

# **DISTORÇÕES DE PREÇOS NA AGRICULTURA BRASILEIRA: UMA APLICAÇÃO DA TEORIA DE DUALIDADE E FORMAS FLEXÍVEIS FUNCIONAIS<sup>1</sup>**

DECIO ZYLBERSZTAJN<sup>2</sup> e PAUL R. JOHNSON<sup>3</sup>

RESUMO - O principal objetivo deste estudo é de analisar o efeito de intervenções no mercado cambial simultaneamente sobre o mercado do produto e insumos. O modelo é contrastado com o enfoque tradicional que ignora o efeito via mercado de insumos. As diferenças entre ambos enfoques mostram que a exclusão do mercado de insumos provoca um viés positivo no cálculo do efeito de desvalorizações cambiais sobre a produção agrícola. O mesmo modelo é utilizado para a análise de alguns efeitos do programa de substituição de importações de fertilizantes sobre o setor agrícola. O exemplo utilizado neste estudo é o da produção de algodão no Estado de São Paulo.

Termos para indexação: Distorções de preços, política cambial, agricultura e câmbio, protecionismo.

## **PRICE DISTORTIONS IN BRAZILIAN AGRICULTURE: AN APPLICATION OF DUALITY THEORY AND FLEXIBLE FUNCTIONAL FORMS**

ABSTRACT - The main objective of this study is to analyse the simultaneous effect that exchange rate intervention has on inputs as well as product markets. The model is contrasted with the traditional approach that ignores the effect via input markets. The differences between both approaches have shown that the exclusion of inputs magnifies the effect that currency devaluation has on the quantity produced. Production of cotton in the State of São Paulo, Brazil, is taken as example for this study.

Index terms: Price distortions, exchange policy, exchange rate and agriculture, protectionism.

### **INTRODUÇÃO**

As estratégias de desenvolvimento econômico adotadas no Brasil durante o período pós-guerra têm sido caracterizadas por medidas de controle de balanço de pagamentos. Exemplos podem ser citados, tais como, a estratégia de substituição de importações, assim como, intervenções diretas no mercado cambial.

<sup>1</sup> Recebido em 01 de junho de 1984.

Aceito para publicação em 05 de dezembro de 1985.

O presente trabalho é baseado em parte da tese de doutorado do primeiro autor desenvolvida junto à North Carolina State University em 1983.

<sup>2</sup> Ph.D. em Economia, Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Chefe do Agrupamento de Economia Agroindustrial do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. - Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira" - Caixa Postal 7141 - CEP 05508 - São Paulo, SP.

<sup>3</sup> Ph.D. em Economia, Economista, Professor titular do Departamento de Economia da "North Carolina State University" - Department of Economics and Business - P.O. Box 5368 - Raleigh - N.C. 27650.

O presente estudo desenvolve um modelo para avaliar efeitos de distorções de preços no setor agrícola, dentro de um contexto de múltiplos insumos e um produto, mediante aplicação de teoria de dualidade e formas flexíveis funcionais.

Os estudos tradicionais sobre intervenções no mercado cambial não relevam um ponto importante que é o efeito simultâneo que interferências neste mercado exercem sobre os preços dos produtos exportados e insumos importados. O enfoque tradicional considera tão somente o preço do produto, tratando supervalorização cambial como um imposto de exportação, não considerando o fato de que existe um efeito sobre os preços dos insumos importados.

O processo de substituição de importações na indústria brasileira de fertilizantes é um exemplo de política desenvolvimentista que caracterizou muitas economias durante o pós-guerra. Se tal processo permite o desenvolvimento de um substancial parque industrial, por outro lado ele impõe um custo à sociedade, representado pela distorção resultante das tarifas e quotas que são os instrumentos utilizados para a implementação destas políticas.

Estudos anteriores quantificaram as tarifas nominais e efetivas de proteção para diferentes segmentos da indústria de fertilizantes no Brasil<sup>4</sup>. No presente estudo, o uso de um modelo de desequilíbrio estático permite a quantificação dos efeitos desta política, utilizando as tarifas de proteção acima mencionadas.

O propósito geral deste estudo pode ser entendido em duas partes:

1. Determinar o efeito simultâneo que intervenções no mercado cambial exercem sobre os mercados do produto e fatores de produção, e
2. Estudar alguns efeitos, do programa de substituição de importações na indústria de fertilizantes, sobre o setor agrícola.

Para atingir tais objetivos utiliza-se teoria de dualidade e um modelo de desequilíbrio com quatro insumos e um produto. Para manipular o caso geral de  $\eta$  insumos se faz necessária a estimativa de um sistema de funções de demanda por fatores, utilizando uma 'forma flexível funcional' de maneira que não haja a imposição *a priori* de restrições sobre a matriz de elasticidades de substituição. Com tal modelo, a hipótese de separabilidade de fertilizantes de outros insumos pode ser testada. A rejeição de tal hipótese implica em que políticas que afetam os preços de fertilizantes atuam sobre a alocação relativa dos demais insumos (efeito redistributivo). Substituição de importações é introduzida no modelo, tratando as tarifas nominais como impostos sobre os preços dos fertilizantes. Os efeitos de tais políticas são analisados, utilizando um modelo de desequilíbrio aonde quatro insumos são considerados simultaneamente.

Sumarizando, os objetivos deste estudo são:

1. Apresentar e aplicar um modelo para avaliar efeitos de distorções de preços sobre o setor agrícola, considerando a possibilidade de substituição entre insumos;

---

<sup>4</sup> Veja-se Baum (1977) e Barros & Fonseca (1979).

2. Testar a hipótese de separabilidade de fertilizantes dos demais insumos para dar suporte à necessidade de se considerar insumos importados explicitamente em modelos, lidando com intervenções no mercado cambial;
3. Quantificar os efeitos das distorções de preços sobre a oferta de produto, assim como, sobre a proporção do custo de cada insumo sobre o custo total; e
4. Aplicar o modelo ao caso da produção de algodão no Estado de São Paulo (Brasil).

### MODELO TEÓRICO

A modelagem das distorções de preços anteriormente apresentadas implicam na necessidade de se capturar os efeitos simultâneos sobre os mercados de produtos e insumos.

