>	1,0000	0,0775	0,0095	0,8899	-0,1486																
log X <sub>17</sub>	1,0000	0,6008	0,3894	-0,0140																	
log X <sub>18</sub>	1,0000	0,1966	-0,2459																		
log X <sub>19</sub>	1,0000	-0,1446																			
log X <sub>20</sub>	1,0000																				

Nota: Deve-se observar que muitas das correlações simples com valores altos nesta tabela são entre variáveis que são medidas alternativas para o mesmo insumo e, portanto, nunca entram no mesmo ajustamento.

Tabela 37 - Correlações Simples entre as Variáveis Incluídas nas Funções Quadráticas para a Cultura do Milho. Jardinópolis e Guaiara, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade".

	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>
Y	1,0000	0,2352	0,1845	0,1175	0,1284	0,2780	0,3116	0,2413	0,1886
X <sub>1</sub>		1,0000	0,9528	0,6622	0,7492	0,2198	0,2787	0,8843	0,6464
X <sub>2</sub>			1,0000	0,6463	0,7693	0,1979	0,2544	0,8341	0,6264
X <sub>3</sub>				1,0000	0,9240	0,2671	0,2802	0,6390	0,8612
X <sub>4</sub>					1,0000	0,2812	0,3210	0,7668	0,8855
X <sub>5</sub>						1,0000	0,9609	0,4210	0,5592
X <sub>6</sub>							1,0000	0,5273	0,6205
X <sub>7</sub>								1,0000	0,8140
X <sub>8</sub>									1,0000

Tabela 38 - Correlações Simples entre as Variáveis Incluídas nas Funções Quadráticas para a Cultura do Algodão. Jardinópolis e Guaiara, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade".

Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	
Y	1,0000	0,0611	-0,0139	0,1857	0,0687	0,2304	0,1262	0,1927	0,5030	0,4570	
X <sub>1</sub>		1,0000	0,9040	0,7809	0,8496	0,2663	0,2849	0,7915	0,0158	-0,0032	
X <sub>2</sub>			1,0000	0,7618	0,9607	0,2163	0,1977	0,8823	0,7628	-0,0330	-0,0505
X <sub>3</sub>				1,0000	0,8792	0,2662	0,2687	0,7813	0,9130	0,1551	0,1487
X <sub>4</sub>					1,0000	0,2479	0,2360	0,8566	0,8539	0,0570	0,0503
X <sub>5</sub>						1,0000	0,9575	0,4505	0,5318	0,2174	0,0439
X <sub>6</sub>							1,0000	0,4923	0,5662	0,1795	0,0314
X <sub>7</sub>								1,0000	0,8906	0,0253	-0,0177
X <sub>8</sub>									1,0000	0,1060	0,0492
X <sub>9</sub>										1,0000	0,9163
X <sub>10</sub>											1,0000

Tabela 39 - Correlações Simples entre as Variáveis Incluídas nas Funções Quadráticas para a Cultura do Arroz. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72. "Modelo Produtividade".

Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	
Y	1,0000	-0,1383	-0,1445	0,0813	0,0085	0,1727	0,1207	-0,0697	0,2728
X <sub>1</sub>		1,0000	0,9713	0,5992	0,7173	-0,0575	-0,0801	0,8584	0,3410
X <sub>2</sub>			1,0000	0,6106	0,7754	-0,0517	-0,0714	0,8144	0,3387
X <sub>3</sub>				1,0000	0,9268	-0,0352	-0,1083	0,4857	0,6540
X <sub>4</sub>					1,0000	-0,0775	-0,1148	0,5330	0,5234
X <sub>5</sub>						1,0000	0,9023	0,0234	0,4106
X <sub>6</sub>							1,0000	-0,0456	0,1892
X <sub>7</sub>								1,0000	0,4362
X <sub>8</sub>									1,0000



APÊNDICE 2  
CÁLCULO DA VARIÁVEL "GERÊNCIA"



Cálculo do Índice de "Gerência" (X<sub>2</sub>)

