

# Substituição e produtividade de fatores na agricultura nordestina

PASQUALE L. SCANDIZZO \*

TÚLIO BARBOSA \*\*

## 1 — Introdução

No contexto da agricultura nordestina, as evidências empíricas sugerem que os fatores de produção relativamente abundantes — terra e mão-de-obra — apresentam grande diversidade de intensidade de uso em estabelecimentos agrícolas de diferentes tamanhos.<sup>1</sup>

Subjacente à questão da intensidade de uso dos fatores de produção, tem-se o comportamento da substituição entre os fatores e as variações relativas da eficiência no uso dos recursos à medida que se processa a substituição, quando são considerados diferentes tamanhos de estabelecimentos agrícolas.

Obviamente, essas questões envolvem elementos de importância do ponto de vista de políticas públicas que tratam dos problemas de produção e nível de emprego, particularmente da mão-de-obra. Se, por um lado, a produtividade média da terra declina à medida que o tamanho dos estabelecimentos aumenta, pode-se esperar que o nível agregado de produção aumente se unidades menores são cria-

\* Do Banco Mundial.

\*\* Da Universidade Federal de Minas Gerais.

<sup>1</sup> Ver, por exemplo, SUDENE, *A Economia Agrícola do Nordeste (Diagnóstico Parcial e Perspectivas)*, Relatório Preliminar (Recife: SUDENE/DAA, março de 1976); L. Berry e W. R. Cline, "Farm Size, Factor Productivity and Technical Usage in Developing Countries" (BIRD, 1975), mimeo.; George F. Patrick, *Desenvolvimento Agrícola do Nordeste*, Coleção Relatórios de Pesquisa (Rio de Janeiro: IPEA/INPES, 1972), n.º 11; e BIRD, *Rural Development Issues and Options in Northeast Brazil*, Report n.º 665a-BR (Washington, 1975).

das através de um programa de reforma agrária. O nível total de emprego da mão-de-obra deverá aumentar se a razão mão-de-obra/terra diminui com o crescimento dos estabelecimentos, como parece ser o caso da agricultura nordestina. Por outro lado, o grau de substituíbilidade dos fatores de produção serve como indicador da "flexibilidade" da tecnologia disponível. Se existe "flexibilidade" de tecnologia face a mudanças externas, isso pode implicar que ganhos de produção poderão ser obtidos através da exploração da substituíbilidade entre os fatores.

O presente artigo representa uma tentativa de explorar, empiricamente, os aspectos relativos ao processo de substituição e à produtividade dos fatores de produção na agricultura nordestina, relacionando-os, ainda que não exaustivamente, às possíveis políticas de desenvolvimento do setor.

## 2 — A substituição de fatores

No caso da agricultura nordestina, a substituição entre terra e mão-de-obra é mais evidente nas variações das razões terra/mão-de-obra, entre classes de tamanho de estabelecimentos agrícolas.<sup>2</sup> Entretanto, há evidências, também, de que existem variações dentro das classes.

Uma questão crítica que surge é se os estabelecimentos, em uma dada região, operam em uma mesma função de produção. Se esse for o caso, haverá possibilidades de aumentos na produção através da realocação de terra e mão-de-obra, mesmo com a existência de retornos crescentes à escala. Para testar essa hipótese, é conveniente que se examine, em primeiro lugar, a natureza da substituíbilidade dos fatores.

As análises empíricas que se seguem são feitas com base em dados levantados em extensa pesquisa levada a efeito pela SUDENE, em

<sup>2</sup> Ver SUDENE, *op. cit.*

colaboração com o DRC (Development Research Center) do Banco Mundial. Para efeito da pesquisa, o Nordeste foi dividido em sete zonas econômicas: a) Vazio Demográfico Relativo; b) Meio Norte; c) Sertão Semi-Árido; d) Sudeste Semi-Úmido; e) Leste Úmido; f) Sudeste Úmido; e g) Agreste.<sup>3</sup>

Apesar de sua ampla cobertura, bem como o grau de detalhamento, os dados examinados são limitados a um *cross-section* de um grande número de estabelecimentos, os quais são bastante diversificados. Por outro lado, existem várias razões pelas quais o conjunto de dados torna-se apropriado a um estudo econométrico da produção. Em primeiro lugar, as atividades a serem examinadas foram estabelecidas, dentro de uma mesma região econômica, com base na mesma informação tecnológica.<sup>4</sup> Em segundo, a dispersão das observações parece ser substancial, mesmo quando são levados em conta a qualidade da terra e o tamanho dos estabelecimentos. Em terceiro, em muitos casos a relação tecnológica provavelmente é de forma linear ou quase linear. Finalmente, se se consideram as melhorias, os equipamentos e as melhorias permanentes em terra como o análogo de uma fábrica industrial, os dados disponíveis mostram ampla evidência de que a maioria das unidades operam em sua total capacidade.<sup>5</sup>

Dadas essas características dos dados referentes aos processos produtivos, tenta-se, a seguir, explorar a existência de possibilidades de substituição entre mão-de-obra e capital ao nível agregado, usando funções de produção do tipo convencional.

<sup>3</sup> Para uma descrição pormenorizada da pesquisa e das zonas econômicas, ver SUDENE, *op. cit.*

<sup>4</sup> Esse é o primeiro requisito que L. Jobansen, *Production Functions — An Integration of Micro and Macro, Short and Long Run Aspects* (Amsterdam e Londres: North-Holland Publishing Co., 1972), p. 136, considera como crítico para se estimar uma função de produção *ex-ante*.

<sup>5</sup> O mesmo não pode ser dito a respeito da terra, uma vez que essa não se tem mostrado como fator limitante. Entretanto, pode ser verdade que a terra de boa qualidade esteja sendo utilizada integralmente.

A função de produção CES (Elasticidade Constante de Substituição), desenvolvida por Arrow, Chenery, Minhas e Solow,<sup>6</sup> pode ser escrita como:

$$\log X_i = \log \lambda - \frac{\gamma}{\rho} \log [\delta K_i^{-\rho} + (1 - \delta) L_i^{-\rho}] + u_i \quad (1)$$

onde  $\lambda$ ,  $\delta$  e  $\rho$  representam, respectivamente, os parâmetros de eficiência, de intensidade de uso ou distribuição dos fatores e de substituição. A elasticidade de substituição,  $\sigma$ , é dada por  $1/1 + \rho$ .

Segundo Kmenta,<sup>7</sup> os parâmetros da equação (1) podem ser estimados, com base no método dos quadrados mínimos ordinários, se se substitui (1) pela sua aproximação que é linear em  $\rho$ . Essa aproximação pode ser derivada através do uso da fórmula de Taylor para expansão ao redor de  $\rho = 0$ . Desprezando os termos de ordem terceira e de ordens mais altas, a expansão leva a:

$$\begin{aligned} \log X_i &= \log \lambda + \gamma \delta \log K_i + \gamma (1 - \delta) \log L_i \\ &\quad - \frac{1}{2} \rho \gamma \delta (1 - \delta) [\log K_i - \log L_i]^2 + u_i \end{aligned} \quad (2)$$

A aproximação à função CES dada por (2) pode então ser convenientemente separada em duas partes: uma correspondente à função Cobb-Douglas e outra representando a "correção" devida ao afastamento de  $\rho$  de zero. Essa última parte, dada pelo termo  $-\frac{1}{2} \rho \gamma \delta (1 - \delta) [\log K_i - \log L_i]^2$  desaparece se  $\rho = 0$ . Consequentemente, o erro de aproximação da função CES pela equação (2) depende da medida em que  $\rho$  se afasta de zero, da razão dos dois insumos e dos valores dos demais parâmetros.

Embora a aproximação de Kmenta tenha a grande vantagem da simplicidade e de não requerer qualquer pressuposição particular a

<sup>6</sup> K. J. Arrow, H. B. Chenery, B. S. Minhas e R. M. Solow, "Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency", in *Review of Economics and Statistics*, vol. XLIII (agosto de 1961), pp. 225-280.

<sup>7</sup> J. Kmenta, "On Estimation of the CES Production Function", in *International Economic Review*, vol. 8, n.º 2 (junho de 1967), pp. 180-189.

respeito das regras de maximização por parte dos agricultores, ela pode ser usada, pelo que foi mostrado acima, somente para rejeitar a hipótese de que a função de produção é do tipo Cobb-Douglas.

Mesmo sob essa interpretação restritiva, os resultados empíricos são interessantes na medida em que permitem testar as hipóteses: a) elasticidade de substituição unitária; b) separabilidade dos insumos; e c) retornos constantes à escala.

Os dados apresentados na Tabela 1 representam estimativas da função CES para as sete zonas econômicas em que foi dividido o Nordeste, a partir da equação (2), sendo que as variáveis foram definidas do seguinte modo:

$X_i$  = valor adicionado (valor da produção menos custo dos insumos) para o  $i$ -ésimo estabelecimento, em Cr\$ 1.000;

$K_i$  = valor do capital total (terra, benfeitorias, gado e equipamentos), em Cr\$ 1.000;

$L_i$  = mão-de-obra usada no ano agrícola, medida em homens-ano;

$u_i$  = termo de erro (erro estocástico independente e normalmente distribuído, com média zero e variância constante).

Os resultados sugerem que, com exceção das zonas do Meio Norte (B) e Sudeste Úmido (F), as estimativas das elasticidades de substituição são unitárias ou quase unitárias. Os coeficientes da razão  $K/L$  não são estatisticamente diferentes de zero, ao nível de 5%, exceto nos casos das zonas B e F. Portanto, não se pode rejeitar a especificação Cobb-Douglas para todas as zonas, exceto B e F. Esse resultado, considerado juntamente com a variação no sinal da razão  $K/L$  (positivo em três zonas e negativo em quatro), sugere que se pode, com certa segurança, utilizar a especificação Cobb-Douglas.

Os retornos à escala,  $\gamma$ , mostram-se constantes (aproximadamente 1) em todos os casos. Mesmo considerando diferentes especificações da produção ( $X_i$ ) e da variável capital ( $K_i$ ), os resultados anteriores são confirmados.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Ver P. L. Scandizzo e G. Kutcher, *The Economics of Agriculture in Northeast Brazil* (Washington: Banco Mundial, a ser publicado).