Há dois tipos de distorções no mercado de fatores. A primeira é o diferencial de preços de fertilizantes entre os mercados doméstico e internacional causado pelo programa de substituição de importações no setor. A segunda é o efeito adicional da taxa de câmbio supervalorizada, mantendo os preços dos produtos exportáveis e insumos importados baixos relativamente a uma situação de taxas de câmbio de equilíbrio.

A idéia básica é desenvolver um modelo de desequilíbrio onde as distorções entram como choques exógenos aplicados sobre uma situação de equilíbrio, resultando em mudanças sobre as variáveis endógenas.

A Figura 1 mostra que a demanda por exportações brasileiras ( $E_d$ ) se desloca com a desvalorização da moeda doméstica, elevando os preços internamente e aumentando as exportações de  $E_1$  para  $E_2$ . No entanto, pela mesma razão pela qual os preços domésticos se elevam com a desvalorização, os preços dos insumos importados sofrem o mesmo efeito, **deslocando a curva de oferta de  $S$  para  $S'$** .

A agricultura brasileira importa uma grande parcela dos fertilizantes diretamente ou através das matérias-primas a serem processadas domesticamente. O quanto a curva de oferta irá se deslocar é uma questão empírica a ser respondida através do modelo. O efeito será maior quanto mais inelásticas as ofertas dos insumos e menores as possibilidades de substituição entre insumos.

A segunda distorção é medida pelo diferencial de preços observados entre os mercados doméstico e internacional para produtos fertilizantes similares.

Uma forma de se entender os custos gerados pelo esquema de proteção à indústria doméstica de fertilizantes é reconhecer-se que devido ao aumento nos preços pagos pelo insumo, a curva de oferta se desloca para a esquerda devido ao efeito sobre os custos marginais de produção.

O modelo a ser descrito neste capítulo é uma tentativa de se capturar o interrelacionamento fator produto, permitindo que choques aplicados a um dos mercados possam produzir efeitos mensuráveis sobre todo o sistema.

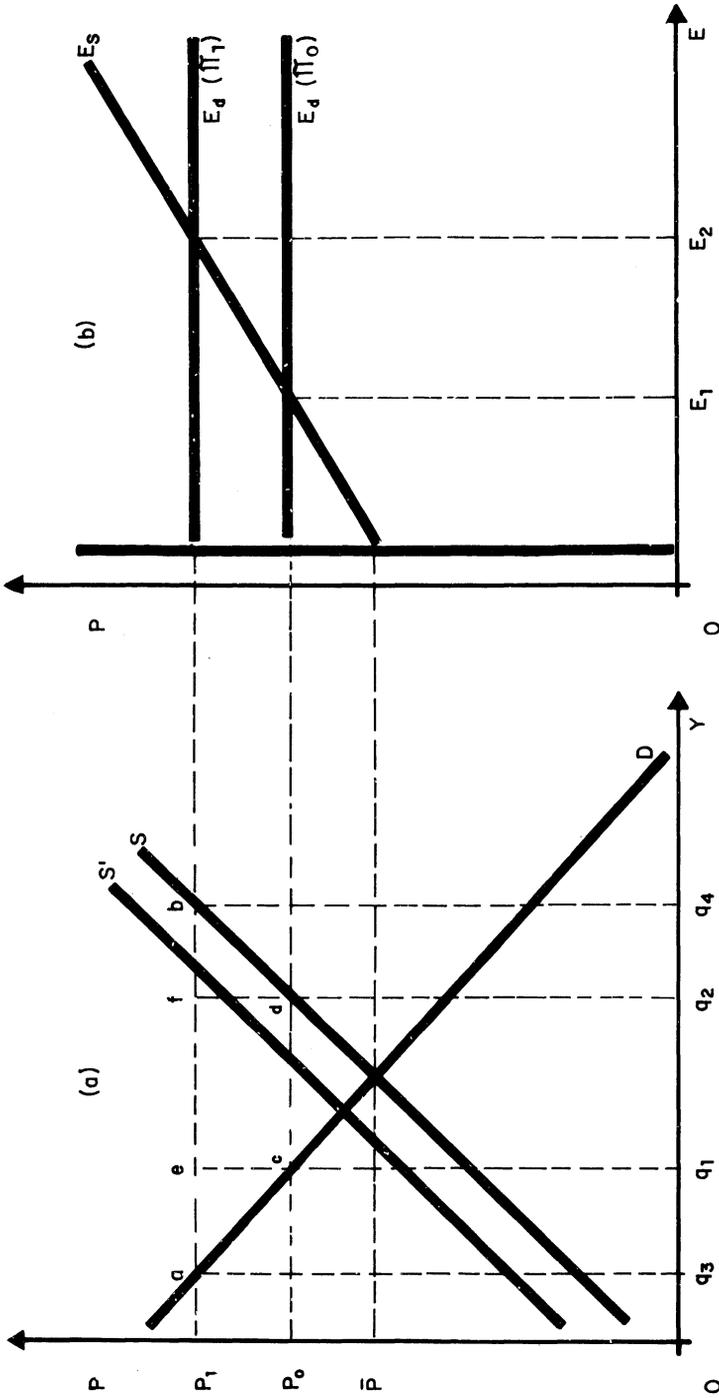


Figura 1 - Mercado do Produto Exportável

Assume-se uma firma produzindo em condições de competição perfeita em ambos os mercados, de insumos e do produto. O processo produtivo pode ser representado por uma função de produção linear homogênea como,

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (1)$$

onde  $Y$  representa o produto e  $X_i$ , a quantidade dos insumos.

Baseada nos teoremas de dualidade, sob as condições de regularidade, a função de produção tem uma representação dual dada pela função de custo,

$$C = C(Y, W), \quad (2)$$

onde  $W$  é o vetor de preços exógenos dos insumos<sup>5</sup>.

Aplicando o lema de Shephard pode-se obter a demanda condicional por fatores de produção, tal como na equação seguinte:

$$\frac{\partial C(Y, W)}{\partial W_i} = X_i(Y, W), \quad (3)$$

Em condições de equilíbrio a produção eficiente para a firma é obtida no ponto onde o preço do produto se iguala ao custo marginal, ou seja:

$$\frac{\partial YC(W)}{\partial Y} = C(W) = P_Y. \quad (4)$$

Diferenciando a equação (4), substituindo o resultado na equação (3) e reescrevendo em termos de mudanças relativas se obtém:

$$EP_Y = \sum_i S_i EW_i, \quad (5)$$

onde  $S_i$  é a proporção do insumo  $i$  relativa ao custo total de produção.