Item	Categoria	Peso	Multi- plicador	Escore
Educação Formal	0 anos	50	0	0
	1-4 anos	50	1	50
	5-8 anos	50	2	100
	9-11 anos	50	3	150
	12 ou mais	50	4	200
Contatos com extensionistas e técnicos <u>a/</u>	0 contatos	45	0	0
	1-3 contatos	45	1	45
	4-9 contatos	45	2	90
	10-49 contatos	45	3	135
	50 ou mais	45	4	180
Visitou campos de demonstração, ex- posições ou estações experimentais. <u>a/</u>	não visitou	120	0	0
	visitou	120	1	120
Pertence a associação agrícola ou cooperativa.	não pertence	120	0	0
	pertence	120	1	120
Informações técnicas: lê folhetos, ou revistas agrícolas. <u>a/</u>	não lê	70	0	0
	lê de 1 a 9	70	1	70
	lê 10 ou mais	70	2	140
Informações escritas.	não guarda	60	0	0
	parcial	60	1	60
	total	60	2	120
Jornais <u>a/</u>	lê de 0 a 11 a.a.	39	0	0
	lê 12 ou mais a.a.	39	1	39
3-15-15	Não sabe identificar NPK sabe identificar	80	0	0
		80	1	80
Total possível:				999
Mínimo possível = 1 (imputado)				

a/ Durante o ano agrícola.

APÊNDICE 3  
VALORES MÉDIOS DAS  
VARIÁVEIS ANALISADAS

Tabela 41 - Médias Aritméticas das Variáveis Incluídas na Análise.  
 Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72. Modelo  
 "Produtividade".

Variável	Milho	Algodão	Arroz	Soja
Y	96,45	206,44	71,01	67,57
X <sub>1</sub>	5,09	5,20	5,42	2,32
X <sub>2</sub>	383,06	416,40	376,30	440,29
X <sub>3</sub>	15,57	21,81	5,36	28,04
X <sub>4</sub>	21,79	87,19	63,97	13,47
X <sub>5</sub>	4,47	5,26	8,68	1,37
X <sub>6</sub>	3,32	2,88	3,55	5,24
X <sub>7</sub>	47,66	61,30	66,72	147,28
X <sub>8</sub>	13,35	366,96	20,82	69,14
X <sub>9</sub>	257,11	409,04	146,20	214,16
X <sub>10</sub>	41,73	81,47	23,59	14,00
X <sub>11</sub>	87,28	130,54	58,98	95,21
X <sub>12</sub>	60,30	120,58	37,33	52,46
X <sub>13</sub>	4,14	7,49	2,53	2,06
X <sub>14</sub>	17,78	17,79	- a/	23,00
X <sub>15</sub>	1.233,22	1.297,68	1.238,84	1.203,72
X <sub>16</sub>	212,51	224,58	354,11	470,17
X <sub>17</sub>	0,62	1,21	0,36	1,21
X <sub>18</sub>	2,03	2,81	1,30	2,20
X <sub>19</sub>	316,12	355,25	490,06	671,18
X <sub>20</sub>	189,31	332,59	119,90	161,67

a/ Esta variável não foi calculada para a cultura do arroz.

Tabela 42 - Médias Geométricas das Variáveis Incluídas na Análise.  
 Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72. Modelo  
 "Produtividade".

Variável	Milho	Algodão	Arroz	Soja
Y	90,05	187,17	63,33	64,79
X <sub>1</sub>	3,01	3,25	3,26	1,52
X <sub>2</sub>	215,05	266,50	241,81	296,00
X <sub>3</sub>	7,26	11,96	2,97	19,61
X <sub>4</sub>	18,10	75,17	40,85	10,97
X <sub>5</sub>	1,16	1,06	1,97	0,38
X <sub>6</sub>	1,95	1,75	2,06	3,12
X <sub>7</sub>	42,06	57,52	60,10	130,10
X <sub>8</sub>	4,56	275,10	4,28	31,86
X <sub>9</sub>	198,88	375,50	25,34	199,70
X <sub>10</sub>	27,58	58,15	6,25	4,80
X <sub>11</sub>	69,24	121,19	11,87	74,26
X <sub>12</sub>	45,64	109,15	9,13	42,22
X <sub>13</sub>	2,38	5,44	1,60	1,43
X <sub>14</sub>	17,60	17,61	a/	22,45
X <sub>15</sub>	683,12	770,38	718,64	748,65
X <sub>16</sub>	138,20	159,28	167,45	411,60
X <sub>17</sub>	0,21	0,26	0,16	0,32
X <sub>18</sub>	0,96	1,12	0,57	1,23
X <sub>19</sub>	279,18	314,85	385,39	613,30
X <sub>20</sub>	154,20	305,15	29,14	148,63

a/ Esta variável não foi calculada para a cultura do arroz.

APÊNDICE 4

AJUSTAMENTOS ALTERNATIVOS  
PARA A FUNÇÃO COBB-DOUGLAS

Tabela 43 - Ajustamentos da Função Cobb-Douglas para a Cultura do Milho. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade".

