

INVESTIMENTO E MUDANÇA TECNOLÓGICA NA AGRICULTURA BRASILEIRA¹

SÉRGIO ANTÔNIO GARCIA², ERLY CARDOSO TEIXEIRA³

RESUMO - Várias políticas levaram a agricultura brasileira a ampliar sua pauta de exportação. A política de investimento exercida pelo governo brasileiro encorajou a expansão da área de grãos exportáveis a uma maior taxa que a de grãos consumidos internamente. O principal objetivo deste trabalho é determinar o retorno aos investimentos como forma de promover aumento da produtividade do trabalho nos subsetores agricultura de exportação e doméstica. Esta pesquisa analisa diversos aspectos da agricultura brasileira no período de 1960-1986, com respeito à mudança tecnológica nos subsetores doméstico e exportador. A metodologia endogeniza o processo de mudança tecnológica, utilizando-se de variáveis econômicas exógenas que captam os efeitos do processo de adoção de tecnologia. Os resultados empíricos indicam que o processo de mudança tecnológica é mais intensivo no subsetor exportador em virtude da maior acumulação de capital nesse subsetor. A hipótese de concentração de investimentos nas culturas de exportação não foi rejeitada.

Termos para indexação: agricultura, mudança tecnológica, investimento, acumulação de capital, agricultura doméstica, agricultura de exportação.

INVESTMENT AND TECHNOLOGICAL CHANGE IN BRAZILIAN AGRICULTURE

ABSTRACT - Several policies helped the Brazilian agriculture to expand exports. The investment policy exercised by the Brazilian Government favored area expansion of exportable grains to a higher rate than the domestic agricultural products. The main objective of this paper is to determine the returns to investment as a way to increase labor productivity in the domestic and export agricultural subsector. This research analyses many aspects of the Brazilian agriculture in the period 1960 to 1986 with regard to technological change in the domestic and export agricultural subsectors. The used methodology endogenizes the process of technological change through economic variables that can capture the effects of technological adoption. The empirical results suggest the process of technological change is more intensive in the subsector of export agriculture than in the domestic subsector because of higher rate of capital accumulation in that subsector. The hypothesis that the agricultural investment policies concentrated investment in the export subsector was not rejected.

Index terms: agriculture, technological change, investment, capital accumulation, domestic agriculture, export agriculture.

INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira tem sido discutida no sentido de analisar o seu desempenho e sua contribuição para o desenvolvimento social, político e econômico do País. Os resultados dessa análise, em geral, evidenciam que o processo de modernização e desenvolvimento no setor agrícola não vem

¹ Recebido em 02/03/90.

Aceito para publicação em 10/04/91.

Projeto financiado, em parte, com recursos do PNPE.

² Estudante do Programa de Doutorado em Economia Rural da UFV (DER-UFV, 36570 - Viçosa, MG)

³ Ph.D. Professor Adjunto da UFV. (DER-UFV, 36570 - Viçosa, MG)

acontecendo de maneira uniforme. Assim, enquanto prosperam os empreendimentos agrícolas, produzindo para o mercado externo, o subsetor agricultura de consumo interno permanece numa situação de estagnação e, até mesmo, de decadência (Homem de Melo 1988).

A política de investimento é uma variável importante para explicar o quadro atual da agricultura brasileira, uma vez que inclui investimentos públicos e incentivos aos investimentos privados. Tal política encorajou a expansão da produção de grãos exportáveis a uma taxa maior do que a dos grãos consumidos internamente. A produção dos produtos agrícolas exportáveis expandiu-se, enquanto a produção da maioria dos grãos consumidos internamente decresceu. Essa política favoreceu, ainda, a substituição de culturas tradicionais pelas culturas de exportação nas regiões mais populosas do País (Homem de Melo 1985). Uma das possíveis justificativas para essa política de investimento concentrada nas atividades agrícolas de exportação seria a de obter vantagens do período favorável dos preços internacionais durante as décadas de 1960 e 1970. Outra razão teria sido a suposta vantagem comparativa do Brasil na produção de produtos agrícolas, dada a abundância de terra e trabalho. A necessidade de divisas externas para pagar por importações importantes para sustentar o processo de desenvolvimento também foi um fator decisivo. Dessa forma, a maioria dos investimentos agrícolas foi direcionada para a agricultura de exportação, em detrimento da agricultura de consumo interno (Homem de Melo 1985, Sugai & Teixeira 1983, Benevenuto 1989).

Como essa política de investimentos concentrados nas culturas de exportação afetou a agricultura brasileira? Como níveis diferenciados de investimento agrícola têm influenciado a produção de produtos exportáveis e domésticos? Tais questões merecem um estudo mais aprofundado, na medida em que proporcionam subsídios para políticas de abastecimento e emprego no campo.

O efeito dos investimentos agrícolas na produção de produtos exportáveis e domésticos é um problema que tem recebido pouca atenção empírica. No entanto, o conhecimento das taxas de retornos aos investimentos na agricultura, no que se refere à capacidade de tais investimentos promoverem mudanças tecnológicas, é de fundamental importância na definição de estratégias de investimento no setor agrícola.

Uma hipótese a ser testada neste trabalho é a de que a política de investimento direcionada para o subsetor exportador proporcionou o aparecimento de variedades melhoradas e de tecnologias bioquímicas e mecânicas que tornaram os produtos exportáveis mais competitivos no mercado mundial e com retornos aos investimentos agrícolas mais elevados.

Nesta pesquisa, pretende-se estudar a influência dos investimentos agrícolas nos subsetores agricultura de exportação e de consumo doméstico no período de 1960-1986. Os objetivos específicos da pesquisa são: a) determinar os fatores que influem na produtividade média do trabalho entre os

subsetores agrícolas da economia; b) determinar os retornos aos investimentos nos subsetores agrícolas e c) verificar os níveis de concentração dos investimentos nas culturas de exportação e domésticas.

MATERIAL E MÉTODOS

Fonte dos Dados

Os dados básicos utilizados são de fonte secundária. O estudo compreende o período de 1960-1986 e a área de estudo abrange todo o território nacional. As variáveis têm como numerário o preço do produto agregado ao setor não-agrícola (P2), determinado pela divisão do Produto Interno Bruto (PIB), a preços correntes, pelo PIB a preços constantes de 1980 do setor. Todos os valores das variáveis estão expressos em cruzados em 1990. Os dados básicos foram obtidos de publicações da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (FIBGE), bem como de publicações da Fundação Getúlio Vargas (FGV). A forma de obtenção dos dados e as tabelas de dados encontram-se no texto e no Apêndice A.