TABELA I  
*Funções de produção CES (segundo aproximação de Kmenta)*

Zonas Econômicas	Constante		Coeficientes		Parâmetros Estimados			R <sup>2</sup>	G.L.	
			Capital (K)	Trabalho (L)	K/L	δ	γ			σ
A	5.390*** (0.085)	0.246*** (0.095)	0.858*** (0.080)	0.014 (0.019)	0.014 (0.019)	0.225	1.094	0.932	0.446	515
B	5.651*** (0.093)	0.245*** (0.056)	0.702*** (0.078)	0.062** (0.020)	0.062** (0.020)	0.259	0.947	0.746	0.290	640
C	5.521*** (0.051)	0.418*** (0.033)	0.695*** (0.045)	-0.014 (0.011)	-0.014 (0.011)	0.376	1.113	1.057	0.428	1.884
D	4.486*** (0.218)	0.688*** (0.177)	0.337 (0.225)	0.045 (0.040)	0.045 (0.040)	0.671	1.025	1.056	0.400	276
E	5.447*** (0.203)	0.433*** (0.130)	0.695*** (0.138)	-0.037 (0.024)	-0.037 (0.024)	0.417	1.038	1.172	0.350	305
F	6.488*** (0.231)	0.165*** (0.055)	0.942*** (0.098)	0.093*** (0.022)	0.093*** (0.022)	0.149	1.107	0.602	0.857	42
G	5.332*** (0.122)	0.320*** (0.063)	0.658*** (0.093)	-0.004 (0.020)	-0.004 (0.020)	0.327	0.978	1.019	0.257	700

FONTE: Pesquisa SUDENE/Banco Mundial.

NOTAS: a) Os números entre parênteses representam os erros-padrão das estimativas.

b) Os asteriscos representam os níveis de significância:

\*\*\* = 0.1% ou menos;

\*\* = entre 0.1 e 1.0%;

\* = entre 1.0 e 10.0%.

c) Os testes de significância são unilaterais para K e L e bilaterais para K/L.

d) Para definição das zonas econômicas e variáveis, ver pp. 369 e 371.

A fim de testar ainda mais a hipótese de elasticidade de substituição unitária, torna-se conveniente distinguir as estimativas das funções de produção “médias” e as funções de fronteira (fronteiras técnicas de produção). Essa distinção é feita utilizando-se o método de eliminação das unidades ineficientes proposto inicialmente por Kurz e Manne,<sup>9</sup> com modificação proposta por Johansen.<sup>10</sup> Em essência, esse método consiste em eliminar da amostra um ponto de produção se, comparado com todas as outras observações, mostra ter razões capital/produto e trabalho/produto mais altas. Foram, então, selecionadas duas subamostras: uma composta de unidades “eficientes” e outra de unidades “ineficientes”.

A primeira etapa na seleção das duas subamostras consistiu na análise do diagrama de dispersão dos dados, tendo como ordenadas as razões valor adicionado/trabalho e valor adicionado/capital. À exceção do caso da zona F, o padrão de distribuição dos dados consistiu em um aglomerado de pontos concentrados no triângulo próximo à origem dos eixos (isto é, estabelecimentos com ambas as razões relativamente pequenas) e um pequeno número de observações, para as quais ambas ou uma das razões situavam-se claramente acima da média. A amostra de unidades eficientes foi obtida através de uma linha de separação entre o triângulo inferior e o conjunto superior de pontos. Essa linha foi estabelecida como uma fronteira arbitrária. Entretanto, devido à distribuição das observações, não é muito importante a posição exata da linha de separação em termos de propriedades das amostras obtidas. É interessante observar que variações na inclinação e na interseção da linha — que causaram variações de até 10% no tamanho da amostra — não provocaram conseqüências significantes nas estimativas obtidas.

O mesmo tipo de análise foi feito para isolar as unidades “ineficientes”. O diagrama de dispersão teve como eixos as razões trabalho/valor adicionado e capital/valor adicionado: as unidades mais ineficientes teriam maiores valores relativos de ambos ou de qualquer uma das razões. Nesse caso, à exceção da zona F, o padrão de

<sup>9</sup> M. Kurz e A. S. Manne, “Engineering Estimates of Capital-Labor Substitution in Metal Machinery”, in *The American Economic Review* (1963).

<sup>10</sup> Johansen, *op. cit.*, pp. 191-192.

distribuição apresentou, como no caso anterior, a forma de um aglomerado básico. As observações situadas fora do aglomerado mostraram-se claramente *dominadas* pela maioria das observações na amostra. Procedimentos idênticos aos utilizados para a identificação das unidades “eficientes” foram utilizados para a identificação das “ineficientes”.

Após a seleção das subamostras, procedeu-se a uma análise discriminante a fim de determinar se os dois grupos de estabelecimentos diferiam quanto a algumas características-chave: tamanho, valores da terra, equipamento, gado e benfeitorias, percentagem da produção comercializada e percentagem da produção pecuária. Os resultados indicaram que os dois grupos diferiram significativamente quanto aos níveis destas variáveis.

Finalmente, para as duas subamostras selecionadas, foram estimadas funções de produção CES, segundo a aproximação de Kmenta — equação (2) — cujos resultados são apresentados nas Tabelas 2, 3 e 4.

As estimativas apresentadas na Tabela 2, para as unidades “eficientes”, deveriam aproximar os parâmetros de uma relação de eficiência *ex-ante* entre as observações. Além de apresentarem melhores ajustamentos, elas diferem das estimativas das funções médias (Tabela 1) tanto para o parâmetro de distribuição,  $\delta$  (agora aglomerado ao redor de 0,5), como para a elasticidade de substituição,  $\sigma$ , que, à exceção da zona F (Sudeste Úmido), tende a ser significativamente (embora ligeiramente) maior do que 1. Novamente, o coeficiente de escala,  $\gamma$ , é bastante estável e nunca significativamente diferente de 1.

Por outro lado, as observações da segunda subamostra (estabelecimentos “ineficientes”) apresentaram um melhor ajustamento entre o valor adicionado da produção e as variáveis capital e trabalho (Tabela 3). Esses resultados sugerem que amostras isoladas correspondem a duas tecnologias limites (fronteiras superior e inferior).

Deve-se observar que as estimativas para os estabelecimentos “ineficientes” mostram menores valores tanto para o parâmetro de distribuição,  $\delta$  (capital), como para as elasticidades de substituição,  $\sigma$ . Os retornos à escala são constantes ou ligeiramente decrescentes (zo-



TABELA 2  
*Funções de produção CES (segundo aproximação de Kmenta) para  
a subamostra de estabelecimentos "eficientes"*

Zonas Econômicas	Coeficientes		Parâmetros Estimados			R <sup>2</sup>	G.L.		
	Constante	Capital (K)	Trabalho (L)	K/L	δ			γ	σ
A	7.391*** (0.100)	0.395*** (0.032)	0.537*** (0.065)	-0.074*** (0.014)	0.424	0.932	1.482	0.941	26
B	8.085*** (0.159)	0.485*** (0.047)	0.424*** (0.093)	-0.059** (0.018)	0.539	0.919	1.348	0.840	34
C	8.620*** (0.150)	0.525*** (0.042)	0.491*** (0.090)	-0.053*** (0.013)	0.417	1.016	1.264	0.930	23
D	6.746*** (0.100)	0.709*** (0.065)	0.251*** (0.087)	-0.080*** (0.014)	0.739	0.960	1.743	0.935	40
E	7.508*** (0.114)	0.398*** (0.054)	0.638*** (0.057)	-0.054*** (0.015)	0.384	1.036	1.238	0.953	30
F	6.555*** (0.182)	0.133*** (0.019)	0.227*** (0.039)	0.133*** (0.019)	0.226	1.006	0.569	0.940	28
G	8.045*** (0.183)	0.568*** (0.054)	0.483 (0.105)	-0.033*** (0.054)	0.540	1.049	1.145	0.946	17

FONTE: Pesquisa SUIDENE/Banco Mundial.

NOTAS: Ver Tabela 1.

TABELA 3

*Funções de produção CES (segundo aproximação de Kmenta) para  
a subamostra de estabelecimentos "ineficientes"*

Zonas Econômicas	Constante	Coeficientes		Parâmetros Estimados			R <sup>2</sup>	G.L.	
		Capital (K)	Trabalho (L)	K/L	δ	γ			σ
A	2.643*** (0.163)	0.380** (0.124)	0.595*** (0.144)	0.061 (0.031)	0.359	1.081	0.803	0.903	17
B	2.768*** (0.168)	0.183 (0.159)	0.785** (0.217)	0.137** (0.045)	0.189	0.968	0.520	0.899	14
C	2.293*** (0.143)	0.171 (0.115)	0.721*** (0.120)	0.082** (0.023)	0.192	0.892	0.628	0.950	16
D	2.552*** (0.203)	0.264 (0.162)	0.757*** (0.198)	0.068 (0.034)	0.259	1.021	0.742	0.931	16
E	3.007*** (0.231)	0.454** (0.174)	0.403 (0.256)	-0.0004 (0.031)	0.530	0.857	1.002	0.818	13
F	5.445*** (0.258)	0.774** (0.245)	0.246 (0.274)	-0.032 (0.052)	0.759	1.020	1.207	0.980	10
G	2.003*** (0.159)	0.637*** (0.112)	0.398** (0.144)	0.030 (0.023)	0.615	1.035	0.891	0.950	15

FONTE: Pesquisa SUDENE/Banco Mundial.

NOTAS: Ver Tabela 1.