Parâmetro	Estimativas dos Parâmetros (testes "t" entre parênteses)		
	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
$b_1$	0,0216 (0,44)	-	-
$b_2$	0,0082 (0,23)	-	-
$b_3$	0,0262 (0,56)	0,0430 (1,01)	0,0159 (0,35)
$b_4$	0,0740 (0,86)	0,1188 (1,56)*	0,0874 (1,04)
$b_{13}$	0,0512 (0,95)	-	0,0527 (0,98)
$b_{14}$	-0,2382 (-0,87)	-	-0,2238 (-0,84)
$b_{15}$	0,0108 (0,22)	0,0170 (0,38)	-
$b_{19}$	0,2385 (2,36)**	0,2262 (2,34)**	-
$b_{20}$	-0,0107 (-0,16)	0,0203 (0,33)	0,0591 (0,95)
N	66	66	66
$R^2$	0,1989	0,1728	0,1027
R	0,4460	0,4157	0,3205
F	1,5456	2,5079**	1,3746

\*\* Indica significância ao nível de 0,05.

\* Indica significância ao nível de 0,10.

Tabela 44 - Ajustamentos da Função Cobb-Douglas para a Cultura do Algodão. Jardinópolis e Guaira, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade".

Parâmetro	Estimativas dos Parâmetros (testes "t" entre parênteses)	
	Modelo 3	Modelo 4
b <sub>1</sub>	0,0319 (0,46)	-
b <sub>2</sub>	0,0292 (0,51)	0,0504 (0,99)
b <sub>3</sub>	0,0207 (0,28)	-
b <sub>4</sub>	0,3066 (2,33)**	0,3195 (2,66)**
b <sub>6</sub>	-	0,0481 (0,61)
b <sub>8</sub>	0,2737 (2,67)**	0,2396 (2,31)**
b <sub>10</sub>	-	0,0503 (0,58)
b <sub>11</sub>	-	-0,3072 (-1,17)
b <sub>12</sub>	-	0,2198 (0,92)
b <sub>13</sub>	0,0042 (0,06)	-
b <sub>14</sub>	0,2484 (0,68)	-
b <sub>15</sub>	0,0631 (0,88)	0,0509 (0,70)
b <sub>19</sub>	0,1012 (0,72)	0,0480 (0,38)
b <sub>20</sub>	-0,0125 (-0,06)	-
N	43	43
R <sup>2</sup>	0,4948	0,5080
R	0,7034	0,7127
F	3,1348**	3,7865**

\*\* Indica significância ao nível de 0,05.

\* Indica significância ao nível de 0,10.

Tabela 45 - Ajustamentos da Função Cobb-Douglas para a Cultura do Arroz. Jardinópolis e Guaiara, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade".

Parâmetro	Estimativas dos Parâmetros (testes "t" entre parênteses)		
	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
b <sub>1</sub>	0,0479 (0,71)	-	-
b <sub>2</sub>	0,1467 (2,43)**	0,1703 (3,23)**	0,1612 (3,10)**
b <sub>3</sub>	-	-0,0437 (-0,58)	-0,0543 (-0,75)
b <sub>4</sub>	-0,0273 (-0,34)	-0,0824 (-0,96)	-0,0497 (-0,58)
b <sub>5</sub>	-0,0397 (-0,80)	-	-
b <sub>9</sub>	-0,0004 (-0,01)	-	-
b <sub>10</sub>	-	-	0,0228 (0,37)
b <sub>11</sub>	-	-	0,3358 (1,47)*
b <sub>12</sub>	-	-	-0,3783 (-1,46)
b <sub>15</sub>	-0,0956 (-1,29)	-0,0423 (-0,62)	-
b <sub>16</sub>	0,0389 (1,06)	-	-
b <sub>17</sub>	-0,0650 (-1,22)	-	-
b <sub>19</sub>	-	0,1676 (1,71)**	0,1365 (1,40)*
b <sub>20</sub>	-	0,0046 (0,16)	-
N	64	53	53
R <sup>2</sup>	0,2058	0,2264	0,2555
R	0,4537	0,4758	0,5055
F	1,7825	2,2446	2,2073

\*\* Indica significância ao nível de 0,05.

\* Indica significância ao nível de 0,10.



Tabela 46 - Ajustamento da Função Cobb-Douglas para a Cultura da Soja. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72. Modelo "Produtividade".

Parâmetro	Estimativa dos Parâmetros (teste "t" entre parênteses)
	Modelo 3
$b_2$	0,1279 (1,96)**
$b_3$	-0,0184 (-0,22)
$b_4$	-0,0485 (-0,58)
$b_6$	0,0421 (0,83)
$b_8$	-0,0164 (-0,36)
$b_{13}$	-0,0991 (-1,32)
$b_{14}$	0,2762 (1,16)
$b_{15}$	-0,0242 (-0,30)
$b_{19}$	-0,0656 (-0,43)
$b_{20}$	0,0922 (0,65)
N	34
$R^2$	0,3395
R	0,5827
F	1,1826

\*\* Indica significância ao nível de 0,05.