Modelo conceitual

O modelo baseia-se nos conceitos de tecnologia e mudança tecnológica utilizados nas funções de produção agregadas da economia por Cavallo & Mundlak (1982) e Mundlak (1987).

Diferentemente dos trabalhos de Hayami & Ruttan (1985), os movimentos nos preços dos fatores não são a única nem a causa mais importante da mudança tecnológica. A escolha da tecnologia pode ser limitada pela disponibilidade de capital dentro do setor agrícola. A acumulação de capital no setor agrícola favorece a adoção da técnica moderna.

Cavallo & Mundlak (1982) sustentam que todas as firmas têm acesso a um grupo de técnicas, ou funções de produção, que constituem a tecnologia de produção. Desse modo, a tecnologia é um conjunto de técnicas que estão disponíveis para a implementação.

Uma técnica particular é escolhida com base nas restrições e nas variáveis econômicas relevantes denominadas, no modelo, variáveis de estado. Tais variáveis representam as restrições que determinam as técnicas ou funções de produção para as quais cada produto é obtido. Elas refletem o ambiente econômico que influencia as decisões sobre o produto e uso de insumos. Mudanças nessas variáveis causam mudanças no conjunto de técnicas implementadas, isto é, mudança tecnológica. Consideram-se, portanto, mudanças contínuas entre técnicas feitas pelas firmas, em que as principais mudanças a ocorrer no tempo referem-se aos fatores e produção, geradas de movimentos através de funções em vez de ao longo de uma função particular. A motivação para mudanças nas técnicas implementadas depende das mudanças não apenas no preço do fator, mas também, e mais importante, do

nível de acumulação de capital na economia. A acumulação de capital na agricultura limita a taxa de adoção de técnicas modernas.

O efeito da acumulação de capital no setor agrícola sobre a mudança tecnológica pode ser demonstrado matematicamente (Danin & Mundlak 1979). A função de produção por hectare no setor agrícola (Y_1) é dada por:

$$Y_1 = Y_a + Y_b \quad (1)$$

em que a e b referem-se a técnica tradicional e moderna, respectivamente. A produtividade média por hectare na agricultura é definida como:

$$Y_1/L_1 = f_1(k_1) = 1_a f_a(k_a) + 1_b f_b(k_b) \quad (2)$$

em que a 1_a e 1_b são as proporções do trabalho agrícola empregadas nas técnicas a e b, respectivamente; k_a e k_b são as razões capital-trabalho agrícola utilizadas nas técnicas a e b. Considerando uma situação de pleno emprego para trabalho e capital agrícola, obtém-se:

$$1_a = 1 - 1_b \quad (3)$$

$$k_1 = K_1/L_1 = (K_a + K_b) / (L_a + L_b) = 1_a k_a + (1 - 1_a) k_b \quad (4)$$

Diferenciando (4), obtém-se:

$$d1_a/dk_1 = 1/(k_a - k_b) < 0 \quad (5)$$

Portanto, com a acumulação do capital no setor agrícola, a proporção do trabalho usado na técnica tradicional diminui. Sendo s_a a participação da técnica a (tradicional) na produção do produto agrícola, tem-se que:

$$s_a = Y_a/Y_1 = 1_a f_a(k_a) / [1_a f_a(k_a) + (1 - 1_a)] \quad (6)$$

A medida que 1_a aproxima-se de 0, s_a aproxima-se de 0 e, à medida que 1_a aproxima-se de 1, s_a aproxima-se de 1, ou seja:

$$ds_a/d1_a > 0 \quad (7)$$

$$ds_a/dk_1 = (ds_a/d1_a) * (d1_a/dk_1) < 0 \quad (8)$$

A participação da técnica tradicional na produção agrícola diminui, à medida que a acumulação de capital aumenta, mesmo não havendo mudança relativa nos preços dos fatores.

Para analisar a acumulação de capital neste modelo, considere-se uma situação simplificada na qual coexistem duas técnicas na agricultura. A técnica a, a tradicional, e a b, a técnica moderna. Para simplificar, o fator terra é ignorado. As funções de produção especificadas à agricultura são:

$$Y_a = F_a(K_a, L_a) \quad (9)$$

$$Y_b = F_b(K_b, L_b) \quad (10)$$

em que Y_i é a produção agrícola para a técnica i , e K_i e L_i são capital e trabalho, respectivamente, usados na técnica i . Assumem-se funções de produção côncavas e duas vezes diferenciáveis. Pressupondo retornos constantes à escala, a produção por trabalhador pode ser expressa como:

$$y_a = l_a f_a(k_a) \quad (11)$$

$$y_b = l_b f_b(k_b) \quad (12)$$

em que y_i é a produção **per capita** ou produtividade média do trabalho para a i -ésima técnica, l_i é a proporção do trabalho rural empregado na técnica i , k_i é a razão capital-trabalho na técnica i . Para todos os valores da razão salário-preço do capital (w), supõe-se que a técnica b seja sempre mais intensiva em capital que a técnica a :

$$k_a(w) < k_b(w) \quad (13)$$

Supondo que os produtores sejam maximizadores de lucro num sistema competitivo e que tomam todos os preços como dados, as condições de primeira ordem com respeito ao capital e ao trabalho da função de lucro setorial serão:

$$p f_i'(k_i) \leq r \quad (14)$$

$$p [f_i'(k_i) - f_i''(k_i) k_i] \leq w \quad i = a, b, \quad (15)$$

em que p é o preço do bem agrícola em termos de algum bem composto não-agrícola, e w e r são o salário rural e a taxa de rendimento do capital, respectivamente. Para cada técnica, as expressões (14) e (15) juntamente implicam:

$$p f_i'(k_i) \leq w + r k_i \quad i = a, b. \quad (16)$$

Como conseqüência das pressuposições de retorno constante à escala e competição perfeita, a equação (16) representa uma condição de lucro zero quando uma técnica é usada. A igualdade na expressão (16) significa que a receita unitária foi igual ao custo unitário. Quando o custo de produção é maior que a receita, a técnica não é usada; este é o caso de uma desigualdade em (16). Quando (16) for obtida com igualdade para ambas as técnicas, então estas serão usadas simultaneamente.