TABELA 4

Comparação das estimativas da elasticidade de substituição ( $\sigma$ ) e das médias geométricas das variáveis das funções de produção

		Amostra Geral	Estabelecimentos	
			“Efi- cientes”	“Inefi- cientes”
Zona A	Valor Adicionado, Cr\$	627,85	2 131,54	53,39
	Capital, Cr\$	6 049,64	2 737,95	8 021,30
	Trabalho (homens-ano)	1,94	1,47	1,23
	$\sigma$	0,93	1,48	0,80
Zona B	Valor Adicionado, Cr\$	827,58	3 977,81	57,39
	Capital, Cr\$	5 353,76	3 376,70	6 037,56
	Trabalho	2,00	1,02	1,55
	$\sigma$	0,75	1,34	0,52
Zona C	Valor Adicionado, Cr\$	897,49	5 699,30	45,09
	Capital, Cr\$	6 393,61	1 885,51	11 724,75
	Trabalho	2,17	1,18	1,85
	$\sigma$	1,06	1,26	0,63
Zona D	Valor Adicionado, Cr\$	857,40	6 154,87	75,02
	Capital, Cr\$	19 527,37	3 114,64	17 423,15
	Trabalho	2,42	2,51	2,06
	$\sigma$	1,06	1,74	0,74
Zona E	Valor Adicionado, Cr\$	804,80	3 159,28	66,49
	Capital, Cr\$	10 816,95	8 457,04	9 006,98
	Trabalho	1,93	1,19	1,62
	$\sigma$	1,17	1,28	1,00
Zona F	Valor Adicionado, Cr\$	16 819,60	21 951,70	9 150,83
	Capital, Cr\$	70 112,42	62 439,62	91 368,43
	Trabalho	7,34	8,00	6,02
	$\sigma$	0,60	0,57	1,21
Zona G	Valor Adicionado, Cr\$	803,35	3 257,12	59,45
	Capital, Cr\$	10 141,14	984,71	12 720,31
	Trabalho	2,61	1,93	2,01
	$\sigma$	1,02	1,15	0,89

FONTE: Pesquisa SUDENE/Banco Mundial.

nas C e E), sugerindo que na forma mais "baixa" de tecnologia a substituição entre trabalho e capital poderia estar restrita por algum fator exógeno (talvez a habilidade administrativa).

Na Tabela 4 são apresentadas as comparações das médias aritméticas do valor adicionado, do trabalho, do capital e da elasticidade de substituição para as três amostras consideradas. Pode-se observar que, para cinco zonas econômicas (A, C, D, E e G), as elasticidades de substituição estão em um *continuum*, sendo que as estimativas da amostra geral, em todos os casos, caem no intervalo entre as estimativas das tecnologias superior e inferior. Para quatro casos (zonas A, C, D e G), as estimativas aproximam a média simples das duas tecnologias.

Por outro lado, para as zonas B e F, enquanto que, para a amostra geral, as estimativas parecem situar-se fora da amplitude estabelecida para as outras zonas, o intervalo coberto pelas estimativas das fronteiras é centrado razoavelmente ao redor de 1.

Deve-se notar, ainda, que, pelo menos em termos de médias, a magnitude da elasticidade de substituição parece ser negativamente relacionada com a magnitude do estoque de capital.

Várias implicações de políticas de desenvolvimento podem ser derivadas desses resultados. Em primeiro lugar, as estimativas indicam que a elasticidade de substituição é próxima de 1. Mesmo para a função de produção de "fronteira" não é muito maior do que 1. Isso implica que existe certa flexibilidade da tecnologia atualmente em uso, face a mudanças externas, de tal forma que variações nas razões de preços dos insumos e nas restrições que afetam a mão-de-obra e o capital poderiam ser satisfeitas sem perda de produção. As perspectivas de crescimento da produção chegam a ser encorajadoras na medida em que o processo de substituição garantiria que o fator crescendo a uma taxa menor poderia ser substituído por aquele crescendo a uma taxa maior.

Entretanto, deve-se reconhecer que  $\sigma = 1$  não representa um alto valor para a elasticidade. De fato,  $\sigma = 1$  simplesmente define o limite entre tecnologia flexível e tecnologia inflexível.

Dados os resultados encontrados para a subamostra de estabelecimentos "incipientes", deve-se esperar que um grande número de

estabelecimentos apresente uma tecnologia tal que não possa satisfazer, imediatamente, as mudanças de mercado e outras variações nas condições de seu ambiente econômico.

Em segundo lugar, a elasticidade de substituição permanece próxima de 1 quando são modificadas as definições da produção ( $X_i$ ) e da variável capital ( $K_i$ ). Entretanto, tende a ser crescente quando o capital tende a ser mais homogêneo.<sup>11</sup>

Em terceiro lugar, quando os estabelecimentos são agrupados de acordo com a definição de eficiência de Kurz-Manne-Johansen, as elasticidades de substituição são maiores para os estabelecimentos “eficientes”. Conseqüentemente, para a agricultura nordestina, podem ser alcançados aumentos de produção através da exploração das possibilidades de substituição entre os fatores implícitos na tecnologia dos estabelecimentos “eficientes”.

Finalmente, os resultados sugerem que os retornos à escala são constantes ou próximos de retornos unitários, independentemente da definição da variável capital e da caracterização de eficiência dos estabelecimentos. Conseqüentemente, é de esperar que a reforma agrária conduza a aumentos de produção desde que se possa provar que o mesmo prevaleça para diferentes condições de padrões de culturas, de eficiência de operadores de diferentes tamanhos, etc. Na seção seguinte essas condições serão examinadas em maiores detalhes.

### 3 — Análise da produtividade dos recursos: função de produção Cobb-Douglas

Tendo em vista que as elasticidades de substituição obtidas com as funções de produção CES mostraram-se unitárias (ou quase unitárias) na maioria dos casos estudados, pode-se examinar as respostas de produção através do uso de funções de produção mais simples,

<sup>11</sup> Essas estimativas não são apresentadas neste artigo. Ver Scandizzo e Kutcher, *op. cit.*

do tipo Cobb-Douglas. Com esse procedimento pode-se desagregar, mais convenientemente, os insumos. As estimativas são feitas com base no modelo:

$$\log Q_i = a_0 + \sum_{j=1}^8 a_j \log X_{ij} + u_i$$

onde:  $Q_i$  = produção total do  $i$ -ésimo estabelecimento (em cruzeiros);

$X_{i1}$  = valor total da terra (em cruzeiros);

$X_{i2}$  = mão-de-obra (em homem-ano);

$X_{i3}$  = quantidade usada de inseticidas (em quilograma);

$X_{i4}$  = quantidade usada de fertilizantes (em quilograma);

$X_{i5}$  = valor do crédito recebido nos últimos dois anos (em cruzeiros);

$X_{i6}$  = valor das benfeitorias (em cruzeiros);

$X_{i7}$  = valor dos equipamentos (em cruzeiros);

$X_{i8}$  = valor do gado (em cruzeiros);

$u_i$  = termo de erro.

Alguns fatores são medidos em termos de estoque e representam a capacidade produtiva da firma (estabelecimento agrícola). Estes foram desagregados em cinco categorias: a) terra;<sup>12</sup> b) benfeitorias; c) equipamentos; d) gado; e e) crédito. A variável crédito tem de ser interpretada como um deslocador, absorvendo o efeito de muitas variáveis "residuais" relacionadas com a habilidade empresarial e com a habilidade para a obtenção de recursos financeiros. Entretanto, deve-se reconhecer que se torna muito difícil distinguir o crédito das outras formas de capital.

<sup>12</sup> A variável terra foi medida em termos de valor a fim de incorporar, explicitamente, as diferenças de qualidade e melhorias em terra. Convém notar que o mesmo conjunto de funções foi estimado com a terra medida em hectares, obtendo-se, em geral, elasticidades maiores do que para as funções em que a terra é medida em termos de valor.

Os resultados apresentados na Tabela 5 representam as funções Cobb-Douglas estimadas, as quais correspondem às funções CES apresentadas na seção anterior. A diferença reside na maior desagregação dos fatores nas funções Cobb-Douglas. Comparando esses resultados com as estimativas da CES, observa-se que: a) em geral, os  $R^2$  são mais elevados; b) as elasticidades parciais da mão-de-obra são menores, à exceção de três casos; e c) os coeficientes de retorno à escala são ainda unitários ou próximos de 1 (como nos casos das zonas do Sudeste Semi-Úmido e do Agreste – D e G – para as quais, estatisticamente, existem retornos crescentes à escala).

A comparação das elasticidades parciais de mão-de-obra, a partir da Cobb-Douglas com as participações da renda total da mão-de-obra (Tabela 6), permite verificar que as estimativas da primeira são bem próximas das participações calculadas.<sup>13</sup> Para quatro zonas (Vazio Demográfico, Meio Norte, Sertão e Sudeste Semi-Úmido), as diferenças não são estatisticamente diferentes de zero a níveis razoáveis de significância. Esse resultado não deve ser surpreendente, devido às propriedades da função de produção Cobb-Douglas. Entretanto, no caso da agricultura nordestina era de se supor um comportamento não maximizador de lucros por parte dos agricultores e a existência de várias imperfeições nos mercados.

A comparação do valor do produto marginal da mão-de-obra (avaliado na média geométrica de uso do insumo) e o salário (estimado a partir da amostra como a média ponderada das médias dos estratos da amostra), apresentada na Tabela 7, permite constatar que, em todos os casos, o salário excede o valor do produto marginal, o que está de acordo com a conjuntura de relativa abundância de mão-de-obra. Esses dados, entretanto, podem dar uma indicação não muito precisa da discrepância entre o valor do produto marginal e o salário, na medida em que as elasticidades da mão-de-obra dizem respeito tanto à mão-de-obra contratada (para a qual existe um sa-

<sup>13</sup> M. W. Reder, "An Alternative Interpretation of the Cobb-Douglas Function", in *Econometrica* (julho/outubro de 1943), pp. 259-264, discute o significado dessa comparação e chega à conclusão de que a igualdade entre as participações da mão-de-obra e os coeficientes da Cobb-Douglas não exclui as imperfeições no mercado de mão-de-obra.