APÊNDICE 5  
GRUPOS DE "ALTO" E "BAIXO"  
USO DE FERTILIZANTES

Grupos de "Alto" e "Baixo" Uso de Fertilizantes

Em uma seção do seu trabalho, Nelson dividiu a amostra em grupos de "alto" e "baixo" uso de fertilizantes, conforme foi discutido no Capítulo II. Foram feitas regressões para as subamostras de cada cultura e calculados os valores dos produtos marginais para os nutrientes individuais e para "fertilizantes" como agregado. Nelson concluiu que as razões  $VP_{M_x}/P_x$  para fertilizantes tendiam a ser inferiores à unidade para o grupo de "baixo" uso e superiores à unidade para o grupo de "alto" uso, o que poderia indicar que bons resultados seriam atingidos com adubação acima de um "nível crítico".

Entretanto, a existência de tal fenômeno é extremamente duvidosa. Primeiramente, a subdivisão da amostra carece de fundamento teórico, dado que é desejável uma ampla variação nos dados para ajustar adequadamente uma função de produção. A separação em grupos de "alto" e "baixo" uso de adubos retira essa variação do modelo, o que parece ser especialmente importante para a função quadrática, devido à sua forma parabólica. Como afirma o próprio Nelson, os valores dos produtos marginais foram geralmente maiores para a função quadrática que para a Cobb-Douglas. <sup>90/</sup>

Em segundo lugar, os resultados não são apoiados por rigorosa evidência estatística. O teste "F" das regressões foi feito a um nível de probabilidade que, geralmente, nem é calculado, ou seja, 0,25. Mesmo assim, muitos dos testes não são significativos. Os testes "t" também foram feitos a 0,25 e, geralmente, não foram significativos a esse nível. <sup>91/</sup>

---

<sup>90/</sup> Nelson, op. cit., p. 104.

<sup>91/</sup> Idem, pp. 257-293.

Em terceiro lugar, Nelson derivou muitos desses valores de regressões em que os nutrientes entraram como variáveis separadas, o que deve ter acarretado problemas de multicolinearidade tão graves, quanto aqueles vistos no nosso caso.

Finalmente, dos 11 valores dos produtos marginais calculados por Nelson, para o grupo de "alto" uso, para a variável agregada "fertilizantes", 7 são inferiores ao preço. Não vemos, portanto, qualquer indicação de que os retornos são muito bons para adubos no grupo de uso mais elevado.

Com a finalidade de testar se existem diferenças importantes nas respostas à adubação, conforme o nível de aplicação nas propriedades da nossa amostra, dividimos as observações para cada cultura em dois grupos. As observações em que os gastos com adubos por alqueire estão acima da média, formam o grupo de "alto" uso, e as outras, o grupo de "baixo" uso. <sup>92/</sup>

A esses grupos de observações foram ajustadas funções do tipo Cobb-Douglas. Somente uma regressão apresentou um teste "F" significativo a 0,05, sendo esta para o grupo de "baixo" uso na cultura do algodão. Nessa regressão, a única variável cujo coeficiente foi significativamente diferente de zero foi "defensivos".

A melhor maneira de verificar o que acontece com as regressões feitas com todas as observações e para os subgrupos é representar os resultados graficamente, o que é feito nas Figuras 6 a 9. Nessas figuras, os gastos por alqueire com adubos são medidos no eixo das abscissas com a linha vertical dividindo os dois grupos a partir da média dos gastos. Os rendimentos são medidos no eixo das ordenadas. As curvas foram traçadas a mão-livre.

92/ As médias de gastos por alqueire são: Cr\$ 257,11 para o milho; Cr\$ 409,04 para o algodão; Cr\$ 146,20 para o arroz e Cr\$ 214,16 para a soja. Esses gastos correspondem a níveis médios de aplicação por alqueire de 189,31 kg; 332,59 kg; 119,90 kg e 161,67 kg, respectivamente.

Figura 6 - Rendimentos por Alqueire e Gastos com Adubos na Cultura do Milho. Jardimópolis e Guaiara, Ano Agrícola 1971/72.