As implicações da presente discussão são graficamente ilustradas na Figura 1. As isoquantas unitárias das duas técnicas disponíveis $f_a = 1$ e $f_b = 1$ tangenciam a linha de isocusto, cuja inclinação é igual à razão salário-preço do capital \bar{w} . k_a e k_b são as razões capital-trabalho requerida pelas técnicas a e b, respectivamente, e k é a razão capital-trabalho disponível. Observe-se que, quando $w \neq \bar{w}$, a escolha de uma técnica é determinada pela razão salário-preço do capital, mas quando $w = \bar{w}$, a escolha de uma técnica dependerá da razão capital-trabalho disponível.

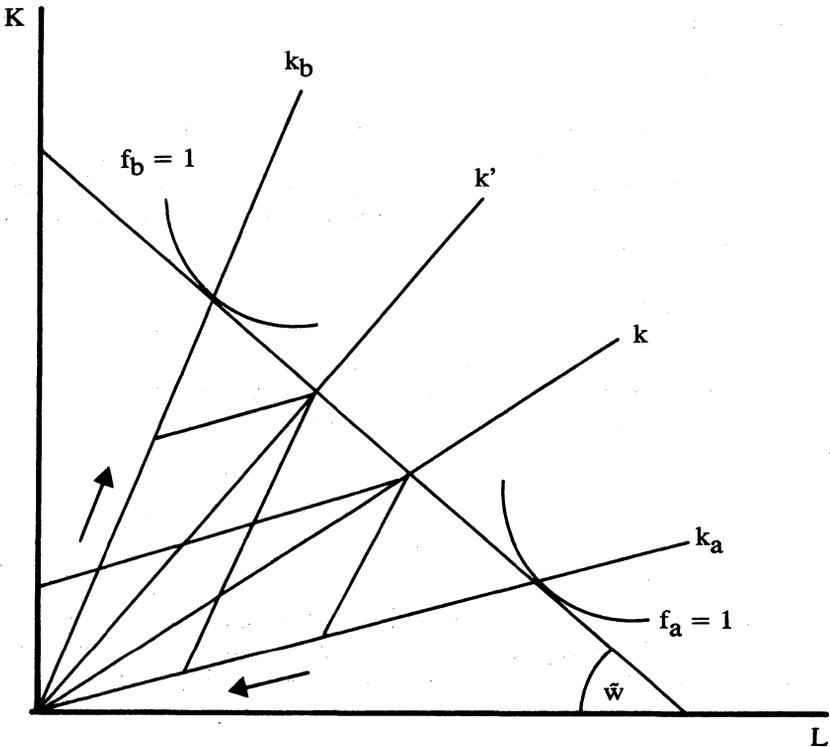


Figura 1. Coexistência e mudança técnica

Quando $k < k_a$, o fator trabalho é abundante e, sendo a técnica a intensiva em trabalho, será mais barato usar essa técnica sozinha na produção agrícola. Da mesma forma, quando $k > k_b$, será mais barato usar a técnica b. Portanto, quando um fator for encontrado em abundância, será mais eficiente usar uma técnica intensiva nesse fator. Observe-se também, que quando

$k_a < k < k_b$, as técnicas coexistirão, isto é, tem-se mais capital do que necessário para a adoção da técnica a sozinha, mas não existe capital em quantidade suficiente para a adoção da técnica b sozinha, ficando a mudança de técnicas na dependência da acumulação de capital. As linhas cujas inclinações são iguais às inclinações dos raios k_a e k_b e que se originam no ponto onde o raio k intercepta a linha de isocusto, indicam a contribuição relativa de cada técnica à produção agrícola. Quanto mais intensiva de capital for a agricultura, mais perto estará k de k_b e maior será a participação da técnica b na produção agrícola (como indicam as flechas sobre os raios k_a e k_b).

METODOLOGIA

A relação funcional normalmente estimada como função de produção é dada por $F(Y, X) = 0$, em que Y é o vetor de produção, e X , o vetor dos fatores de produção. No modelo proposto, o relacionamento funcional assumido é representado por: $F(Y, X, Z) = 0$, em que Z é o vetor das variáveis de estado, que corresponde às restrições e valor das variáveis exógenas, enfrentadas pelos agentes econômicos ao escolherem as técnicas a serem implementadas (Mundlak 1987). Para atingir os objetivos desta pesquisa, será utilizada uma função semelhante à função translog, com retornos constantes à escala. Isto é demonstrado pela função de produção do tipo Cobb-Douglas. Para melhor entendimento, utilizou-se apenas um fator de produção,

$$\ln Y = T(Z) + \beta(Z) \ln K + U, \quad (17)$$

em que Y é a produtividade média do trabalho, K é a relação capital-trabalho, $T(Z)$ é o intercepto, e $\beta(Z)$ é a elasticidade da produção para o capital. A dependência dos parâmetros T e β em Z é apresentada na forma linear,

$$T = a_{00} + a_{01}Z_1 + W_0 \quad (18)$$

$$\beta = a_{10} + a_{11}Z_1 + W_1 \quad (19)$$

Substituindo as equações (18) e (19) em (17), obtém-se:

$$\ln Y = a_{00} + a_{10} \ln K + a_{11} Z_1 \ln K + a_{01} Z_1 + e, \quad (20)$$

em que $e = U + W_0 + W_1 \ln K$. Quando $Z_1 = 0$, a equação (20) torna-se função Cobb-Douglas. Tomando Z_1 igual a $\ln K$, uma função parecida com a translog é obtida. A diferença entre as duas formulações está na presença e natureza das variáveis de estado (Z). Os coeficientes do intercepto (T) são estimados pela diferença entre $(\ln Y - \beta \ln K)$.