<sup>5</sup> Ver Diewent (1974).

A diferencial total da equação (3) e o conceito de elasticidade de substituição de Allen-Uzawa levam à obtenção das equações de demanda derivada por fatores de produção que pode ser expressa, então, como se segue:

$$EX_i = \sum_j \sigma_{ij} S_j EW_j + EY, \quad (6)$$

A demanda pelo produto final e o conjunto de equações de oferta por insumos pode ser escrita como:

$$EP_Y = (1/\eta) EY + T_Y \quad (7)$$

e

$$EW_i = (1/\epsilon_i) EX_i + T_x, \quad (8)$$

onde  $\eta$  é a elasticidade preço da demanda pelo produto final e  $\epsilon_i$  é a elasticidade preço do insumo  $i$ . Os termos  $T_x$  e  $T_y$  são deslocadores verticais das funções de oferta dos fatores e demanda pelo produto, expressas em mudanças percentuais.

Dadas as equações básicas escritas em notação matricial podem ser obtidas as variações nas quantidades e preços dos insumos, quantidades do produto e proporções de custo dos insumos, dados os choques em preços medidos por  $T_y$  e  $T_x$ . O sistema de equações relaciona os mercados de insumos ao do produto e contém  $EW$ ,  $EX$  e  $EY$  como variáveis endógenas. Os parâmetros do modelo são dados pelas matrizes de elasticidades preço da oferta ( $\Gamma$ ) e demanda dos insumos ( $F$ ) e o vetor de proporções de custos,  $S$ . As variáveis exógenas são os deslocadores  $T_x$  e  $T_y$ .

O modelo permite se aplicar choques ao mercado do produto, insumo ou ambos simultaneamente, de modo que se possa captar os efeitos de intervenções com o mercado cambial.

A variação relativa na produção é dada pela equação:

$$EY = [S'(\Gamma \cdot F)^{-1} \gamma]^{-1} T_Y - [S'(\Gamma \cdot F)^{-1} \gamma]^{-1} [S'(\Gamma \cdot F)^{-1}] \delta T_x, \quad (9)$$

onde

$$(I - \Gamma^{-1}F)^{-1} \Gamma^{-1} = (\Gamma \cdot F)^{-1}.$$

Nesta equação  $\delta$  é um vetor de zeros e uns que permite introduzir o choque de preços a qualquer insumo.

Mudanças relativas no vetor de preços dos insumos são determinadas pela relação:

$$EW = (\Gamma - F)^{-1} \gamma D^{-1} T_Y + \{ [I - (\Gamma - F)^{-1} \gamma D^{-1} S'] (\Gamma - F)^{-1} \Gamma \} \delta T_X, \quad (10)$$

onde 
$$D = S' (\Gamma - F)^{-1} \gamma .$$

Mudanças relativas no vetor de quantidades dos insumos são determinadas pela relação:

$$EX = \{ F(\Gamma - F)^{-1} \gamma D^{-1} + \gamma D^{-1} \} T_Y + \{ F[I - (\Gamma - F)^{-1} \gamma D^{-1} S'] [(\Gamma - F)^{-1} \Gamma] - \gamma D^{-1} [S'(\Gamma - F)^{-1} \Gamma] \} \delta T_X \quad (11)$$

Finalmente, mudanças no vetor de proporções dos custos dos insumos são obtidos a partir da seguinte relação:

$$ES_j = EW_j + EX_j - EP_Y - EY. \quad (12)$$

Para detalhes quanto à obtenção das expressões 9, 10, 11 e 12 veja Zylbersztajn (1983).

Os resultados básicos do modelo são flexíveis com respeito às pressuposições sobre a especificidade dos insumos na indústria sendo considerada.

### ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS

Neste capítulo se apresenta a função de custo translogarítmica com o objetivo de obter a matriz de elasticidades preço da demanda dos fatores de produção e também testar a hipótese de separabilidade de fertilizantes. Assume-se que o leitor seja familiar com os conceitos de aproximação de segunda ordem e também com teoria de dualidade que são o pano de fundo necessário para modelar relações de produção a partir de funções de custo.

O modelo translogarítmico é basicamente uma expansão da forma Cobb-Douglas que inclui termos quadráticos que nos permitem modelar quaisquer valores para as elasticidades de substituição entre insumos.

A forma translogarítmica pode ser vista como uma versão truncada da série de Taylor em torno de um ponto de aproximação. Uma vez apresentada como uma aproximação de segunda ordem de uma função de custo desconhecida, a formula-

ção de uma função translogarítmica não-homotética de custos pode ser exemplificada como:

$$\ln C = \alpha_0 + \alpha_Y \ln Y + \sum_i \alpha_i \ln W_i + 1/2 \alpha_{YY} (\ln Y)^2 + 1/2 \sum_i \sum_j \alpha_{ij} \ln W_i \ln W_j \quad (13)$$

$$+ \sum_i \alpha_{Yi} \ln Y \ln W_i + \alpha_T T + (1/2) \alpha_{TT} T^2 + \alpha_{TY} T \ln Y + \sum_i \alpha_{Ti} T \ln W_i.$$

onde Y é o produto,  $W_i$  são preços de insumos e T é a variável tendência.

Aplicando o lema de Shephard as equações de proporções podem ser obtidas como:

$$S_i = \alpha_i + \sum_j \alpha_{ij} \ln W_j + \alpha_{Yi} \ln Y + \alpha_{Ti} T. \quad (14)$$

O sistema de equações de proporções pode ser estimado, adicionando um erro a cada equação para captar a variação estocástica. Tais equações podem ser estimadas individualmente, mas a variância dos parâmetros pode ser reduzida se a estimativa for feita simultaneamente, dada a interdependência do erro quando restrições entre equações são impostas. A pressuposição básica neste procedimento são independência serial e correlação contemporânea de resíduo.

Desde que  $\sum_i S_i = 1$ , isto implica que  $\sum e_i = 0$ , desta forma a matriz de variâncias - covariâncias é singular. A solução para o problema é de se estimar  $\eta - 1$  equações e impor as condições de homogeneidade em preços e simetria. Neste caso, aplicando o método iterativo de Zellner, os estimadores são invariantes com relação à equação não estimada, além disto serão estimadores de máxima verossimilhança segundo o trabalho de Kmenta & Gilbert (1968).