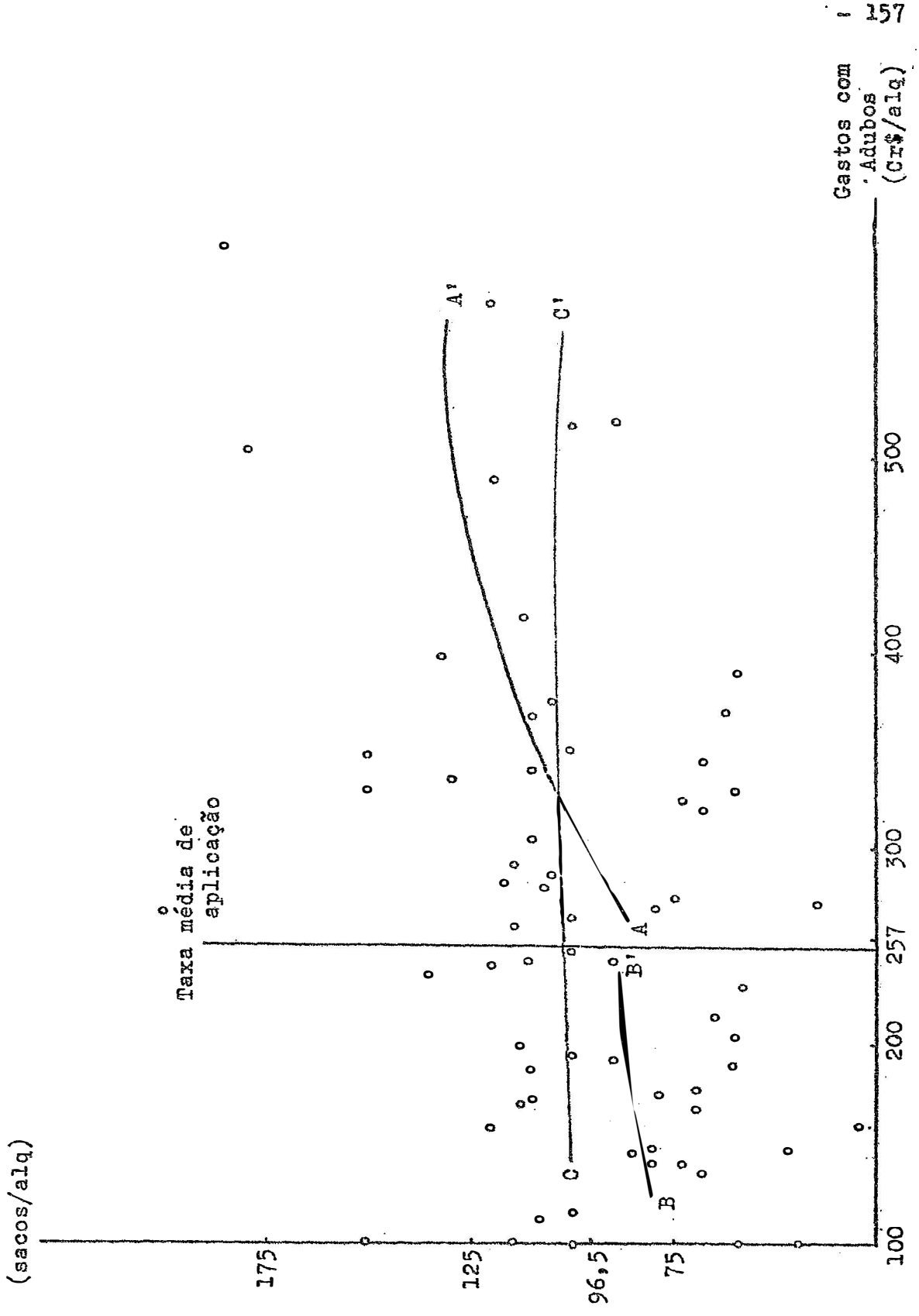


Figura 7 - Rendimentos por Alqueire e Gastos com Adubos na Cultura do Algodão. Jardimópolis e Guaiara, Ano Agrícola 1971/72.