O problema com a estimação indireta, usando as condições de primeira ordem, é que as estimativas são tendenciosas, ou seja, a elasticidade de produção e a participação dos fatores apresentam-se sempre iguais, enquanto, na realidade, isto pode não acontecer. Esse problema pode ser evitado, dentro

da presente formulação, adicionando-se $\ln K$ como uma variável a mais na equação (19), com um coeficiente a_{1K} (Cavallo & Mundlak 1982). Assim, chega-se à:

$$SK = a_{10} + a_{11} Z_1 + a_{1K} \ln K + W_1, \quad (21)$$

em que $\beta = SK - a_{1K} \ln K$, e

$$\ln Y = T(Z) + SK(Z) \ln K + U. \quad (22)$$

A função de produção para o setor agrícola, a ser utilizada nesta pesquisa, é dada por:

$$\ln Y_i = T_i(Z) + SA_i(Z) \ln A_i + SK_i(Z) \ln K_i + \text{erro}. \quad (23)$$

Supõem-se retornos constantes à escala para trabalho, capital e terra. O subscrito i refere-se aos subsectores doméstico (D) e exportador (E). A produtividade média do trabalho (X_i/L_i) é determinada pelas razões capital-trabalho (K_i/L_i) e terra-trabalho (A_i/L_i). Os coeficientes são o intercepto (T_i), e os fatores de participação do capital (SK_i) e da terra (SA_i). K_i é o estoque de capital físico na agricultura, A_i é a área de terra cultivada, X_i e L_i são a produção agrícola agregada e a força de trabalho economicamente ativa, respectivamente.

A participação dos fatores é obtida por:

$$SA_i = (R_i * A_i) / (P_i * X_i) \quad (24)$$

$$SK_i = (r_i * K_i) / (P_i * X_i), \quad (25)$$

em que R_i é o valor médio de arrendamento da terra com lavouras e explorações animais em Cz\$/ha/ano. $P_i X_i$ é o valor do produto agrícola agregado. Considera-se a taxa de retorno ao capital na agricultura a mesma para terra e capital, em que $r_i = R_i/PA_i$ é a taxa de retorno ao capital agrícola e PA_i , o preço da terra por hectare.

O efeito líquido das variáveis de estado sobre a produtividade pode ser obtido derivando-se as elasticidades da produtividade média do trabalho com respeito às variáveis de estado. Como exemplo, a elasticidade da produtividade média do trabalho com respeito ao estoque de capital na economia (K/N) é dada por:

$$\log Y_i / d \log(K/N) = dT_i / d \log(K/N) + dSK_i / d \log(K/N) * \log(K_i/L_i) + dSA_i / d \log(K/N) * \log(A_i/L_i) \quad (26)$$

A elasticidade de produção para os fatores de produção é obtida diferenciando-se a função de produção:

$$\log Y_i / d \log K_i = dT_i / d \log K_i + SK_i + dSK_i / d \log K_i * \log K_i + dSA_i / d \log K_i * \log A_i \quad (27)$$

$$\log Y_i / d \log A_i = dT_i / d \log A_i + SA_i + dSA_i / d \log A_i * \log A_i + dSK_i / d \log A_i * \log K_i \quad (28)$$

As variáveis de estado que determinam o intercepto e a participação dos fatores de produção são:

K/N = Estoque de capital total **per capita** na economia. Os dados de estoque de capital físico e geral e o método como foram obtidos encontram-se no Apêndice A.

I_1/L_1 = Razão investimento total-força de trabalho no setor agrícola.

r_1 = Taxa de retorno ao capital no setor agrícola, defasada de um ano.

W_1 = Taxa média dos salários agrícolas, defasada de um ano.

P_1 = Preço do produto agrícola.

PA = Preço da terra, defasada de um ano.

As funções parciais a serem estimadas para os subsetores de agricultura doméstica e agricultura de exportação foram formuladas de forma a considerar as discrepâncias entre a participação dos fatores e as elasticidades de produção. As equações são especificadas com seis variáveis de estado e dois fatores de produção. As funções de produção para os subsetores agrícolas são estimadas indiretamente através das equações de participações, como mostrado abaixo.

$$SA_i = a_0 + a_1 \ln(K/N) + a_2 \ln(I_1/L_1) + a_3 \ln r_1(T-1) + a_4 \ln PA(T-1) + a_5 \ln W_1(T-1) + a_6 \ln(A_i/L_i) + a_7 \ln(K_i/L_i) \quad (29)$$

$$SK_i = a_0 + b_1 \ln(K/N) + b_2 \ln(I_1/L_1) + b_3 \ln r_1(T-1) + b_4 \ln PA(T-1) + b_5 \ln W_1(T-1) + b_6 \ln(A_i/L_i) + b_7 \ln(K_i/L_i) \quad (30)$$

$$T_i = a_0 + c_1 \ln(K/N) + c_2 \ln(I_1/L_1) + c_3 \ln r_1(T-1) + c_4 \ln PA(T-1) + c_5 \ln W_1(T-1) + c_6 [\ln(A_i/L_i)]^2 + c_7 [\ln(K_i/L_i)]^2 \quad (31)$$

As equações de participação são usadas para estimar os valores anuais das participações de terra e capital. Esses valores foram introduzidos na equação de produção original para se obterem os valores do intercepto, $T_i = \ln X_i - SA_i \ln A_i - SK_i \ln K_i$, que foi usado para estimar os coeficientes de T .

Dada a natureza dos dados, as variáveis utilizadas neste estudo apresentaram-se correlacionadas, o que pode gerar problemas de multicolinearidade. Esse problema é tratado na literatura por Farrar & Glauber (1978), e até a impossibilidade de estimação dos coeficientes da função. Para eliminar

esse tipo de problema, utilizou-se o método de estimação desenvolvido por Mundlak (1981), especialmente delineado para a manipulação de problemas de colinearidade. Esse método combina a técnica dos componentes principais com a teoria das comparações múltiplas, e desenvolve um teste estatístico, utilizando relação entre o teste-F de Snedecor e o método S desenvolvido por Scheffé. Trata-se de uma inovação adicional ao estudo de Teixeira & Martin (1988), o qual não considerou o problema de multicolinearidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma análise da evolução da agricultura brasileira evidencia que uma das características marcantes da sua transformação tem sido a intensificação do emprego de capital a partir de 1960, principalmente em máquinas, equipamentos e insumos modernos. A partir da década de 70, observa-se uma mudança na política de investimento do País, quando se passa a investir mais recursos na implantação de estruturas de pesquisa, extensão, educação, produção de insumos e comercialização. Esses recursos foram significativos, e já se observa uma mudança nos índices de produtividade da agricultura em anos recentes (Brandão 1988).