O sistema de equações de proporções tem uma estrutura linear e desta forma, pode ser estimado com algoritmos desenvolvidos para sistemas lineares. No entanto, alguns dos testes relacionados ao conceito de separabilidade implicam em restrições não lineares impostas ao sistema, impossibilitando o uso de métodos lineares.

A metodologia aplicada no presente estudo é uma extensão do método de Zellner (1962), permitindo se estimar funções não lineares ou a inclusão de restrições paramétricas não lineares. O método lembra o algoritmo de Gauss-Newton aplicado na estimativa de equações não lineares acoplado ainda o método de Zellner para equações aparentemente não relacionadas<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Para detalhes ver Gallant (1975).

Os resultados obtidos com o modelo linear podem também ser obtidos com o método não linear desde que o primeiro é um caso especial do segundo.

As elasticidades de substituição e de demanda podem ser obtidas como uma transformação dos parâmetros, como prova Binswanger (1973).

$$\sigma_{ij} = \frac{1}{S_i S_j} \alpha_{ij+1} \quad \forall \quad i \neq j, \quad (15)$$

$$\sigma_{ii} = \frac{1}{S_i} (\alpha_{ii} + S_i^2 - S_i). \quad (16)$$

$$\epsilon_{ii} = \frac{\alpha_{ii}}{S_i} + S_i - 1 \quad (17)$$

$$\epsilon_{ij} = \frac{\alpha_{ij}}{S_i} + S_j, \quad i \neq j, \quad (18)$$

#### A utilização de séries temporais e "cross-section"

Os dados utilizados neste estudo são uma composição de série temporal e cross-section, desde que a primeira fonte não provia observações suficientes para a estimação dos parâmetros, utilizando a forma flexível funcional proposta. Os métodos utilizados tradicionalmente para lidar com o problema são o método da covariância e o método dos componentes do erro.

O método mais comum encontrado na literatura é o da covariância ou modelo da variável "dummy". A idéia básica é identificar as diversas "cross-sections" por meio de variáveis dummy e então aplicar "Quadrados Mínimos Generalizados" para estimar os parâmetros<sup>7</sup>. Tal método é computacionalmente simples e prevê estimadores assintoticamente não viesados e consistentes.

De acordo com Binswanger (1973), pode ser dito que para diferentes "cross-sections", que apresentam diferenças tecnológicas neutras, as variáveis "dummy" incluídas nas equações de proporções asseguram a obtenção de estimadores não viesados dos parâmetros da função de custo, desde que eles permitem que regiões diferentes tenham custos diferentes dado um mesmo vetor de preços de insumos.

<sup>7</sup> Ver Zellner (1962).

Caso as funções de produções difiram, as funções de custo e de proporções irão diferir também. A pressuposição do modelo é de que a diferença é capturada pelo intercepto da equação de proporção.

A justificativa teórica para a introdução de variáveis "dummy" na equação de proporção é dada pela expansão do espaço paramétrico da função de custo por uma variável binária  $d_r$ , que identifica a cross-section. A equação de custo fica assim especificada:

$$1nC = \alpha_0 + \alpha_Y 1nY + \sum_i \alpha_i 1nW_i + 1/2 \alpha_{YY} (1nY)^2 + 1/2 \sum_i \sum_j \alpha_{ij} 1nW_i 1nW_j \quad (19)$$

$$+ \sum_i \alpha_{yi} 1nY 1nW_i + \sum_i \left( \sum_{r=1}^{p-1} \delta_{ir} d_r \right) 1nW_i.$$

A equação de proporção pode ser obtida aplicando o lema de Shephard sob as pressuposições de homoteticidade, "adding-up" e homogeneidade. O modelo a ser estimado é o seguinte:

$$Sitk = \alpha_i + \sum_j \alpha_{ij} 1nW_j + \alpha_{ti} T + \sum_{r=1}^{p-1} \delta_{ir} d_r + eitk, \quad (20)$$

onde  $p$  é o número de regiões,  $i$  e  $j$  são os índices dos insumos,  $T$  é uma variável tendência,  $k$  identifica a "cross-section",  $d_r$  é uma variável binária igual a um se  $r = k$  e zero caso contrário e  $t$  é o ano da observação.

O erro, neste caso, é especificado de modo a se considerar apenas a interdependência contemporânea, assumindo que a correlação serial é negligível. Os estimadores serão não viesados e consistentes, porém não serão os mais eficientes caso haja correlação serial.

Os dados foram obtidos junto ao Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo, que publica anualmente os custos de produção de diferentes culturas em diferentes regiões no Estado de São Paulo.

Assumindo trabalho, terra, maquinaria e fertilizantes como um grupo de insumos "separáveis" dos demais, as proporções de custos de cada um destes insumos foi determinada para a cultura do algodão. Para o propósito deste trabalho o custo de utilização de tratores foi calculado como sendo o custo de oportunidade do capital investido mais depreciação e custo de manutenção.

Os dados sobre fertilizantes se referem aos preços de mercado e quantidades equivalentes da formulação mais comum aplicada ao algodão.

Aluguéis da terra para diferentes regiões foram utilizadas na determinação da proporção do custo deste insumo.

A estimação do modelo incluindo as restrições de homogeneidade linear em preços, simetria e com as variáveis dummy identificando diferentes cross-sections leva aos resultados apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Parâmetros de modelo translogarítmico submetido a diferentes grupos de restrições para o caso do algodão (erros-padrão entre parênteses).