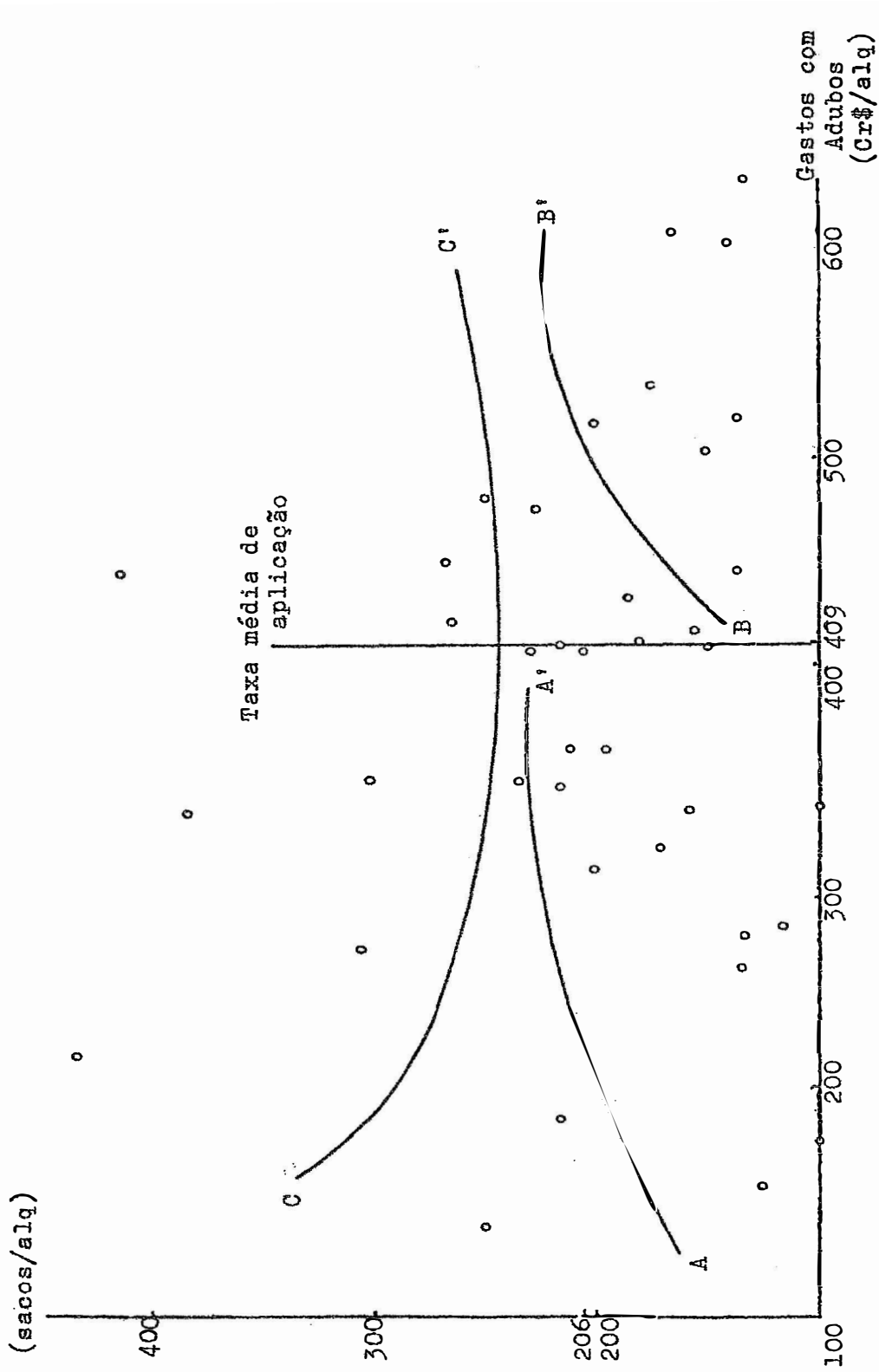


Figura 8 - Rendimentos por Alqueire e Gastos com Adubos na Cultura do Arroz. Grupo "Alto"  
Uso. Jardinópolis e Guaiara, Ano Agrícola 1971/72.