TABELA 5  
*Funções de produção Cobb-Douglas, por zonas econômicas*

Variáveis	Zonas Econômicas							Nordeste
	A	B	C	D	E	F	G	
Constante.....	4.574*** (0.226)	4.126*** (0.234)	3.528*** (0.133)	1.561*** (0.474)	5.621*** (0.316)	4.628*** (0.841)	4.573*** (0.198)	4.086*** (0.085)
Valor da Terra.....	0.070* (0.0287)	0.185*** (0.030)	0.109*** (0.014)	0.435*** (0.053)	0.035 (0.030)	0.379 (0.038)	0.088*** (0.020)	0.123*** (0.0095)
Trabalho.....	0.679*** (0.0613)	0.463*** (0.052)	0.439*** (0.029)	0.525*** (0.103)	0.634*** (0.073)	0.651*** (0.054)	0.729*** (0.183)	0.562*** (0.021)
Inseticidas.....	0.086* (0.060)	-0.105 (0.09)	0.082*** (0.002)	0.146*** (0.040)	—	—	0.106*** (0.028)	0.056*** (0.014)
Fertilizante.....	—	—	—	—	0.058** (0.021)	—	—	0.053*** (0.010)
Crédito.....	0.015 (0.010)	0.021 (0.017)	0.042*** (0.009)	-0.001 (0.021)	0.040* (0.023)	—	0.057*** (0.013)	0.032*** (0.006)
Benefícios.....	0.029 (0.026)	0.052* (0.026)	0.158*** (0.019)	0.062 (0.068)	0.052* (0.036)	0.343** (0.129)	0.035 (0.028)	0.086*** (0.011)
Equipamentos.....	0.106 (0.020)	0.052** (0.018)	0.105*** (0.010)	0.029 (0.030)	0.070** (0.026)	0.047 (0.041)	0.041** (0.019)	0.080*** (0.007)
Gado.....	0.072*** (0.021)	0.081*** (0.0021)	0.096*** (0.014)	0.017 (0.032)	0.065** (0.021)	—	0.036*** (0.018)	0.070*** (0.0075)
$\sum \beta_i$ .....	1.057	0.749	1.029	1.213	0.954	1.420	1.111	1.062
$t(\sum \beta_i - 1)$ .....	0.865	-2.449	1.003	2.610***	-0.935	2.180*	2.577**	16.301***
$R^2$ .....	0.555	0.406	0.578	0.603	0.632	0.812	0.591	0.545
G. L.....	511	636	1.880	272	300	41	696	4.381

FONTE: Pesquisa SUDENE/Banco Mundial.

NOTAS: Ver Tabela 1 (a e b).



TABELA 6

*Comparação das elasticidades de produção da mão-de-obra nas funções CES e Cobb-Douglas e com a participação da mão-de-obra*

Zonas	Elasticidades da Mão-de-Obra		Participação da Mão-de-Obra <sup>a</sup>
	CES	Cobb-Douglas	
A	0,858	0,679	0,673
B	0,702	0,463	0,362
C	0,695	0,439	0,377
D	0,337	0,525	0,441
E	0,605	0,634	0,387
F	0,942	0,651	0,156
G	0,658	0,729	0,171

FONTE: Pesquisa SUDENE/Banco Mundial.

<sup>a</sup> A participação da mão-de-obra na renda bruta dos estabelecimentos. A mão-de-obra familiar foi avaliada ao salário médio pago pelos estabelecimentos na mesma classe de tamanho.

TABELA 7

*Comparação entre as produtividades marginais da mão-de-obra e o salário (Cr\$ por homem-ano)*

Zonas	Valor do Produto Marginal (VPMa)	Salário (W)	VPMa/W
A	1.314,44	2.239,8	0,59
B	1.129,21	1.808,6	0,62
C	1.033,85	1.760,1	0,59
D	1.112,03	2.659,7	0,42
E	1.775,06	2.452,5	0,72
F	1.525,30	2.579,6	0,59
G	1.445,51	2.693,6	0,54
Nordeste	1.803,79	2.050,1	0,88

FONTE: Pesquisa SUDENE/Banco Mundial.

lário) como à familiar. Em vista disso, parece justificável estimar as produtividades da mão-de-obra para dois grupos diferentes de estabelecimentos, os quais são definidos em função da participação relativa da mão-de-obra familiar. Na primeira subamostra estão os estabelecimentos que empregam mais a familiar do que a contratada ("estabelecimentos familiares"); na segunda, estão incluídos todos aqueles que, majoritariamente, empregam a contratada ("estabelecimentos não familiares").

Os resultados das regressões estimadas são apresentados na Tabela 8. Pode-se notar que, salvo poucas exceções, os dois conjuntos de regressão não são muito diferentes. O teste simultâneo para as diferenças entre os parâmetros das regressões (teste de Chou)<sup>14</sup> é negativo para todas as zonas, exceto para a do Agreste.

Entretanto, tomando-se em conta somente os coeficientes da variável mão-de-obra, surgem diferenças significantes na maioria dos casos, de tal forma que, mesmo reconhecendo a possível existência de erros de amostragem, vale a pena comparar as produtividades marginais e os salários para os dois conjuntos de estabelecimentos (Tabela 9).

Se se ignora a situação restritiva sob as quais os produtores operam e se considera a condição de maximização de lucros como padrão, pode-se perceber, claramente, através dos dados da Tabela 9, a tendência de emprego excessivo (e conseqüente pagamento em excesso) nos estabelecimentos familiares. Entretanto, se se leva em consideração a variabilidade da amostra (Tabela 10), as diferenças para os estabelecimentos não familiares mostram-se estatisticamente insignificantes para todas as zonas, à exceção das do Sertão (C) e da Mata (E). Por outro lado, para os estabelecimentos familiares as diferenças são significantes, à exceção da zona do Sudeste Úmido (F), ao nível de pelo menos 5%. Esse resultado sugere que a mão-de-obra familiar pode ter um salário implícito mais baixo do que o de mercado.

<sup>14</sup> Ver G. S. Chou, "Test of Equality between Sets of Coefficients in Two Linear Regressions", in *Econometrica*, vol. 28. Para todos os casos, exceto para a zona G, os resultados deste teste não permitem rejeitar a hipótese de que os dois conjuntos de coeficientes são iguais, ao nível de 5% de significância.

**TABELA 8**  
*Funções de produção Cobb-Douglas para estabelecimentos familiares (F) e não familiares (NF) <sup>a</sup>*

Variáveis	Zona A		Zona B		Zona C		Zona D		Zona E		Zona G		Norte/Deb	
	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F
Constante.....	4.873*** (0.364)	4.629*** (0.292)	4.629*** (0.300)	3.973*** (0.363)	4.499*** (0.219)	3.011*** (0.166)	3.602*** (0.885)	1.758*** (0.651)	6.239*** (0.431)	4.039*** (0.541)	5.716*** (0.322)	4.429*** (0.258)	4.790*** (0.122)	4.073*** (0.115)
Valor da Terra.....	0.689*** (0.019)	-0.6018 (0.041)	0.167*** (0.037)	0.168*** (0.043)	0.111*** (0.012)	0.085*** (0.033)	0.441*** (0.111)	0.307*** (0.064)	0.011 (0.036)	0.052 (0.057)	0.082*** (0.027)	0.061** (0.027)	0.100*** (0.013)	0.087*** (0.013)
Trabalho.....	0.770*** (0.081)	0.566*** (0.098)	0.451*** (0.066)	0.409*** (0.079)	0.433*** (0.041)	0.307*** (0.041)	0.426*** (0.124)	0.492*** (0.141)	0.708*** (0.068)	0.437*** (0.141)	0.784*** (0.075)	0.457*** (0.078)	0.1682*** (0.026)	0.510*** (0.031)
Inatividade.....	0.061 (0.068)	0.075 (0.162)	—	—	0.982*** (0.028)	0.080*** (0.033)	0.130** (0.042)	0.144* (0.077)	—	—	0.078*** (0.033)	0.185*** (0.047)	0.060*** (0.016)	0.043*** (0.028)
Fertilizantes.....	—	—	—	—	—	—	—	—	0.017* (0.023)	0.091* (0.055)	—	—	0.040*** (0.017)	0.062*** (0.019)
Crédito.....	0.0035 (0.026)	0.031 (0.03)	0.014 (0.026)	0.037 (0.030)	0.028*** (0.011)	0.048*** (0.013)	0.025 (0.022)	-0.110* (0.118)	0.020 (0.025)	0.092 (0.062)	0.023** (0.016)	0.030*** (0.021)	0.012*** (0.007)	0.047*** (0.016)
Beneficiárias.....	0.0059 (0.0036)	0.061 (0.038)	0.061** (0.034)	-0.0007 (0.037)	0.157*** (0.029)	0.127*** (0.025)	-0.071 (0.139)	0.085 (0.081)	-0.0012 (0.049)	0.0009 (0.0055)	-0.005 (0.04)	0.034 (0.034)	0.050*** (0.015)	0.058*** (0.015)
Equipamentos.....	0.071*** (0.024)	0.148*** (0.036)	0.034 (0.022)	0.077*** (0.035)	0.073*** (0.016)	0.101*** (0.014)	0.047 (0.032)	0.032 (0.059)	0.050* (0.028)	0.063 (0.052)	0.043* (0.024)	0.021 (0.029)	0.057*** (0.028)	0.092*** (0.011)
Grado.....	0.061*** (0.27)	0.093*** (0.038)	0.040 (0.026)	0.130*** (0.036)	0.077*** (0.016)	0.129*** (0.016)	-0.042 (0.047)	0.060 (0.048)	0.006* (0.049)	0.124** (0.043)	0.0012 (0.026)	0.088*** (0.023)	0.039*** (0.019)	0.107*** (0.011)
$\Sigma R^2$ .....	1.060	0.974	0.692	0.569	0.856	1.080	0.967	1.050	0.804	0.838	1.009	0.972	0.991	1.007
$R^2$ .....	0.609	0.428	0.369	0.355	0.555	0.535	0.509	0.446	0.646	0.361	0.480	0.426	0.628	0.435
G.L.....	237	206	378	250	898	984	132	132	194	109	327	361	2.215	2.146

FONTE: Pesquisa SUDENE/Banco Mundial.  
<sup>a</sup> Estabelecimentos familiares são aqueles em que 50% ou mais do emprego total do estabelecimento são proporcionados pela família.  
<sup>b</sup> Para a zona F não foi possível estimar funções de produção separadas para os dois grupos devido ao número muito pequeno de observações para os estabelecimentos familiares.