Parâmetro	Modelo					
	Irrestrito	Separabilidade aproximada	Separabilidade exata	Separabilidade linear	Cobb-Douglas	Tempo
$\alpha_L$	0.10794 (0.00260)	0.10507 (0.00259)	0.17090 (0.00066)	0.11739 (0.00230)	0.11495 (0.00090)	0.10676 (0.00210)
$\alpha_{LL}$	0.07575 (0.00868)	0.11667 (0.00833)	0.01153 (0.00309)	0.05521 (0.00569)	-	0.07612 (0.00840)
$\alpha_{LM}$	-0.04960 (0.00619)	-0.02715 (0.00555)	-0.00515 (0.00284)	-0.01356 (0.00396)	-	-0.05194 (0.00529)
$\alpha_{LF}$	-0.02088 (0.00563)	-0.03939 (0.00571)	-	-	-	-0.02056 (0.00418)
$\alpha_{LY}$	0.01485 (0.07346)	-0.19343 (0.07375)	0.75116 (0.06305)	-0.36349 (0.05426)	-	-
$\alpha_{L3}$	-0.00334 (0.00251)	0.01474 (0.00229)	-0.00339 (0.00201)	0.00176 (0.00273)	-0.01004 (0.00174)	-0.00352 (0.00237)
$\alpha_{L4}$	-0.05286 (0.00373)	-0.02591 (0.00193)	-0.02903 (0.00241)	-0.03067 (0.00306)	-0.03262 (0.00174)	-0.05408 (0.00321)
$\alpha_{L5}$	0.01215 (0.00253)	0.00929 (0.00251)	0.00271 (0.00193)	0.00193 (0.00225)	0.00459 (0.00174)	0.01275 (0.00234)
$\alpha_M$	0.58099 (0.01237)	-	0.18462 (0.00430)	0.55935 (0.01077)	0.57714 (0.00574)	0.58882 (0.00636)
$\alpha_{MM}$	0.14837 (0.03567)	-0.00199 (0.02496)	0.00847 (0.00386)	0.01617 (0.00615)	-	0.16348 (0.02932)
$\alpha_{MF}$	-0.06340 (0.02290)	0.05513 (0.01579)	-	-	-	-0.06851 (0.01857)
$\alpha_{MY}$	-0.16156 (0.34013)	0.13136 (0.31046)	-8.55760 (0.17206)	-6.63549 (0.27885)	-	-
$\alpha_{M3}$	-0.01486 (0.01193)	-0.00402 (0.01210)	-0.01132 (0.01144)	-0.01077 (0.01174)	-0.00978 (0.01111)	-0.01438 (0.01164)
$\alpha_{M4}$	0.08794 (0.01886)	0.02329 (0.00912)	0.02772 (0.01160)	0.03221 (0.01216)	0.02521 (0.01111)	0.09512 (0.01677)
$\alpha_{M5}$	-0.05037 (0.01402)	-0.01254 (0.00815)	-0.02069 (0.01147)	-0.02259 (0.01181)	-0.01949 (0.01111)	-0.05398 (0.01314)

Fonte: Resultados do modelo.

As elasticidades próprias de substituição são negativas, como é esperado da teoria da produção, em 113 das 120 observações. Desde que o modelo nos permite o cálculo de  $\sigma_{ij}$  a cada ano, os resultados são discutidos em termos dos valores calculados com os preços médios de uma determinada região. A Tabela 2 apresenta os resultados de  $\sigma_{ij}$  com seus respectivos erros-padrão.

**TABELA 2. Elasticidades de substituição, na região 15, para algodão<sup>a</sup> (erros-padrão entre parênteses)<sup>b</sup>**

Equação	Trabalho	Maquinaria	Fertilizantes	Terra
Trabalho	-2.1780 (0.5376)**	0.2925 (0.0889)**	0.1875 (0.2198)	0.6509 (0.4972)
Maquinaria		-0.3250 (0.1171)**	0.4318 (0.2050)*	0.4610 (0.8754)
Fertilizantes			-1.0894 (0.3702)**	-0.3517 (0.2856)
Terra				-2.2368 (4.0689)

Fonte: Resultados do modelo.

<sup>a</sup> Simetria e adding-up impostos

<sup>b</sup> A matriz é simétrica

\* Denota significância ao nível de 10%

\*\* Denota significância ao nível de 5%

Elasticidades de substituição positivas implicam em que os insumos são substitutos e negativos implicam em complementariedade. A matriz é simétrica, uma implicação da simetria das derivadas de segunda ordem da função de custo com respeito aos preços dos insumos. Foi encontrada uma relação significativa de substitutibilidade entre trabalho e maquinaria. Entre trabalho e fertilizantes, e trabalho e terra, parâmetros positivos porém não significativos foram estimados. Também dos resultados pode-se concluir por substitutibilidade entre maquinaria e terra e entre maquinaria e fertilizantes. A elasticidade de substituição entre fertilizantes e terra é negativa, porém não significativa ao nível de 10%.

A elasticidade própria de demanda é menor de que um para todos os insumos, como pode ser visto na Tabela 3, com todos os sinais negativos e significantes a 5% de significância estatística exceto para terra.

**TABELA 3. Elasticidades de demanda por fatores de produção para algodão na região 15<sup>a</sup> (erros-padrão entre parênteses).**

Equação	Trabalho	Maquinaria	Fertilizantes	Terra
Trabalho	-0.2767 (0.0683) **	0.1614 (0.0491) ***	0.0379 (0.0445)	0.0774 (0.0591)
Maquinaria	0.0372 (0.0113) ***	-0.1793 (0.0646) **	0.0873 (0.1800)	0.0548 (0.1041)
Fertilizantes	0.0238 (0.0279)	0.2383 (0.1131) *	-0.2203 (0.0749) **	-0.0418 (0.0124) ***
Terra	0.0827 (0.0632)	0.2544 (0.4831)	-0.0711 (0.0577)	-0.2660 (0.4838)

Fonte: Resultados do modelo.

<sup>a</sup> Modelo com simetria e adding-up impostos

\* Denota significância ao nível de 10%

\*\* Denota significância ao nível de 5%

\*\*\* Denota significância ao nível de 1%

### Testes de hipóteses

O objetivo deste tópico é avaliar o resultado da imposição de um conjunto de restrições à função de custo translogarítmico com o objetivo de testar a hipótese de separabilidade de fertilizantes dos insumos produzidos domesticamente. A informação prática decorrente do teste é de que se fertilizante for separável dos demais insumos, isto implica num processo de decisão de alocação de recursos em dois estágios, indicando que a alocação relativa dos demais insumos não é afetada pelas distorções de preços impostos aos fertilizantes. O procedimento econométrico é baseado no teste análogo ao da razão de verossimilhança desenvolvido por Souza (1979).