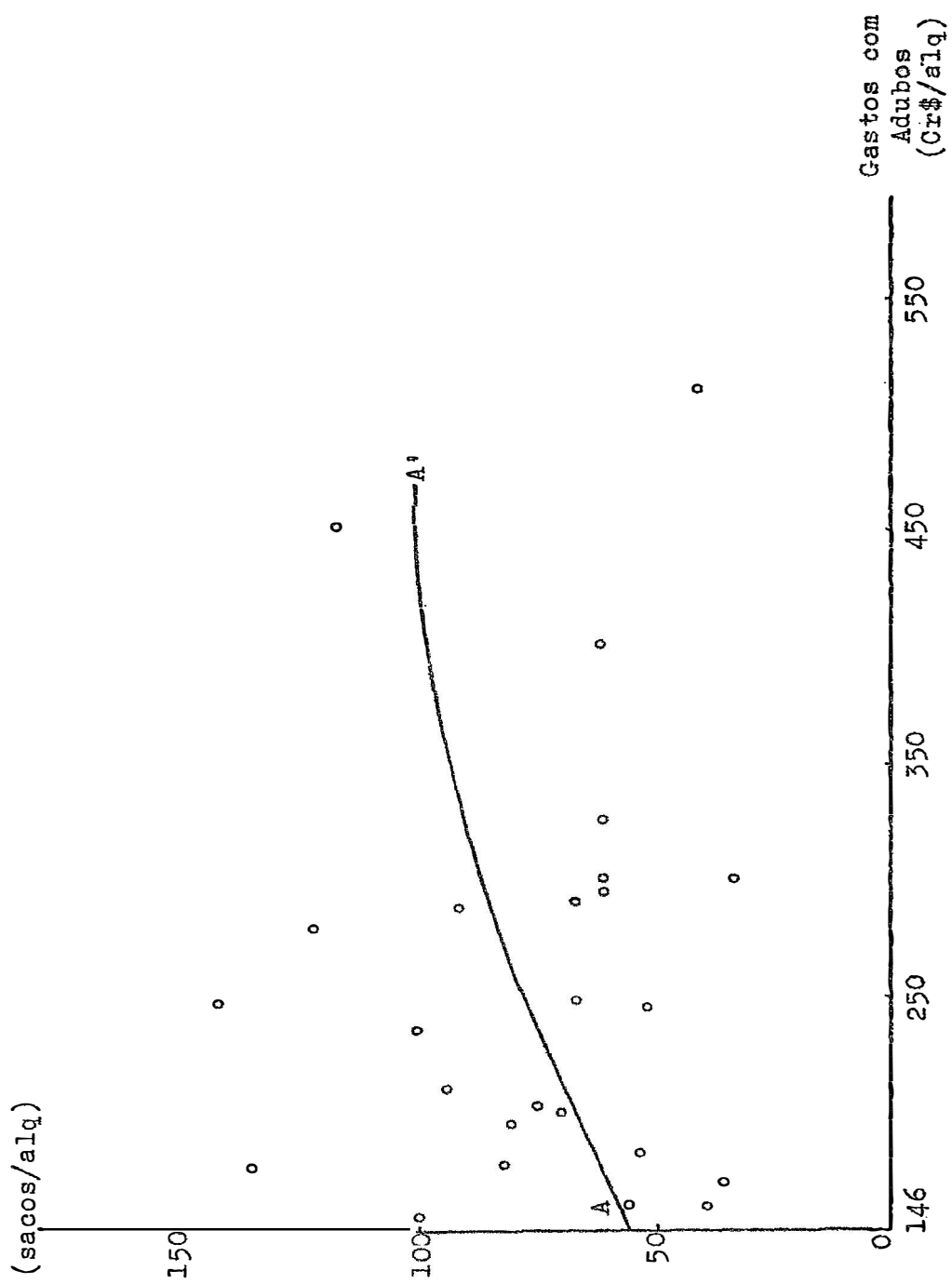
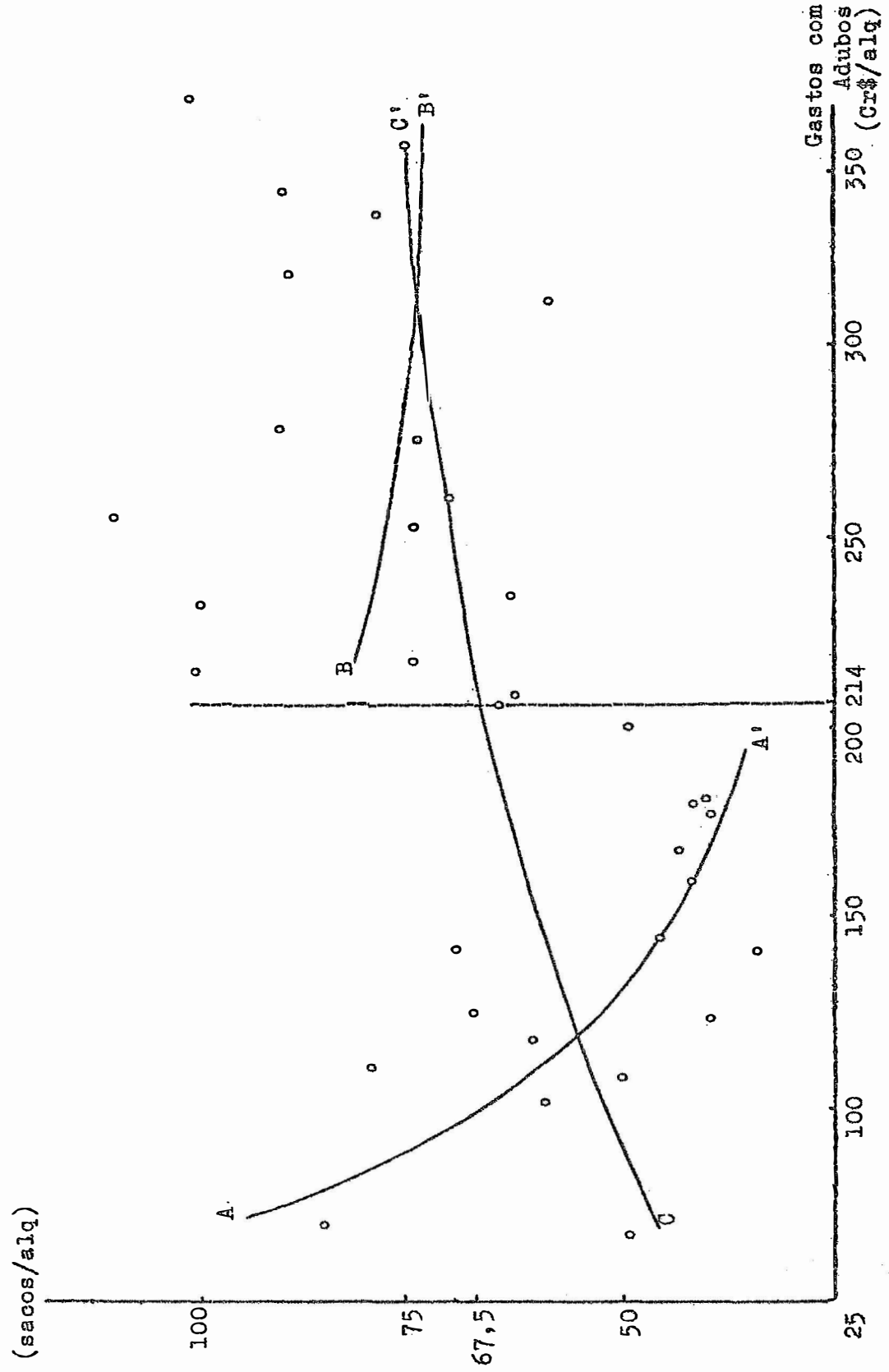