De acordo com os dados obtidos para o estoque de capital (Apêndice A), observa-se, pelas taxas anuais de crescimento (Tabela 1), que o ritmo de crescimento do estoque de capital geral foi maior na década de 70, com uma variação anual média de 20,3% e 10,1% nos subsetores agrícolas exportador e doméstico. Na década de 60, a taxa média de expansão foi de 2,9% e 4,8%, respectivamente. A mesma tendência foi verificada para o estoque de capital físico (Apêndice A). Para o período de 1980-1986, a taxa de variação seguiu o mesmo padrão verificado para a década de 70, isto é, concentração dos investimentos no subsetor exportador.

TABELA 1. Variação anual média do estoque de capital geral na agricultura brasileira, 1960/86

Anos	$(K_t - K_{t-1})/K_{t-1}$ (%)		
	Total	Exportador	Doméstico
1960/70	2,9	2,9	4,8
1971/80	11,1	20,3	10,1
1981/86	2,4	6,9	0,8
Média 1960/86	5,9	10,5	5,9

Fonte: Tabela 1 Apêndice B

No total do setor agrícola, a taxa média anual de crescimento do estoque de capital no período foi de 5,93%, praticamente igual à do subsetor

doméstico, enquanto o estoque de capital geral no subsetor exportador apresentou uma taxa de crescimento média anual duas vezes maior.

Os resultados dos ajustamentos estatísticos das equações de participação da terra, capital e do intercepto para os subsetores agrícolas, doméstico e exportador, estão apresentados no Apêndice B.

Os coeficientes de determinação (R^2) do sistema de equações obtidos conforme sugerido por Mundlak (1987) foram de 0,70 e 0,92 para os subsectores doméstico e exportador, respectivamente. Em termos estatísticos, significa que 70% e 92% das variações ocorridas na produtividade média do trabalho nos respectivos subsectores são explicadas pelas variáveis independentes.

A estatística F, de Snedecor, mostra uma associação significativa entre as variáveis do modelo, isto é, a 1% de probabilidade, pode-se rejeitar a hipótese de serem os componentes do vetor de regressão todos nulos. Os testes "t", de Student, mostram que os coeficientes de regressão foram, na maioria, estatisticamente diferentes de zero, a até 10% de probabilidade.

As principais conclusões podem ser obtidas das elasticidades da produtividade média do trabalho, com respeito às variáveis de estado, e das elasticidades da produção (Tabela 2).

Os resultados indicam que o crescimento na produtividade média do trabalho está positivamente relacionado com a maioria das variáveis de estado.

Com o aumento no estoque de capital da economia (K/N), obteve-se um crescimento na produtividade média do trabalho do subsetor agricultura de exportação. O resultado obtido para o subsetor doméstico foi bem menor. Isto indica que a acumulação de capital na economia na forma de estruturas para a pesquisa, extensão, educação, produção de insumos, comercialização infra-estrutura geral de equipamentos agrícolas teve maior efeito no subsetor exportador do que no doméstico. A elasticidade de investimento (I_1/L_1) no subsetor exportador foi bem maior, além de estatisticamente significativa. Esses resultados confirmam que os investimentos na economia apresentam maior retorno em termos de aumento da produtividade do trabalho ou da mudança tecnológica no subsetor agricultura de exportação. A resposta agrícola às variações na acumulação de capital (K/N) mostra que os investimentos trazem para o setor grande progresso, com ganhos sensíveis de produtividade do trabalho. Acréscimos de 10% em K/N geram aumentos na produtividade do trabalho, no subsetor exportador da ordem de 3,2%; acréscimos de 10% nos níveis de I_1/L_1 aumentam a produtividade média do trabalho de 0,26%. Esses resultados indicam que o efeito de mais longo prazo da acumulação de capital (K/N) sobre a mudança tecnológica é maior que o efeito dos investimentos sobre a produtividade média do trabalho no subsetor de agricultura de exportação.

O efeito da taxa de salário sobre a produtividade média do trabalho indica que aumentos nessas taxas aumentam a produtividade média do trabalho

nos dois subsetores agrícolas. Esse efeito pode estar refletindo um aumento na produtividade do fator terra, o qual demandaria mais mão-de-obra para a qual teria de pagar salários mais elevados.

TABELA 2. Resumo das elasticidades das funções de produção dos subsetores agrícolas, doméstico e exportador, Brasil. Dados anuais 1960/86^a

Variável	Exportador	Doméstico
R ² b	0,92	0,70
Logaritmo K/N	0,3153*** (12,3)	0,0585*** (6,29)
r ₁ (T-1)	-0,0048 (0,15)	-0,1559*** (4,59)
W ₁ (T-1)	0,0697*** (3,32)	0,0529*** (6,01)
PA(T-1)	-0,2600*** (10,4)	0,0740*** (5,83)
P ₁	-0,6747*** (22,4)	0,1734*** (5,81)
I ₁ /L ₁	0,0256** (1,90)	-0,0056 (0,59)
A _i /L _i	0,2304*** (6,62)	0,1598*** (12,0)
K _i /L _i	0,5706*** (15,7)	0,0665*** (2,63)

^a O teste "t" para as elasticidades foi obtido pela divisão das elasticidades pelos seus respectivos desvios-padrões, sendo os desvios-padrões as médias dos desvios de SK_D, SA_D e T_D, (Mundlak & Tropp 1980). Os níveis de significância de 1, 5 e 10 por cento são indicados por ***, ** e * respectivamente. K/N é o estoque de capital **per capita** na economia. I₁/L₁ é o investimento total do setor dividido pela força de trabalho agrícola. r₁(T-1) é a taxa média de retorno ao capital em atividades agrícolas defasadas de um ano. P₁ é o preço dos produtos agrícolas. W₁(T-1) é a taxa de salário agrícola defasada de um ano. K_i/L_i é a razão capital-trabalho para o setor agrícola doméstico. A_i/L_i é a razão terra-trabalho onde o subscrito i refere-se aos subsectores agrícolas, doméstico e exportador.

^b O R² para o sistema foi computado de $R^2 = 1 - [\sum (\text{resíduos})^2 / \text{SQT}]$, em que os resíduos foram calculados da função de produção depois de introduzir as estimativas para SA_D, SK_D e T_D. O denominador é a soma total dos quadrados das variáveis dependentes.