Pode ser provado que os parâmetros da função translogarítmica, vista como uma aproximação de segunda ordem e a separabilidade satisfazem à restrição:

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_k} = \frac{\alpha_{1f}}{\alpha_{kf}} \quad \text{and} \quad \frac{\alpha_m}{\alpha_1} = \frac{\alpha_{mf}}{\alpha_{1f}} \quad ^8$$

<sup>8</sup> Para detalhes ver Denny & Fuss (1977) e Zylbersztajn (1983).  
deste tópico

Tal resultado é obtido a partir da aplicação do teorema desenvolvido por Christensen para o caso de quatro insumos, onde:

$\sigma_{1f} = \sigma_{mf} = \sigma_{tf}$ , para terra, maquinaria e trabalho, separáveis de fertilizantes.

O teste aproximado de separabilidade implica em separabilidade fraca, mas não numa estrutura de agregação inflexível. Os parâmetros restritos e não restritos estão apresentados na Tabela 1.

O teste estatístico distribuído como um  $\chi^2$  é a diferença da soma dos quadrados dos desvios entre os modelos restritos e não restritos, mantida a mesma matriz de variância - covariância.

Os graus de liberdade são dados pela diferença no número de restrições entre os modelos.

No presente caso o valor do teste é 204.40 sendo o valor crítico igual a 5.02 e 6.63 para  $\alpha = 0.025$  e  $\alpha = 0.010$  respectivamente. A rejeição implica que não se pode suportar o argumento de otimização em dois estágios para o presente caso.

### EFEITOS DE DISTORÇÕES DE PREÇOS

O objetivo principal deste tópico é de analisar os diferentes casos de distorção de preços em termos dos efeitos sobre preços e quantidades de insumos, quantidade ofertada do produto e proporções dos custos dos insumos sobre o custo total.

Tomando a situação de supervalorização cambial e proteção à indústria de fertilizantes, cada caso considera a eliminação de uma fonte de distorção. A desvalorização cambial é considerada sob dois enfoques, o tradicional onde variações na taxa de câmbio não afetam os preços dos insumos diretamente e um caso onde os efeitos via demanda derivada e via preços de insumos são computados.

A aplicação do modelo, apresentado no tópico **Modelo Teórico**, baseia-se no efeito que distorções, medidas como choques nos preços  $T_x$  e  $T_y$ , exercem sobre preços e quantidades dos insumos e produtos.

Três matrizes têm um papel importante na mensuração destes efeitos, são elas:  $\Gamma$ ,  $F$  e  $S$ , todas previamente definidas.

A matriz de elasticidades de insumos é apresentada na Tabela 4. A oferta de fertilizantes, considerada no modelo como o insumo importado é considerado como perfeitamente elástica. Mudanças nos preços deste insumo entram no modelo através do efeito de  $T_x$ .

As elasticidades de oferta de terra e trabalho estão nos limites propostos por Lopes (1977) e para maquinaria foram escolhidos arbitrariamente. A elasticidade de oferta do produto é determinada endogenamente sendo mais elástica no longo prazo.

Quatro casos são considerados: o primeiro é a remoção das medidas de proteção à indústria de fertilizantes, o segundo e terceiro são os efeitos da desvalorização

TABELA 4. Elasticidades de oferta de insumos.

Cenários	Trabalho	Terra	Maquinaria
1	0,75 <sup>a</sup>	0,10 <sup>a</sup>	0,10
2	1,23 <sup>a</sup>	0,31 <sup>a</sup>	0,50
3	2,34 <sup>a</sup>	1,00	1,00

Fonte: Lopes (1977).

<sup>a</sup> Baseado em Lopes (1977)

analisados sob dois enfoques e o quarto é o efeito composto da remoção simultânea das distorções.

Dos quatro casos analisados, o primeiro corresponde a um decréscimo nos preços domésticos de fertilizantes do nível observado domesticamente para o nível de preços do mercado internacional. Sem proteção o resultado será uma redução na proteção doméstica de fertilizantes e um aumento na quantidade demandada, o que implica num aumento das importações.

Por outro lado, o preço mais baixo dos fertilizantes baixará os custos marginais da produção agrícola, aumentando as exportações. Desde que mais fertilizantes estão sendo importados e mais produto está sendo exportado, o efeito líquido sobre o balanço de pagamentos é uma função das magnitudes de ambas as mudanças.

A taxa nominal de proteção é utilizada para medir  $T_x$  e foi calculada por Barros (1979). A distorção a ser aplicada é a média ponderada das proteções nominais a diversos fertilizantes, utilizando como ponderações as proporções de nitrogênio e fósforo aplicados na agricultura brasileira, resultando um valor de 0.3481.

A distorção da taxa de câmbio é tomada como sendo o grau de supervalorização do cruzeiro com respeito ao dólar americano. O modelo de pressão no mercado cambial ou modelo Girton-Roper foi aplicado levando a um resultado para  $T_x$  de 0.3159 em 1978.

O efeito da desvalorização é o segundo caso a ser estudado e envolve o uso das duas distorções  $T_x$  e  $T_y$  simultaneamente. O efeito nos preços dos bens exportados é tido como a porcentagem pela qual a moeda doméstica é desvalorizada.

O efeito da desvalorização sobre os preços dos insumos, usualmente ignorado, é mais difícil de ser avaliado. O principal ponto é que desde que os preços domésticos de fertilizantes estão entre os preços internacionais e os preços pagos à indústria doméstica, a desvalorização não se reflete inteiramente sobre os preços dos insumos, resultando em  $T_x = 0.1318$  para 1978.

Para contrastar este caso com o enfoque tradicional é apresentado um caso com  $T_x$  igual a zero e  $T_y$  igual a 0.30 que procura capturar o efeito da demanda derivada, mas não o impacto direto que a desvalorização cambial tem sobre os preços dos insumos.

Finalmente, o último caso considera o efeito simultâneo da remoção de ambas fontes de distorção dos preços.

## Resultados

Os resultados do modelo aplicado à cultura de algodão no Estado de São Paulo são apresentados na Tabela 5, que contém as mudanças relativas nos preços dos insumos (EW), quantidades dos insumos (EX), proporções de custos (ES) e mudança relativa da produção. A elasticidade de oferta, implícita no modelo, é apresentada nos casos 1.1, 1.2 e 1.3 e a diferença entre os dois enfoques sobre efeitos de desvalorização cambial é apresentada nos casos 3.1, 3.2 e 3.3.

TABELA 5. Efeitos dos diferentes tipos de distorções de preços.