Figura 9 - Rendimentos por Alqueire e Gastos com Adubos na Cultura da Soja. Jardinópolis e Guaíra, Ano Agrícola 1971/72.





As curvas  $CC'$  representam ajustamentos obtidos das regressões do tipo Cobb-Douglas, apresentadas no Capítulo V, e incluindo todas as observações. As curvas  $BB'$  e  $AA'$  representam curvas obtidas a partir de regressões feitas apenas com os grupos de "baixo" uso e de "alto" uso de adubos, respectivamente. A declividade dessas curvas representa o valor do coeficiente da variável "fertilizantes", obtido na regressão.

Na Figura 6 estão apresentadas as curvas para a cultura do milho. A curva  $CC'$  é quase uma linha horizontal, enquanto as inclinações para ambos os subgrupos são positivas.

Para a cultura do algodão, o coeficiente de alguns ajustamentos, feitos com todas as observações, foi negativo, o que é representado pela curva  $CC'$  na Figura 7. O coeficiente para ambos os subgrupos foi positivo (ver curvas  $AA'$  e  $BB'$ ).

Para a cultura do arroz, lembramos que os testes "F" das regressões, não foram significativos para os ajustamentos feitos com todas as observações (Capítulo V). A curva  $AA'$  na Figura 8 representa o valor obtido para o grupo de "alto" uso (o coeficiente para o grupo de "baixo" uso foi negativo). Muitos agricultores (34%) não adubaram o arroz no ano do estudo, sendo que a média aritmética das produtividades para os que não adubaram foi 70,96 sacos por alqueire, contra uma média de 71,01 sacos por alqueire para a amostra como um todo.

No caso da cultura da soja, nos ajustamentos feitos com todas as observações, o coeficiente da variável "fertilizantes" teve sinal positivo, porém, os subgrupos apresentaram esse coeficiente com sinal negativo (ver Figura 9).

Em todos os casos, os testes "t" para os coeficientes da variável "fertilizantes" giraram em torno de zero.

O que se destaca nesses resultados é o fato de não haver uma correspondência clara entre os níveis de adubação e os rendimentos obtidos. Todos os ajustamentos são péssimos, e uma ligeira mudança no ponto escolhido para dividir os grupos poderia mudar as curvas de convexas para côncavas, e vice-versa. Enfim, não há nenhuma evidência de existirem diferenças importantes entre os grupos ou um "nível crítico" para obter boas respostas à adubação.