O preço da terra no subsector exportador teve efeito negativo sobre a produtividade média do trabalho, ou seja, o aumento nos preços da terra diminui a produtividade do trabalho no subsector. Esse resultado pode estar relacionado com o aumento da produtividade da terra, o que pode levar a aumentar a demanda de trabalho. No subsector doméstico, o preço da terra teve um efeito contrário, ou seja, aumenta a produtividade média do trabalho, o

que pode significar que a produtividade média do trabalho esteja influenciando a demanda de terra. Segundo Anjos et al. (1988), em épocas de prosperidade, quando o setor agrícola está se capitalizando, a demanda de terra aumenta e, conseqüentemente, seu preço se eleva ou seja, o crescimento da produtividade ou lucratividade no subsetor agrícola doméstico em determinado ano poderia aumentar a demanda de terra, aumentando o preço do fator naquele ano, permitindo, assim, uma elasticidade positiva para o preço da terra. A taxa de retorno ao capital (r_1) teve efeito negativo sobre a produtividade média do trabalho nos dois subsetores; é possível, contudo, que outras variáveis estejam captando esses efeitos, como, por exemplo, o preço do produto e o preço da terra, por ser a taxa de retorno ao capital na agricultura a mesma para a terra. Assim, o aumento na produtividade ou lucratividade, dado pela substituição de fatores, nesse caso trabalho por capital, poderia elevar a demanda de terra, aumentando o seu preço. No subsetor exportador, o preço da terra teve efeito contrário, ou seja, o aumento nos preços da terra diminui a produtividade média do trabalho no subsetor.

O preço do produto agrícola agregado no subsetor doméstico aumenta a produtividade média do trabalho. Isto indica que o aumento nos preços estimula o crescimento dos produtos domésticos e reforça as vantagens de se investir em modernização, o que poderá aumentar os ganhos de produtividade no subsetor. No subsetor exportador, P_1 tem o efeito de diminuir a produtividade média do trabalho, mostrando-se consistente com o efeito de r_1 . Tais resultados podem ser explicados pela possível influência da elevação dos preços agrícolas agregados, provocada pelo aumento de sua demanda, na demanda de mão-de-obra, permitindo uma elasticidade negativa para essas variáveis de estado.

As elasticidades de produção informam sobre o uso do fator ao longo de uma mesma função de produção e referem-se, portanto, ao efeito do fator sobre a produção no curto prazo. Observa-se que as elasticidades de produção dos fatores capital e terra foram positivas, indicando que acréscimos no uso desses fatores aumentam o valor da produção agregada nos subsetores agrícolas, com um aumento mais expressivo para o subsetor exportador. Acréscimos de 10% no uso do fator de produção capital aumentam a produtividade média do trabalho no subsetor exportador de 5,7% e de 0,6% no subsetor doméstico.

As elasticidades de produção da terra e capital mostram um efeito combinado em torno de 0,226 e 0,801, para os subsetores doméstico e exportador, respectivamente. Assumindo retornos constantes à escala, a elasticidade de produção do trabalho foi igual a 0,774, para o doméstico, e 0,198, para o subsetor exportador. As participações médias dos fatores na produção foram: $SK_D = 0,133$, $SK_E = 0,106$, $SA_D = 0,091$, $SA_E = 0,109$, $SL_D = 0,776$ e $SL_E = 0,785$. Observa-se uma diferença substancial entre as elasticidades de produção e a participação dos fatores. Isto evidencia que o trabalho na agricultura doméstica, no período estudado, foi remunerado de acordo com o valor de sua produtividade marginal, e que os fatores de produção terra e ca-

pital foram remunerados abaixo e acima do valor de sua produtividade marginal, respectivamente. Para o subsetor exportador, o trabalho foi pago acima do valor de sua produtividade marginal, enquanto os fatores de produção terra e capital foram sub-subremunerados.

CONCLUSÃO

O presente estudo procurou examinar os fatores que influíram no processo de mudança tecnológica ocorrido no setor agrícola brasileiro e, em particular, os efeitos do investimento nos subsetores agrícolas: doméstico e exportador.

Os efeitos das elasticidades da produtividade média do trabalho com respeito às variáveis de estado indicam que as mudanças tecnológicas ocorridas no setor agrícola foram mais intensas no subsetor exportador.

O efeito da acumulação de capital da economia, como geradora de mudança tecnológica, foi maior no subsetor exportador do que no doméstico, o que indica que a acumulação de capital na forma de estruturas para pesquisa, educação, extensão, produção de insumos e infra-estrutura geral tem beneficiado mais as culturas de exportação. O retorno aos investimentos vistos através da acumulação do capital físico, representado pelo fator de produção capital é maior no subsetor exportador que no doméstico. Tais resultados, juntamente com o que se observa com a variação do estoque de capital na agricultura, reforçam a hipótese de que a política de investimento foi direcionada para o subsetor exportador, proporcionando o aparecimento de variedades melhoradas e de tecnologias que tornaram os produtos exportáveis mais competitivos no mercado mundial e com retornos aos investimentos agrícolas mais elevados, sustentando, assim, a hipótese de que as políticas de investimentos foram voltadas mais para o subsetor exportador, proporcionando maiores retornos aos investimentos.

REFERÊNCIAS

- ANJOS, N. M. dos et alli. **Análise do setor agrícola brasileiro**. São Paulo: Secretaria de Agricultura, IEA, 1988. (Relatório de Pesquisa, 03/88).
- BENEVENUTO, A. Agricultura de mercado interno versus agricultura de exportação: caracterização e tendência. In: **Anais do XXVII Congresso da SOBER** [S.l.: s.n.], 27, Piracicaba, 1989.
- BRANDÃO, A. S. P. **Os principais problemas da agricultura brasileira: análise e sugestões**. Rio de Janeiro: IPEA/INPES, 1988.
- CAVALLO, D.; MUNDLAK, Y. Agriculture and economic growth in economy: the case of Argentina. **IFPRI Research Report**, 36, dec. 1982.
- DANIN, Y.; MUNDLAK, Y. **Introduction of techniques and capital accumulation**. Rehovot: Center for Agricultural Economic Research, 1979. (Working Paper, 7909)
- R. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, 29 (1):77-94, Jan./Mar. 1991