Mudanças relativas	Caso 1.1*	Caso 1.2*	Caso 1.3*	Caso 2.1*	Caso 2.2*	Caso 2.3*	Caso 3.1*	Caso 3.2*	Caso 3.3*	Caso 4.1*	Caso 4.2*	Caso 4.3*
EWL	0.0495	0.0538	0.0515	0.1542	0.1905	0.1867	0.1729	0.2109	0.2062	0.1798	0.2183	0.2133
EWM	0.0682	0.0724	0.0862	0.3665	0.3453	0.3682	0.3923	0.3727	0.4008	0.4017	0.3827	0.4127
EWf	-0.3481	-0.3481	-0.3481	0.1318	0.1318	0.1318	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0481	-0.0481	-0.0481
EWT	0.2226	0.1982	0.1369	0.4333	0.4927	0.3906	0.5176	0.5678	0.4424	0.5483	0.5952	0.4613
EXL	0.0372	0.0662	0.1204	0.1156	0.2343	0.4369	0.1297	0.2594	0.4825	0.1348	0.2686	0.4991
EXM	0.0068	0.0362	0.0862	0.0366	0.1726	0.3682	0.0392	0.1864	0.4009	0.0402	0.1914	0.4127
EXF	0.1201	0.1536	0.2152	0.1055	0.2264	0.4413	0.1510	0.2845	0.5229	0.1675	0.3057	0.5526
EXT	0.0222	0.0614	0.1369	0.0433	0.1527	0.3906	0.0517	0.1760	0.4424	0.0548	0.1845	0.4613
ESL	0.0513	0.0533	0.0492	-0.0916	-0.0641	-0.0708	-0.0722	-0.0439	-0.0521	-0.0651	-0.0366	-0.0453
ESM	0.0396	0.0419	0.0497	0.0417	0.0290	0.0420	0.0567	0.0448	0.0608	0.0622	0.0506	0.0677
ESF	-0.2634	-0.2613	-0.2555	-0.1241	-0.1308	-0.1212	-0.2238	-0.2297	-0.2179	-0.2602	-0.2658	-0.2532
EST	0.2094	0.1929	0.1511	0.1152	0.1565	0.0868	0.1945	0.2295	0.1440	0.2235	0.2562	0.1649
EY	0.0354	0.0668	0.1227	0.0614	0.1890	0.3944	0.0748	0.2143	0.4408	0.0797	0.2235	0.4578
Elasticidade de oferta	0.2494	0.7143	1.4694	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Delta	-	-	-	-	-	-	0.0134	0.0253	0.0464	-	-	-

Fonte: Resultados do modelo.

\* i identifica o tipo de distorção descrita no texto e j identifica o cenário relativo à elasticidade dos insumos.

Na numeração das colunas, o primeiro número representa os quatro casos de distorções de preços e o segundo número representa os cenários relativos às elasticidades de oferta dos insumos.

Os casos 1.1, 1.2 e 1.3 mostram que a eliminação da proteção abaixa os preços de fertilizantes e aumenta os preços dos demais insumos. O resultado é devido à

substitutibilidade entre insumos adicionados ao efeito da escala resultante do aumento da produção. Não há uma relação clara entre mudanças nos preços dos insumos para os diferentes cenários considerados.

Há um aumento em todas as quantidades de insumos, desde que o efeito escala é positivo. Quanto mais elástica a oferta do produto mais acentuado é este efeito.

As proporções de custo dos fertilizantes decresce, mas todos outros insumos se movem na direção oposta. A produção aumenta em todos os casos, como esperado, sendo o aumento diretamente relacionado à elasticidade de oferta do produto. Esta elasticidade se situa entre 0.2494 e 2.6364 para os diferentes cenários.

Os casos 2.1 a 3.3 mostram o efeito de desvalorizações cambiais, a diferença básica, sendo o método para medir tais efeitos. Um considera o impacto de desvalorizações sobre os preços dos insumos, enquanto o outro, o enfoque tradicional, considera apenas o efeito da demanda derivada.

Os casos 2.1, 2.2 e 2.3 indicam um aumento nos preços de todos os insumos, mais substancial para maquinaria e terra. Todas as quantidades também aumentam, mas as proporções de custo de trabalho e fertilizantes diminuem enquanto de terra e maquinaria aumentam. Em todos os casos há um aumento na quantidade ofertada, o que indica que o aumento da produção devido à mudança no preço do produto sobrepuja o decréscimo devido ao efeito dos custos marginais de produção.

Como é esperado, há uma relação positiva entre a elasticidade de oferta e o aumento na produção. Para o cenário 2.3 que corresponde ao caso intermediário, o aumento na produção devido à desvalorização é de 18.90 por cento.

As diferenças entre o enfoque proposto e o caso utilizando o enfoque tradicional estão entre as principais questões analisadas neste estudo. A comparação mostra uma diferença em magnitude, mas não em sinais, para todas as medidas efetuadas.

A diferença entre o aumento relativo na produção dados os cenários alternativos é 2.53% em média, sendo os extremos 1.34 e 4.64%. Este resultado dá suporte à hipótese do início do estudo, de que a exclusão do efeito via insumos importados introduz um viés positivo na mensuração da produção. Tal viés é maior no longo prazo, dado que a elasticidade de oferta é maior e corresponde ao deslocamento na curva de oferta representada na Figura 1.

A remoção das fontes de distorção (casos 4.1, 4.2 e 4.3), implica num pequeno decréscimo no uso de fertilizantes e no efeito total da desvalorização sobre os preços do produto final. Os preços de todos insumos aumentam, especialmente terra e maquinário. Observa-se um aumento nas quantidades de todos os insumos, mais pronunciados no longo prazo. As proporções de mão-de-obra e fertilizantes decaem e de maquinaria e terra aumentam como resultado das mudanças. Significativo aumento da produção é observado, sendo 22.35% no caso 4.2.

## CONCLUSÕES

Muitas particularidades podem ser exploradas tomando-se por base os resultados apresentados anteriormente. Mudanças relativas na proporção dos custos de trabalho dependem das magnitudes relativas da elasticidade de oferta por trabalho e outros insumos. Isto leva à observação de que mesmo que a supervalorização atue como um imposto sobre o setor exportador com o efeito de diminuir os retornos dos fatores de produção, tal efeito é diferente entre insumos dadas as condições de produção específicas.