TABELA 9  
*Comparação entre os valores dos produtos marginais (VPMa)  
e salários (W)<sup>a</sup>*

Zonas	Estabelecimentos Não Familiares			Estabelecimentos Familiares		
	VPMa	W	VPMa/W	VPMa	W	VPMa/W
A	2 328,3	1 910,8	1,22	1 001,6	1 724,1	0,58
B	2 006,0	1 686,4	1,19	931,9	1 448,9	0,64
C	2 648,9	1 724,9	1,54	977,5	1 353,8	0,72
D	2 427,6	2 598,8	0,93	7 770,1	1 953,0	0,39
E	3 658,5	2 609,0	1,40	1 013,3	1 921,6	0,53
G	3 503,9	2 895,4	1,21	982,9	1 648,9	0,60
Nordeste	2 788,4	2 108,7	1,32	1 080,2	1 532,5	0,70

<sup>a</sup> Média aritmética dos salários (Cr\$ por homem-ano).

TABELA 10  
*Teste de igualdade entre as produtividades marginais (VPMa)  
e salários (W)*

Zonas Econômicas	Estabelecimentos Não Familiares			Estabelecimentos Familiares		
	VPMa -- W	"t"	G.L.	VPMa -- W	"t"	G.L.
A	417.5 (244.9)	1.70	237	-722.5 (104.58)	-4.39	266
B	319.6 (293.57)	1.09	378	-517.0 (179.99)	-2.87	250
C	924.0 (214.22)	4.31	888	-376.30 (94.07)	-4.00	984
D	-171.20 (706.65)	-0.24	132	-1 182.9 (270.80)	-4.37	132
E	1 049.5 (444.40)	2.36	184	-908.3 (325.99)	-2.79	109
G	618.5 (335.20)	1.85	327	-666.00 (154.26)	-4.32	361
Nordeste	679.7 (124.57)	5.46	2.226	-452.20 (65.67)	-6.89	2.146

FONTE: Pesquisa SUDENE/Banco Mundial.

### 3.1 — Produtividade e uso de insumos modernos

A despeito da baixa fertilidade dos solos do Nordeste e da alta incidência de pragas e doenças, é pequeno o uso de fertilizantes e de pesticidas na agricultura nordestina. Esse baixo nível de uso pode ser explicado, em parte, pela abundância relativa de terra. A fim de examinar essa questão estimou-se funções de produção para subamostras de estabelecimentos que usam esses insumos. Foram considerados três conjuntos de estabelecimentos em quatro zonas econômicas<sup>15</sup> e para o Nordeste como um todo para estabelecimentos que empregam inseticidas (e outros pesticidas), fertilizantes e ambos os insumos.

Os resultados são apresentados nas Tabelas 11 e 12. Comparando-se as estimativas apresentadas na Tabela 11 com aquelas da Tabela 5, torna-se claro que o fato de se restringir a amostra àqueles que usam tais insumos fez com que as elasticidades de produção, dos mesmos fatores, tenham aumentado. Os coeficientes das demais tendem também a modificar-se, mas as mudanças mostram alguma correlação com a mudança no coeficiente do insumo químico (inseticida ou fertilizante) somente para a terra. Ademais, as magnitudes dos coeficientes permanecem essencialmente as mesmas.

Por outro lado, os resultados apresentados na Tabela 12 mostram que um aumento relativo no uso de fertilizantes e/ou inseticidas produz um decréscimo substancial — embora menos do que proporcional — na sua produtividade marginal.

As taxas marginais de retorno (negativas) sugerem um uso excessivo de fertilizantes por parte dos plantadores de cana da Zona da Mata (Leste Úmido — E) e para os que usam fertilizantes no Nordeste como um todo. Ao contrário, para inseticidas, as estimativas apresentadas sugerem que, apesar de um declínio na produtividade, os níveis atuais de uso são tão baixos que poderiam ser aumentados com taxas marginais de retorno positivas.

<sup>15</sup> Nessas zonas (C, D, E e G) está concentrado o uso de inseticidas e/ou fertilizantes. Para a zona F não existe suficiente variabilidade, enquanto que para as zonas A e B a incidência de uso desses insumos é muito baixa.

TABELA II

*Funções de produção Cobb-Douglas para os estabelecimentos que usam fertilizantes e/ou inseticidas, para zonas selecionadas e Nordeste*

Variáveis	Zonas						Nordeste	
	C	D	E	G	Grupo Inseticidas	Grupo Fertilizantes	Inseticidas e Fertilizantes	
Constante.....	3.518*** (0.280)	0.938 (0.921)	4.485*** (0.610)	4.614*** (0.295)	4.241*** (0.186)	4.117*** (0.347)	4.438*** (0.405)	
Valor da Terra.....	0.088*** (0.028)	0.308*** (0.089)	0.016 (0.053)	0.041*** (0.024)	0.076*** (0.017)	0.031 (0.024)	0.033 (0.026)	
Trabalho.....	0.335*** (0.055)	0.596*** (0.188)	0.804*** (0.015)	0.735*** (0.078)	0.610*** (0.043)	0.752*** (0.076)	0.752*** (0.090)	
Inseticidas.....	0.110*** (0.031)	0.301*** (0.071)	—	0.151*** (0.041)	0.146*** (0.022)	—	0.056 (0.039)	
Fertilizantes.....	—	—	0.211** (0.074)	—	—	0.158*** (0.040)	0.147** (0.051)	
Crédito.....	0.013 (0.012)	-0.049 (0.040)	0.021 (0.380)	0.075*** (0.016)	0.031*** (0.009)	-0.913 (0.023)	0.008 (0.011)	
Benefitorias.....	0.143 (0.043)	0.133 (0.147)	0.013 (0.065)	0.066 (0.045)	0.063** (0.027)	0.138*** (0.041)	0.082* (0.043)	
Equipamentos.....	0.147 (0.018)	0.048 (0.058)	-0.036 (0.041)	0.004 (0.021)	0.092*** (0.014)	0.045* (0.021)	0.029 (0.024)	
Gado.....	0.128 (0.026)	0.093 (0.061)	0.094* (0.041)	0.062** (0.026)	0.087*** (0.016)	0.033 (0.023)	0.041 (0.027)	
$\sum \beta_i$ .....	0.964	1.430	1.123	1.134	1.105	1.144	1.148	
$R^2$ .....	0.600	0.668	0.767	0.623	0.563	0.735	0.795	
G. L.....	472	99	64	310	1.102	223	133	

FONTE: Pesquisa SUDENE/Banco Mundial.

NOTAS: Ver Tabela I (a e b).

TABELA 12  
*Comparação das produtividades dos insumos modernos para zonas  
 selecionadas e Nordeste*

	Zona C		Zona D		Zona E <sup>a</sup>		Zona G	
	Todos os Estabelecimentos	Somente os que Usam	Todos os Estabelecimentos	Somente os que Usam	Todos os Estabelecimentos	Somente os que Usam	Todos os Estabelecimentos	Somente os que Usam
Médias Geométricas	6700.9	13658.2	1083.1	7796.2	7442.0	24140.8	7548.4	12411.0
Produto, Cr\$/Estabelecimento.....	1.71	8.31	3.11	19.51	2.11	2901.55	3.32	14.26
Uso Médio Insumo (kg).....	3911.5	1643.5	2280.7	299.6	3529.7	8.32	2273.61	370.30
Produto Médio (Cr\$/kg).....	0.082	0.110	0.146	0.301	0.058	0.211	0.106	0.151
Elasticidade.....	13.32	7.07	11.19	3.40	5.18	-0.95	11.54	5.19
Taxa Marginal de Retorno.....								
Elasticidade-Arco do PMab.....	-0.363		-0.555		-0.660			-0.416

  

	Nordeste <sup>c</sup>		Nordeste <sup>d</sup>	
	Todos os Estabelecimentos	Usam Inseticidas	Usam Inseticidas e Fertilizantes	Usam Fertilizantes e Inseticidas
Médias Geométricas	6664.8	12383.2	27689.2	27689.2
Produto, Cr\$/Estabelecimento.....	1.87	11.78	51.5	1876.0
Uso Médio Insumo (kg).....	3572.0	1050.7	537.64	14.76
Produto Médio (Cr\$/kg).....	0.056	0.146	0.056	0.147
Elasticidade.....	9.00	6.67	0.51	-0.93
Taxa Marginal de Retorno.....				
Elasticidade-Arco do PMab.....		-0.554		-0.472

<sup>a</sup> Refere-se a uso de fertilizantes. Para as demais zonas, refere-se a uso de inseticidas.  
<sup>b</sup> Elasticidade-arco da produtividade marginal em relação ao aumento no uso do insumo.  
<sup>c</sup> Refere-se aos estabelecimentos que usam inseticidas.  
<sup>d</sup> Refere-se aos estabelecimentos que usam fertilizantes.

Esses resultados são interessantes na medida em que proporcionam suporte quantitativo à opinião de muitos extensionistas de que os plantadores de cana estão usando fertilizantes a níveis superiores ao que seria economicamente recomendável.

### 3.2 — Pequenos *versus* grandes estabelecimentos

A questão de retornos à escala é relacionada com a eficiência dos pequenos estabelecimentos *versus* os grandes estabelecimentos, uma vez que a magnitude do coeficiente de escala poderia apresentar tendenciosidade, para cima, por causa da habilidade empresarial e de outras variáveis correlacionadas com o tamanho. A fim de explorar essa dimensão do problema usa-se, a seguir, a abordagem da análise de covariância através da introdução de variáveis mudas representando cinco tamanhos (discretos) dos estabelecimentos<sup>16</sup> nas funções de produção estimadas para as sete zonas e para a amostra total. Além dessas variáveis, outras são introduzidas para testar a hipótese de interseções mais altas associadas com: a) existência de parceria; e b) três tipos de equipamentos: irrigação, tração mecânica e tração animal.