- ELIAS, V. J. Government expenditures on agriculture in Latin America. **IFPRI Research Report**, 23, may. 1981.
- ELIAS, V. J. Government expenditures on agriculture and agricultural growth in Latin America. **IFPRI Research Report**, 50, oct. 1985.
- FARRAR, D. E.; GLAUBER, R. R. Multicollinearity in regression analysis, **JASA**, v. 75, 1978.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Rio de Janeiro, RJ). **Anuários Estatísticos do Brasil**. 1981 a 1986.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Rio de Janeiro, RJ). **Estatísticas Históricas do Brasil**, 1987.
- HAYAMI, Y.; RUTTAN, V. W. **Agricultural development: an international perspective**. Baltimore: The John Hopkins University Press, 1985.
- HOMEM DE MELO, F. **Prioridade agrícola: sucesso ou fracasso?** São Paulo, SP: Pioneira, 1985.
- HOMEM DE MELO, F. **Um diagnóstico sobre produção e abastecimento alimentar no Brasil**. Brasília: PNUD-CDR-IPEA, 1988.
- LANGONI, C. G. **As causas do crescimento econômico no Brasil**. Rio de Janeiro Apec Editora, 1974.
- MUNDLAK, Y. Endogenous technology and the measurement of productivity. In: Cápalba, S.M.; Antle, J. M. **Agricultural productivity measurement and explanation**. 1987. p. 351-78.
- MUNDLAK, Y. On the concept of non-significant function and its implications for regression analysis, **Journal of Econometrics**, v. 16: p.139-149, 1981.
- MUNDLAK, Y.; TROPP, Z. Distortion in the factor market and the short-run equilibrium. In: **On the Stability of Contemporary Economic Systems**. [S.l.: s.n.], 1980.
- SUGAI Y.; TEIXEIRA, A. R. Income disparities among groups of farmers: with special reference to Brazil. In: **Proceedings of 18th International Conference of Agricultural Economists**, [S.l.: s.n.], 18, Jakarta, Indonésia, 1983.
- TEIXEIRA, E. C.; MARTIN, M. A. **An analysis of Brazil's agricultural investment policies**. Knoxville, Tennessee: Selected Paper, Congresso da American Agricultural Economics Association. (Mimeografado). 1988.

APÊNDICE - A

TABELA I. Estoque de capital no setor agrícola - 1060-86^a

Ano	Capital físico			Capital Geral		
	Total	Doméstico	Exportador	Total	Doméstico	Exportador
	(Em Cz\$ milhão 1980)					
1960	739,2	511,5	227,6	1.020,0	705,8	314,1
1961	829,3	581,3	247,9	1.117,8	783,5	334,2
1962	879,7	603,5	276,2	1.176,6	807,2	369,4
1963	867,2	562,8	304,4	1.170,3	759,5	410,8
1964	999,2	519,6	479,6	1.313,3	682,4	629,9
1965	946,5	380,5	566,0	1.271,2	511,0	760,1
1966	996,6	532,2	464,4	1.332,0	711,3	620,7
1967	902,8	539,8	362,9	1.250,5	747,8	502,7
1968	867,1	563,6	303,4	1.227,1	797,6	429,4
1969	880,8	583,9	296,8	1.253,1	830,8	422,3
1970	949,7	708,5	241,2	1.335,1	996,0	339,1
1971	1.077,9	651,0	426,8	1.474,8	890,8	584,0
1972	1.224,3	721,1	503,1	1.636,6	963,9	672,6
1973	2.157,4	1.290,1	867,2	2.583,5	1.544,9	1.038,5
1974	1.677,1	927,4	749,6	2.124,0	1.174,6	949,4
1975	1.755,5	944,4	811,0	2.219,2	1.193,9	1.025,2
1976	1.616,8	1.254,6	362,1	2.143,7	1.663,5	480,2
1977	1.556,0	1.232,4	333,5	2.156,0	1.696,8	459,2
1978	1.970,3	1.393,0	577,3	2.623,0	1.854,5	768,5
1979	2.606,9	1.717,9	888,9	3.323,5	2.190,1	1.133,3
1980	2.515,4	1.612,3	903,0	3.300,8	2.115,8	1.185,0
1981	1.988,4	996,2	992,2	2.825,4	1.415,5	1.409,8
1982	1.806,5	856,3	950,2	2.687,6	1.273,9	1.413,7
1983	2.476,7	1.258,1	1.218,5	3.385,0	1.719,6	1.665,4
1984	2.570,2	1.272,2	1.297,9	3.507,4	1.736,1	1.771,2
1985	2.595,4	1.456,0	1.139,4	3.568,6	2.001,9	1.566,6
1986	2.632,8	1.392,7	1.240,0	3.658,7	1.935,4	1.723,2

^a O estoque de capital na economia (K) foi obtido por Langoni (1974), para o período de 1960/69. Para o período 1970/86, expandiu-se esta série por meio do método dos inventários perpétuos [$K_t = I_t + (1-\delta)K_{t-1}$], em que I_t é o investimento total da economia, dado pela formação bruta de capital e δ é a taxa constante de depreciação do capital (5%). Os dados para o estoque de capital geral no setor agrícola (K) compreendem o estoque de capital físico na agricultura mais o estoque de insumos públicos obtidos por Elias (1981). O estoque de capital geral para os subsectores agrícolas doméstico e exportador foi obtido conforme descrito abaixo para o capital físico.

O estoque de capital físico do setor agrícola compreende: construções, equipamentos, terras com melhorias, tratores e bovinos. Os dados referentes às construções, equipamentos, terras com melhorias foram obtidos de Elias (1985), para o período 1960/78, e, para o período de 1979/86, expandiu-se a série de dados pelo método dos inventários perpétuos. Para isto, calcularam-se, primeiramente, os investimentos físicos do período 60/86, aplicando aos investimentos físicos do período 60/78, obtidos pelo do método do inventário perpétuo, a taxa de crescimento real da formação bruta de capital fixo. Os dados para bovinos foram obtidos da FIBGE-Estatísticas Históricas do Brasil; para tratores, foram obtidos de Elias (1985), para o período de 1960/70; para 71/80 de Anjos et al (1988), e, para 81/86, do Anuário Estatístico do Brasil - FIBGE.