Recordando a principal meta deste estudo, temos o desenvolvimento de um modelo para examinar o problema de distorções de preços na agricultura brasileira. Os dois problemas principais analisados são, os efeitos de taxas de câmbio supervalorizados e taxas de proteção à indústria doméstica de fertilizantes.

Um importante ponto foi negligenciado na literatura de efeitos de taxas de câmbio, ou seja, o efeito simultâneo que as taxas de câmbio exercem sobre os preços de produtos e insumos.

Esta simultaneidade é estudada e os resultados comparados com o enfoque tradicional, o qual não inclui o efeito do impacto sobre os preços dos insumos.

O viés é provado ser de magnitude não desprezível para o caso do algodão sob os diferentes cenários. Conclui-se que os modelos que não consideram o importante detalhe, superestimam os aumentos na oferta provenientes da desvalorização.

O modelo foi utilizado também para examinar alguns efeitos do processo de substituição de importações de fertilizantes sobre o setor agrícola. Tomando o diferencial de preços entre produtos similares nos mercados doméstico e internacional ficou claro o decréscimo na quantidade demandada por todos os insumos, assim como uma diminuição de 6.68% na produção de algodão.

O quadro apresentado não é uma avaliação dos custos e benefícios do programa, no entanto, os resultados representam informações importantes sobre alguns custos impostos sobre o setor agrícola.

Uma série de testes estatísticos foi desenvolvido relativo à hipótese de separabilidade de fertilizantes de outros insumos. Tais testes foram realizados devido ao fato de separabilidade ser consistente com um processo de otimização em múltiplos estágios. Pode ser afirmado que o relativo das proporções dos custos de dois insumos é independente das mudanças de preços de um terceiro insumo se os mesmos pertencem a diferentes grupos de insumos.

A hipótese de separabilidade fraca e forte foi rejeitada, assim como a da forma funcional Cobb-Douglas, que implica separabilidade aditiva.

O modelo de desequilíbrio foi aplicado para estudar os diferentes casos de distorções medidos como deslocadores de preços. Os resultados são apresentados em termos dos efeitos sobre a produção, mudanças relativas nas proporções de custos, preços e quantidades dos fatores de produção.

Na condução deste estudo foi necessário se estimar um sistema de demandas

derivadas por fatores de produção, baseado nas propriedades de dualidade entre funções de custo e de produção. Entre o menu de formas flexíveis funcionais, a forma translogarítmica foi escolhida, dado que um sistema de equações de proporções de custo pode ser estimada utilizando o método de equações aparentemente não relacionadas. Desde que os testes de hipóteses implicam em restrições não lineares, o método de equações aparentemente não relacionadas não linear, foi utilizado.

Algumas conclusões que decorrem deste estudo podem ser discutidas. O primeiro ponto é relacionado à aplicação empírica de formas flexíveis funcionais. Parece existir um fosso entre os avanços teóricos das formas flexíveis e a qualidade dos dados existentes. Em muitos casos a forma dos dados impedem a utilização desta informação neste tipo de estudo.

Estudos de distorções no mercado cambial devem incorporar os efeitos via mercado de insumos propostos neste estudo. O caso mais geral de um País que afete os preços internacionais do produto exportável é de interesse potencial. Um tópico de interesse a ser estudado são os limites de mudanças no preço de produto após a desvalorização. Desde que deslocamentos na curva de excesso de oferta se dêem em presença de uma curva de demanda por exportações não perfeitamente elástica, pode haver uma pressão adicional sobre os preços do produto final.

Finalmente, duas generalizações deste modelo são também áreas de interesse potencial. Num caso, o estudo desenvolvido por Lattimore & Schuh (1979) tornando a taxa de câmbio uma variável endógena em modelos de comércio internacional. A outra é a extensão deste modelo para o caso de múltiplos produtos, não mais assumindo separabilidade em produção.

Algumas críticas a formas flexíveis funcionais baseadas em séries de Taylor têm sido desenvolvidas recentemente, sendo tal literatura discutida em Zylbersztajn (1983).

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Dr. James Chalfant e ao Dr. Julian Alston pelas críticas e sugestões durante a elaboração da pesquisa. O agradecimento é extensivo ao Dr. Augusto César de M. Soares que leu uma versão do presente trabalho. Como de praxe os autores se responsabilizam pelos eventuais erros e omissões ainda presentes no trabalho.

#### REFERÊNCIAS

- BARROS, J. R. M. de; FONSECA, M. A. S. da; BAUM, M. **Perfil técnico econômico do setor de fertilizantes**. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1979.
- BAUM, M. **Substituição de importações: uma nova fase na indústria de fertilizantes**. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1977. (Tese M.S. não publicada).

- BINSWANGER, H. P. **The measurement of biased efficiency gains in U.S. and Japanese agriculture to test the induced innovation hypothesis.** Raleigh, North Carolina State University, 1973. (Unpublished Ph.D. Dissertation).
- DENNY, M. & FUSS, M. The use of approximation analysis to test for separability and the existence of consistent aggregates. *Am. Econ. Rev.*, **63**(3):404-18, 1977.
- DIEWERT, W.E. Applications of duality theory. In: INTRILLIGATOR, M.D. & KENDRICK, D.A., ed. **Frontiers of quantitative economics.** Amsterdam, North Holland, 1974.
- GALLANT, A. R. Seemingly unrelated nonlinear regressions. *J. Econ.*, **3**:35-50, 1975.
- KMENTA, J. & GILBERT, R. F. Small sample properties of alternative estimators of seemingly unrelated regressions. *J. Am. Stat. Assoc.*, **63**:1180-200, 1968.
- LOPES M. de R. **The mobilization of resources from agriculture: a policy analysis for Brazil.** West Lafayette, Purdue University, 1977. (Unpublished Ph.D. Dissertation).
- SOUZA, G. **Statistical inference in nonlinear models: a pseudolikehood approach.** Raleigh, North Carolina State University, 1979. (Unpublished Ph.D. Dissertation).
- ZELLNER, A. An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and tests for aggregation bias. *J. Am. Stat. Assoc.*, **57**:348-68, 1962.
- ZYLBERSZTAJN, D. **Price distortions in Brazilian agriculture: an application of duality theory and flexible functional forms.** Raleigh, North Carolina State University, 1983. (Unpublished Ph.D. Dissertation).