Os resultados são apresentados nas Tabelas 13 e 14. Comparando-se os resultados apresentados nas Tabelas 5 e 14, para as variáveis escalares, os coeficientes não são estatisticamente diferentes ao nível de 5% (segundo teste de Chou) nas regressões das zonas A, B, D e E. Entretanto, são estatisticamente diferentes para as zonas C, F e G e para o Nordeste como um todo. Deve-se notar, também, que para essas três zonas há uma redução sensível no coeficiente de escala. Para essas, os retornos à escala parecem ser decrescentes.

Quanto ao desempenho das variáveis mudas (Tabela 13), os coeficientes das variáveis que indicam a classe de tamanho e a presença de parceiros tendem a ser significantes a altos níveis de confiança. Esse comportamento, à sua vez, é notável, não só pelo alto nível de significância, como também devido à constância dos sinais: são sempre negativos (exceto na zona E) e, em geral, o valor dos coeficientes cresce dos estratos menores para os maiores.

<sup>16</sup> As classes de tamanho são: 0 — 9.9; 10 — 49.9; 50 — 99.9; 100 — 199.9; 200 — 499.9; e + 500 hectares.



**TABELA 13**  
*Análise de variáveis mudas (dummy) dos efeitos de tamanho do estabelecimento, parceria e três tipos de equipamento. Coeficientes das variáveis mudas, por zonas econômicas e Nordeste*

Variáveis Mudadas	Zonas Econômicas							Nordeste <sup>a</sup>
	A	B	C	D	E	F	G	
Constante.....	4.917*** (0.282)	5.616*** (0.293)	4.766*** (0.210)	2.500*** (0.801)	5.454*** (0.576)	8.106*** (1.608)	5.511*** (0.374)	4.984*** (0.116)
Estrato 1.....	-0.316 (0.212)	-1.122*** (0.235)	-0.896*** (0.148)	-0.807*** (0.490)	-0.309 (0.414)	-3.061* (1.276)	-0.792** (0.286)	-0.834*** (0.085)
Estrato 2.....	-0.232 (0.158)	-0.963*** (0.168)	-0.551*** (0.110)	-0.025 (0.343)	0.688 (0.366)	-2.104* (1.079)	-0.499** (0.286)	-0.521*** (0.085)
Estrato 3.....	-0.241 (0.160)	-0.796*** (0.157)	-0.422** (0.114)	-0.023 (0.306)	0.310 (0.373)	-1.581 (1.105)	-0.519* (0.242)	-0.435*** (0.067)
Estrato 4.....	-0.090 (0.154)	-0.688*** (0.138)	-0.350*** (0.108)	-0.493* (0.028)	0.560 (0.357)	-1.251 (1.049)	-0.205 (0.230)	-0.330*** (0.063)
Estrato 5.....	-0.102 (0.130)	-0.546*** (0.116)	-0.167*** (0.107)	-0.104 (0.258)	0.545 (0.366)	-1.258 (1.123)	-0.067 (0.238)	-0.228*** (0.061)
Estabelecimento Familiar <sup>b</sup> .....	-0.353*** (0.095)	-0.430*** (0.093)	-0.340*** (0.040)	-0.703*** (0.166)	-0.810*** (0.148)	-0.0001 (0.379)	-0.612*** (0.097)	-0.487*** (0.035)
Parceiros.....	0.114 (0.213)	1.011*** (0.123)	0.666*** (0.061)	0.791* (0.347)	0.848 (0.590)	—	0.835*** (0.198)	0.761*** (0.052)
Equipamento para Irrigação.....	-0.722 (0.306)	-0.247 (0.634)	0.136 (0.196)	-0.820 (1.138)	0.080 (1.186)	—	0.233 (0.348)	-0.018 (0.164)
Equipamento Mecânico.....	-0.056 (0.184)	-0.152 (0.172)	0.073 (0.081)	0.358 (0.261)	0.051 (0.233)	0.263 (0.214)	-0.028 (0.135)	0.084 (0.058)
Equipamento Tração Animal	0.031 (0.130)	-0.154 (0.159)	0.233 (0.063)	-0.460 (0.212)	0.167 (0.220)	0.111 (0.561)	-0.093 (0.113)	-0.041 (0.046)
R <sup>2</sup> .....	0.560	0.514	0.623	0.640	0.645	0.869	0.614	0.589
G.L.....	502	627	1.871	0.263	292	32	687	4.366

FONTE: Pesquisa SUDENE/Banco Mundial.

<sup>a</sup> Com variáveis mudas regionais.

<sup>b</sup> Com a especificação alternativa, que não inclui as variáveis mudas relativas ao tamanho.

TABELA 14

*Análise de variáveis mudas (dummy) dos efeitos de tamanho do estabelecimento, parceria e três tipos de equipamento. Coeficientes das variáveis escalares, por zonas econômicas e Nordeste*

Variáveis	Zonas Econômicas							Nordeste
	A	B	C	D	E	F	G	
Valor da Terra.....	0.045 (0.032)	0.073** (0.030)	0.067*** (0.015)	0.354*** (0.062)	0.008*** (0.034)	0.026 (0.062)	0.060** (0.020)	0.096*** (0.009)
Trabalho.....	0.679*** (0.062)	0.518*** (0.050)	0.477*** (0.028)	0.511*** (0.102)	0.623*** (0.075)	0.505* (0.207)	0.674*** (0.056)	0.603*** (0.020)
Inseticidas.....	0.087 (0.060)	-0.164 (0.158)	0.060** (0.021)	0.138*** (0.038)	—	—	0.112*** (0.027)	0.047*** (0.013)
Fertilizantes.....	—	—	—	—	0.050** (0.022)	—	—	0.063*** (0.010)
Crédito.....	0.017 (0.017)	0.019 (0.015)	0.036*** (0.008)	-0.014 (0.021)	0.038 (0.024)	—	0.061*** (0.013)	0.021*** (0.005)
Benefetorias.....	0.028 (0.027)	0.031 (0.024)	0.088*** (0.019)	0.062 (0.046)	0.026 (0.038)	0.174 (0.173)	0.011 (0.028)	0.063*** (0.011)
Equipamentos.....	0.106 (0.081)	0.078*** (0.025)	0.055*** (0.015)	0.043 (0.046)	0.052*** (0.040)	0.024 (0.044)	0.036 (0.027)	0.052*** (0.010)
Gado.....	0.072 (0.021)	0.070*** (0.019)	0.085*** (0.011)	0.026 (0.033)	0.069** (0.025)	-0.080 (0.098)	0.045*** (0.019)	0.071*** (0.007)
$\Sigma\beta_i$ .....	1.034	0.625	0.868	1.120	0.866	0.699	0.900	1.016

FONTE: Pesquisa SUDENE/Banco Mundial.

Esse resultado sugere que os estabelecimentos menores estão localizados em interseções progressivamente mais baixas das funções de produção do que os maiores. Esse efeito é reforçado pela presença de parceiros, que é típica dos grandes estabelecimentos.

Para as zonas C, F e G, o efeito do tamanho é contrabalançado por deseconomias de escala, de tal modo que somente a baixos níveis de uso dos fatores os grandes estabelecimentos têm vantagem sobre os pequenos.

Evidentemente, essas conclusões são condicionadas à hipótese de que tanto os pequenos como os grandes estabelecimentos operam com funções de produção Cobb-Douglas que diferem somente pela magnitude do termo constante. Essa hipótese pode ser testada, indiretamente, através da comparação das funções de produção estimadas para os estabelecimentos familiares e para os não familiares (ver Tabela 8).

#### 4 — Desagregação das funções de produção

Nas análises precedentes, a produção foi definida em termos agregados. Entretanto, dada a diversidade dos componentes da produção, é de se supor que as características de economias de escala e de produtividade dos insumos variem com essa diversidade, tanto entre estabelecimentos de diferentes tamanhos como entre as zonas. Assim, examinam-se, a seguir, funções de produção em que a desagregação é tomada sob duas formas: primeiro, utilizam-se funções de produção do tipo Cobb-Douglas para subamostras de estabelecimentos estratificados com base nos sistemas de produção e, segundo, tenta-se desagregar a produção de lavouras para subconjuntos de estabelecimentos a fim de examinar as relações entre culturas e insumos específicos.

A Tabela 15 apresenta estimativas de funções Cobb-Douglas referentes a cinco sistemas principais: arroz, algodão, cacau, cana-de-açúcar e mistas.<sup>17</sup> A produção de arroz é prevalecente nas zonas do

<sup>17</sup> Esses sistemas foram isolados através da aplicação do critério da contribuição (50% ou mais) do produto ou grupo de produtos na produção total do estabelecimento.

Meio Norte (B) e Vazio Demográfico (A) e, em geral, é plantado em associação com milho, feijão e mandioca. O algodão é prevalente no Sertão Semi-Árido (C), em consorciação com milho, feijão e mandioca. Já a cana-de-açúcar e o cacau são produtos típicos do Leste Úmido (E) e do Sudeste Úmido (F), respectivamente, e são cultivados em estabelecimentos do tipo *plantation*. Finalmente, os sistemas mistos de subsistência são típicos do Agreste (G) e, em certa medida, dos pequenos estabelecimentos da região semi-árida. Esses sistemas consistem basicamente nos consórcios de várias lavouras de subsistência: milho, feijão e mandioca.