O estoque de capital físico dos subsectores agrícolas, doméstico e exportador, foi derivado do estoque de capital físico do setor agrícola. Para o subsector exportador o PIB do setor agrícola aumenta o estoque de capital no subsector exportador. Portanto, aplica-se K_j a proporção obtida do PIB a custo de fatores do subsector exportador sobre o PIB a custo de fatores do setor agrícola. Para o subsector doméstico K_D , foi obtido por: $K_D = K_1 - K_E$.

APÊNDICE – B

TABELA 1. Função de produção da agricultura doméstica Brasil. Dados Anuais 1960/86^a

Variável	SA _A	SK _D	T _D	SL _D	
R ² _E = 0,70b	0,72	0,60	0,70		
Posto Estatís.	4	2	2		
F	13,80	15,77	28,29		
DW	1,40	2,05	0,83		
Constante	0,2804	0,3986	0,4426		Elast.
Logaritmo					
K/N	0,0393*** (3,82)	-0,0254*** (4,98)	0,0914*** (7,19)	-0,014	0,0585*** (6,29)
r ₁ (T-1)	0,0754*** (3,98)	0,1817*** (8,65)	-0,5361*** (8,67)	-0,257	-0,1559*** (4,59)
W ₁ (T-1)	-0,0551*** (4,68)	-0,0238*** (6,24)	0,1263*** (11,6)	0,078	0,0529*** (6,01)
PA(T-1)	0,0348*** (2,80)	-0,0299*** (4,62)	0,1180*** (6,08)	-0,005	0,0740*** (5,83)
P ₁	0,2748*** (10,9)	0,1893*** (9,61)	-0,3344*** (7,47)	-0,464	0,1734*** (5,81)
I ₁ /L ₁	0,0019 (0,13)	0,0007 (0,53)	-0,0062 (0,49)	0,001	-0,0056 (0,59)
A _D /L _D	0,2892*** (15,4)	0,0158*** (4,75)	-0,1048*** ^c (5,93)		0,1598*** (12,0)
K _D /L _D	-0,1258*** (3,49)	0,0343*** (3,77)	-0,0193 ^c (0,64)		0,0665*** (2,63)

^a Os valores entre parênteses nas três primeiras colunas são os testes "t". O teste "t" para as elasticidades foi obtido pela divisão das elasticidades pelos seus respectivos desvios-padrões sendo os desvios-padrões, as médias dos desvios de SK_E, SA_E e T_E, (Mundlak, 1980). Os níveis de significância de 1, 5 e 10 por cento são indicados por ***, ** e *, respectivamente. K/N é estoque de capital *per capita* na economia. T₁/L₁ é o investimento total do setor dividido pela força de trabalho agrícola. r a taxa média de retorno ao capital em atividades agrícolas. P₁ é o preço dos produtos agrícolas. W taxa de salário agrícola. PA o preço da terra. K_i/L_i é a razão capital-trabalho para o setor agrícola exportador. A_i/L_i é a razão terra-trabalho para o setor agrícola exportador. (T-1) indica que a variável foi defasada de um ano.

^b O R² para o sistema foi calculado de R² = 1 - [Σ (resíduos)³/SQT], em que os resíduos foram computados da função de produção depois de introduzir as estimativas para SA_i, SK_i e T_i. O denominador é a soma total dos quadrados das variáveis dependentes.

^c Coeficientes de [log(A_i/L_i)]² e [log(K_i/L_i)]².

TABELA 2. Função de produção da agricultura de exportação Brasil. Dados Anuais 1960/86^a

Variável	SA _D	SK _E	T _E	SL _E	
R _E ² = 0,92	0,95	0,86	0,92		
Posto Estatís.	5	6	4		
F	96,18	20,12	60,27		
DW	1,73	1,99	1,58		
Constante	0,2704	0,0569	0,5571		Elast.
Logaritmo					
K/N	0,1126*** (3,40)	0,0429*** (2,27)	0,1813*** (7,32)	-0,155	0,3153*** (12,3)
r1(T-1)	0,0986*** (6,05)	0,0782*** (3,81)	-0,2038*** (3,59)	-0,17	-0,0048 (0,15)
W1(T-1)	-0,0156 (1,20)	0,08881*** (4,16)	-0,1008*** (3,48)	-0,072	0,0697*** (3,32)
PA(T-1)	0,0285*** (8,90)	-0,1503*** (2,60)	0,0300** (1,90)	0,122	-0,2600*** (10,4)
P1	0,4265*** (30,4)	0,1154*** (7,49)	-1,0877*** (17,8)	-0,542	-0,6747*** (22,4)
I1/L1	0,0002 (0,05)	0,0014 (0,13)	0,0227 (0,91)	-0,002	0,0256** (1,90)
A _E /L _E	0,1539*** (9,88)	-0,0540*** (3,49)	0,1931*** ^c (2,63)		0,2304*** (6,62)
K _E /L _E	-0,1663*** (8,51)	0,0591*** (4,13)	0,1036 ^c (1,40)		0,5706*** (15,7)

^a Os valores entre parênteses nas três primeiras colunas são os testes "t". O teste "t" para as elasticidades foi obtido pela divisão das elasticidades pelos seus respectivos desvios-padrões sendo os desvios-padrões, as médias dos desvios de SK_E, SA_E e T_E, (Mundlak & Tropp, 1980). Os níveis de significância de 1, 5 e 10 por cento são indicados por ***, **, * e *, respectivamente. K/N é estoque de capital per capita na economia. T_i/L_i é o investimento total do setor dividido pela força de trabalho agrícola. r a taxa média de retorno ao capital em atividades agrícolas. P₁ é o preço dos produtos agrícolas. W taxa de salário agrícola. PA o preço da terra. K_i/L_i é a razão capital-trabalho para o setor agrícola exportador. A_i/L_i é a razão terra-trabalho para o setor agrícola exportador. (T-1) indica que a variável foi defasada de um ano.

^b O R² para o sistema foi calculado de $R^2 = 1 - \frac{[\sum (\text{resíduos})^2/SQT]}{[\sum (\log(K_i/L_i))]^2}$, em que os resíduos foram computados da função de produção depois de introduzir as estimativas para SA_i, SK_i e T_i. O denominador é a soma total dos quadrados das variáveis dependentes.

^c Coeficientes de $[\log(A_i/L_i)]^2$ e $[\log(K_i/L_i)]^2$.