Os resultados apresentados na Tabela 15, para as elasticidades da terra,<sup>18</sup> em geral parecem consistentes com as estimativas feitas para as zonas econômicas (Tabela 5). O mesmo ocorre com as elasticida-

TABELA 15

*Função de produção Cobb-Douglas, por sistemas de produção — Nordeste*

Variáveis	Arroz	Algodão	Cana-de-Açúcar	Cacau	Mistas
Constante.....	4.841*** (0.179)	4.088*** (0.127)	4.731*** (0.352)	4.828*** (0.451)	4.943*** (0.138)
Terra de Cultura..	0.157*** (0.0304)	0.174*** (0.0235)	0.158** (0.0693)	0.667 (0.0847)	0.211*** (0.0234)
Trabalho.....	0.804*** (0.0565)	0.639*** (0.0377)	0.723*** (0.0908)	0.870*** (0.114)	0.601*** (0.0381)
Inseticidas.....	0.00288 (0.0546)	0.00961 (0.0265)	— —	— —	0.0782*** (0.0248)
Crédito.....	0.0181 (0.0162)	0.0468*** (0.0113)	— —	— —	0.0206* (0.0110)
Fertilizantes.....	— —	— —	0.0863*** (0.0185)	— —	— —
Benfeitorias.....	0.0200 (0.0242)	0.0763*** (0.0206)	0.124** (0.0455)	0.273*** (0.0656)	0.0283 (0.0200)
Equipamentos.....	0.0683*** (0.0186)	0.103*** (0.0135)	0.442* (0.0230)	0.0407 (0.0319)	0.0717*** (0.0138)
Gado.....	0.0315* (0.0192)	0.0577*** (0.0128)	— —	— —	0.0579 (0.0139)
$\Sigma\beta_i$ .....	1.1018	1.1064	1.1355	1.2504	1.0687
$t(\Sigma\beta_i - 1)$ .....	1.087	2.844	2.046	3.211	2.162
$R^2$ .....	0.5689	0.5857	0.6916	0.7985	0.5832
G.L.....	463	1.221	205	93	1.097

NOTA: Ver Tabela 1 (b).

<sup>18</sup> Nesse caso, a variável terra foi medida em termos de área (hectares).

des para benfeitorias e equipamentos. Para a mão-de-obra, entretanto, as elasticidades são mais altas agora do que no caso anterior, o que pode ser justificado pela maior intensidade de uso de mão-de-obra em atividades de lavoura *vis-à-vis* as de pecuária.

Quanto às variáveis de capital (terra, gado, benfeitorias e equipamentos), torna-se relevante a comparação das taxas marginais de retorno, as quais são apresentadas na Tabela 16. Deve-se notar, pelos resultados, que as produtividades marginais por unidade de investimento são baixas para terra e benfeitorias, exceto para a zona do Sudeste Úmido (F) e para o cacau. As maiores taxas de retorno estão associadas aos equipamentos e, em seguida, aos investimentos em gado.

Por sua vez, os retornos à escala são, à exceção do arroz, maiores do que 1. Os testes demonstram que, estatisticamente, há prevalência de retornos crescentes à escala.

Com base na estimativa dos retornos à escala, pode-se notar que a ordenação dos sistemas (Tabela 17) é consistente com o grau de

TABELA 16

*Taxas marginais de retorno dos insumos de capital*

Zonas e Sistemas de Produção	Terra	Gado	Benfeitorias	Equipamentos
A.....	0.02	0.06	0.02	12.17
B.....	0.04	0.14	0.05	8.08
C.....	0.04	0.17	0.01	7.50
D.....	0.06	0.02	0.02	3.07
E.....	0.009	0.32	0.04	7.87
F.....	0.17	—	0.53	28.00
G.....	0.03	0.16	0.03	2.87
Arroz.....	0.03	0.07	0.03	11.95
Algodão.....	0.05	0.10	0.04	6.70
Cana-de-Açúcar.....	0.01	—	0.11	2.72
Cacau.....	0.21	—	0.28	18.00
Mistas.....	0.07	0.17	0.03	5.27

FONTE: Pesquisa SUDENE/Banco Mundial.

especialização dos estabelecimentos. Assim, pode-se especular que as economias de escala surgem do caráter de *plantation* do sistema agrícola, o qual parece ser altamente correlacionado com as características geoagrícolas e com a história do desenvolvimento do Nordeste. Se essa especulação for aceita, sugere-se cuidado em se derivar conclusões a respeito de esquemas de redistribuição de terra com base no coeficiente de retornos à escala, uma vez que esse, provavelmente, depende da combinação de produtos. Para explorações diversificadas, os retornos parecem ser constantes. Portanto, do ponto de vista do desenvolvimento da agricultura nordestina, uma questão importante que surge é se seria possível e lucrativo substituir a monocultura pela agricultura diversificada.

Na maior parte da agricultura nordestina, à exceção da Zona da Mata (E) e do Sudeste Úmido (F), a produção agrícola representa combinações de culturas de alto valor e comercializadas (algodão, arroz, por exemplo) com culturas de subsistência (milho, feijão e mandioca). Em geral essas culturas são consorciadas, de tal forma que, mesmo para as operações específicas, torna-se muito difícil separar as quantidades de insumos que são aplicadas em cada cultura.

TABELA 17

*Ordenação dos sistemas de produção segundo a intensidade dos retornos à escala*

Sistemas	Zonas de Concentração	Coeficiente de Escala
Cacau.....	F	1.25
Cana-de-Açúcar.....	E	1.14
Algodão.....	C, G	1.11
Arroz.....	A, B	1.10
Mistas.....	G, D	1.07

FONTE: Pesquisa SUDENE/Banco Mundial.

Essas combinações de culturas podem ser analisadas com funções de produção com múltiplos produtos e insumos, do tipo:

$$Y_1^{\alpha_1} Y_2^{\alpha_2} \dots Y_h^{\alpha_h} = \beta_0 X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} \dots X_k^{\beta_k} \quad (3)$$

onde  $Y_i$  é o  $i$ -ésimo produto e  $X_j$  o  $j$ -ésimo insumo.

A forma funcional (3), proposta por Plaxico,<sup>19</sup> é, segundo Mundlak,<sup>20</sup> inconsistente com a maximização de lucros. A expressão do lado esquerdo de (3) pode ser interpretada como a forma Cobb-Douglas nos diferentes produtos ou, de modo mais simples, como a média geométrica com um sistema endógeno de pesos. Essa última interpretação sugere que a forma (3) pode ser utilizada para testar a tendenciosidade da agregação resultante do uso do agregado  $\sum P_i Y_i$ , onde  $P_i$  é o preço do  $i$ -ésimo produto.<sup>21</sup>

Para qualquer combinação de produtos (lavouras), de relevância empírica, os estabelecimentos podem ser agrupados de acordo com dois critérios: primeiro, da amostra geral podem ser separadas subamostras (justapostas) de estabelecimentos que produzem combinações selecionadas; segundo, podem ser separados grupos de estabelecimentos mutuamente exclusivos, que produzem numa única combinação de lavouras.

Utilizando-se o segundo critério,<sup>22</sup> pode-se fazer uma análise mais específica dos processos de produção conjunta. Para tal, pode-se empregar a forma transcendental da função de produção múltipla:

$$Y_1^{\alpha_1} Y_2^{\alpha_2} \dots Y_h^{\alpha_h} \text{ e } \gamma \sum_{i=1}^h P_i Y_i = A X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} \dots X_k^{\beta_k} \quad (4)$$

19 J. S. Plaxico, "Problems of Factor - Product Aggregation in Cobb-Douglas Value Productivity Analysis", in *Journal of Farm Economics*, vol. 37, pp. 664-675.

20 Y. Mundlak, "Specification and Estimation of Multiproduct Production Functions", in *Journal of Farm Economics*, vol. 45, n.º 2 (maio de 1963), pp. 433-445.

21 Ver E. O. Heady e J. L. Dillon, *Agricultural Production Functions*, (Ames, Iowa: Iowa State University Press, 1960), pp. 226-229, para discussão dos problemas de agregação gerados pelo uso de médias aritméticas.

22 Ver P. L. Scandizzo e G. Kutcher, *op. cit.*, que apresentam os resultados da aplicação do primeiro critério, os quais mostram que prevalecem retornos constantes à escala para combinações fixas de culturas.

onde:

$Y_i = i$ -ésimo produto ( $i = 1, \dots, 5$ );

$X_j = j$ -ésimo insumo ( $j = 1, \dots, 6$ );

$\sum_{i=1}^h P_i Y_i =$  valor da produção (em cruzeiros).

Os produtos considerados são: arroz, algodão, milho, feijão e mandioca. Os insumos são: valor da terra, trabalho, inseticidas, créditos, equipamentos e benfeitorias.

Conforme demonstrado por Mundlak,<sup>23</sup> as estimativas de (4) serão consistentes com a maximização de lucros se:

$$\alpha_i < 0, \beta_j > 0 \text{ e } \gamma > \frac{\alpha_i}{Y_i} \text{ para todo } i, j.$$

As correlações canônicas e as estimativas dos coeficientes da função de produção transcendental são apresentadas na Tabela 18.

Pode-se notar que, em todos os casos, as estimativas indicam  $\alpha_i > 0$ , o que implica que as curvas de transformação são convexas em relação à origem,<sup>24</sup> sugerindo, portanto, que os produtores que maximizam lucros deveriam especializar-se na produção de um único produto.

Os resultados ainda indicam que certas combinações de lavouras, especialmente aquelas que incluem mandioca e excluem algodão, tendem a ser, comparativamente, mais elásticas em relação a trabalho e menos com relação a inseticidas e crédito. Esse resultado talvez não seja surpreendente, uma vez que a mandioca é bastante intensiva no uso de mão-de-obra e é plantada após a terra ter sido utilizada com o plantio de milho e feijão por vários anos. Ademais, as pragas e doenças da mandioca são raras e, conseqüentemente, os

<sup>23</sup> Mundlak, *op. cit.*

<sup>24</sup> Esse resultado pode não ser surpreendente nesse tipo de estudo. Ver, por exemplo, M. Kaminsky, "Estimación de Hipersuperficies de Producción de Producto Múltiple Libres de Sesgo Empresarial: Um Análisis Multivariado", in *Cuadernos de Economía* (agosto de 1974), pp. 65-89.



TABELA 18  
*Funções de produção múltiplas transcendentais — Nordeste*

Coeficientes das Variáveis	Combinação de Produtos					
	1	2	3	4	5	6
Arroz.....	—	—	—	—	0.072	0.128
Algodão.....	0.286	0.316	—	—	—	—
Milho.....	0.171	0.271	0.384	0.287	0.119	0.328
Feijão.....	0.140	0.100	0.271	0.232	0.182	0.352
Mandioca.....	0.186	—	—	0.303	0.142	—
Exp. (Valor da Produção).....	0.006 10 <sup>-3</sup>	0.010 10 <sup>3</sup>	0.030 10 <sup>-3</sup>	0.011 10 <sup>3</sup>	0.012 10 <sup>-3</sup>	0.001 10 <sup>3</sup>
Valor da Terra.....	0.087	0.102	0.146	0.138	0.022	0.237
Mão-de-Obra.....	0.623	0.360	0.666	0.869	0.786	0.523
Inseticidas.....	0.119	0.177	0.132	0.011	0.094	0.060
Crédito.....	0.030	0.056	0.010	—0.024	0.094	0.060
Equipamentos.....	0.080	0.131	0.103	0.024	0.136	0.133
Benefetorias.....	0.122	0.159	0.018	0.107	0.090	0.053
Soma dos Coeficientes.....	1.061	0.985	1.075	1.125	1.222	1.066
Primeira Correlação Canônica.....	0.695	0.662	0.483	0.586	0.635	0.636
Número de Observações.....	230	637	484	979	185	336

FONTE: Pesquisa SUDENE/Banco Mundial.

inseticidas e pesticidas não são usados, ou, quando o são, provavelmente não têm impacto substancial.<sup>25</sup>

As produtividades marginais para as combinações de lavouras mais comuns (algodão, milho, feijão e mandioca) são apresentadas na Tabela 19.

Os resultados indicam uma amplitude de variação dos valores estimados relativamente pequena. Entretanto, para o feijão, nota-se que as produtividades são consistentemente mais altas para todos os fatores considerados. Por outro lado, a taxa de transformação dessa cultura é a mais baixa, de tal forma que aumentos em sua

TABELA 19

*Valor da produtividade marginal, por cultura (Cr\$ por unidade de insumo na média geométrica)*

*Sistema de produção: algodão — milho — feijão — mandioca*

	Algodão	Milho	Feijão	Mandioca
Valor da Terra.....	0,017	0,013	0,030	0,012
Mão-de-Obra (Cr\$/homem-ano)....	1.248,00	897,21	2.179,85	831,36
Inseticidas (Cr\$/kg).....	162,60	233,73	567,86	216,57
Crédito.....	12,11	1,51	3,67	1,40
Equipamentos.....	2,94	2,11	5,13	1,95
Benfeitorias.....	0,06	0,05	0,11	0,04
Algodão <sup>a</sup> .....	—	—0,72	—1,75	—0,67
Milho.....	—1,39	—	—2,43	—0,93
Feijão.....	—0,57	—0,41	—	—0,38
Mandioca.....	—1,50	—1,08	—2,62	—

FONTE: Pesquisa SUDENE/Banco Mundial.

<sup>a</sup> Os valores das quatro últimas linhas (culturas) podem ser interpretados como as taxas marginais de transformação, expressas em cruzeiros.

<sup>25</sup> Ver *Present Situation of Production, Uses, Commercialization and Improvement of Manioc in NE Brazil*, estudo preparado para a USAID pela Universidade da Georgia (EUA), em colaboração com a SUDENE (agosto de 1971), mimeo.

produção são acompanhados por decréscimos menos do que proporcionais nas outras três culturas. Deve-se reconhecer que essas conclusões são tentativas e não se referem à aplicação direta de qualquer insumo a um produto específico, mas tão-somente à imputação *ex-post* que foi obtida através da estimativa da função de produção conjunta.

Como indicado anteriormente, as funções estimadas não são, simultaneamente, consistentes com a diversificação da produção e com a maximização de lucro, uma vez que as curvas de transformação são convexas em relação à origem. Essa característica pode ser devida a vários fatores: primeiro, à forma funcional escolhida; segundo, pode não existir interdependências relevantes entre os produtos considerados; terceiro, os produtores podem estar maximizando utilidades em vez dos lucros e, sendo avessos aos riscos, podem estar ainda assim produzindo um conjunto (misto) de bens em vez de se especializarem.

As primeira e terceira hipóteses podem ser testadas através do ajustamento de uma função de produção conjunta que force a concavidade "correta" da curva de transformação. A função de elasticidade de transformação constante (CET), proposta por Powell e Gruen,<sup>26</sup> presta-se a esse propósito:

$$a_1 Y_1^{1-\delta} + a_2 Y_2^{1-\delta} + \dots + a_h Y_h^{1-\delta} = b_1 X_1^{1+\delta^*} + b_2 X_2^{1+\delta^*} + \dots + b_k X_k^{1+\delta^*} \quad (5)$$

onde:

$$\delta = 1 + \tau;$$

$\tau$  = elasticidade (constante) de transformação;

$$\delta^* = 1/\sigma;$$

$\sigma$  = elasticidade (constante) de substituição.

<sup>26</sup> A. A. Powell e F. H. Gruen, "The Constant Elasticity of Transformation Production Frontier and Linear Supplies System", in *International Economic Review*, vol. IX, n.º 3 (outubro de 1968), pp. 322-331.

TABELA 20

*Funções de produção com elasticidade constante de transformação (CET) para o Nordeste*

Combinações de Produtos	Coefficientes de Primeira	Correlação Canônica	Número de Observações			
Algodão-Milho-Feijão-Mandioca.....	0,684	0,768	0,779	0,796	0,804	230
Algodão-Milho-Feijão.....	0,546	0,624	0,634	0,649	0,653	979
Milho-Feijão.....	0,437	0,512	0,521	0,533	0,536	637
Milho-Feijão-Mandioca.....	0,574	0,686	0,708	0,748	0,765	484
Arroz-Milho-Feijão-Mandioca.....	0,766	0,862	0,876	0,900	0,910	185
Arroz-Milho-Feijão.....	0,693	0,869	0,894	0,931	0,934	336
Arroz-Feijão.....	0,780	0,832	0,834	0,830	0,825	47
Arroz-Milho.....	0,494	0,550	0,560	0,577	0,584	240
Elasticidade de Transformação.....	-2	-4	-5	-10	-20	

FONTE: Pesquisa SUDENE/Banco Mundial.

Supondo-se a restrição de simetria, isto é,  $\tau = -\sigma$ , a equação (5) pode ser estimada através de métodos de correlação canônica para diferentes valores de  $\tau$ . Os resultados são apresentados na Tabela 20.

Os dados revelam que, para todas as combinações, exceto arroz-feijão, o coeficiente da primeira correlação canônica aumenta à medida que sobe o valor da elasticidade de transformação. Conseqüentemente, exceto para a combinação arroz-feijão, uma função linear parece proporcionar o melhor ajustamento aos dados. Se se mantém a hipótese de produção conjunta, os dados parecem dar suporte à hipótese de que as curvas de transformação entre diferentes produtos são convexas em relação à origem ou, no caso limite da função considerada, lineares. Portanto, existe *trade-off* entre duas culturas em produção, e, também, uma cultura pode ser transformada em outra a taxas progressivamente mais altas. O comportamento de maximização de lucro requer que essa propriedade seja explorada através da especialização completa. Entretanto, na situação estudada, parece existir a dominância da aversão ao risco associada a outros comportamentos, como, por exemplo, o de atender a requerimentos de consumo da família.

## 5 — Conclusões

A análise da eficiência no uso dos recursos na agricultura nordestina, com base em dados de seção cruzada, permitiu que se chegasse a várias conclusões:

a) As evidências sugerem a prevalência de elasticidade de substituição unitária, entre capital e mão-de-obra, e retornos constantes à escala. Sob o ponto de vista estritamente econométrico, esse resultado indica que não se pode rejeitar a especificação Cobb-Douglas para o estudo das relações insumo/produto na agricultura nordestina. Mais importante, em conjunto, esses resultados indicam que, no agregado, a tecnologia em uso apresenta-se com certa inflexibilidade, face a mudanças nas condições externas, e que o “tamanho” das ex-

plorações poderia ser alterado sem perda de eficiência. Entretanto, a nível mais desagregado, as evidências sugerem que os estabelecimentos agrícolas mais eficientes apresentam elasticidade de substituição maior do que 1 e retornos constantes à escala. Por outro lado, para os estabelecimentos ineficientes a elasticidade é  $\leq 1$  e retornos constantes e/ou decrescentes à escala. Conseqüentemente, para o primeiro grupo existe certa flexibilidade da tecnologia e que ganhos em produção poderiam ser obtidos com a adoção da tecnologia superior dos estabelecimentos "eficientes".

b) A comparação do valor da produtividade marginal da mão-de-obra com o salário revela o uso excessivo de mão-de-obra, particularmente nos estabelecimentos familiares. Para os não familiares, há uma tendência para a equalização do valor do produto marginal com o salário. Deve-se notar, contudo, a existência de duas importantes exceções: na Zona da Mata e no Sertão Semi-Árido, nos maiores estabelecimentos, há uma tendência para a mão-de-obra ser paga num valor inferior à sua contribuição ao produto.

c) A análise comparativa dos pequenos *versus* os grandes estabelecimentos permitiu verificar que, sob a hipótese de idêntica função de produção, os pequenos tendem a situar-se em interseções progressivamente mais baixas das funções do que os grandes. Entretanto, para as zonas do Sertão Semi-Árido, Agreste e Sudeste Úmido o efeito do tamanho sobre a eficiência é contrabalançado por deseconomias de escala.

d) Finalmente, a análise das funções de produção a nível mais desagregado (produtos) permitiu verificar que as economias de escala dependem do produto ou sistema de produção considerado. Os resultados mostraram que, à exceção do arroz, os retornos tendem a ser crescentes e consistentes com o grau de especialização, isto é, maiores coeficientes de escala estão associados com explorações mais especializadas, do tipo *plantation*. Proposições como a da reforma agrária para o Nordeste devem ser avaliadas levando em conta esses resultados, uma vez que parece ser crítica a questão da viabilidade e conveniência de explorações diversificadas. Por sua vez, a existência de explorações diversificadas no Nordeste parece ser explicada mais pela atitude dos agricultores face às condições de risco e/ou comportamentos afins do que às de maximização de lucros.