

Mudança tecnológica e produtividade do milho e da soja no Brasil*

Gabriel Luiz Seraphico Peixoto da Silva **

José Roberto Vicente***

Denise Viani Caser****

Funções de produtividade são estimadas para as culturas do milho e da soja na região Centro-Sul do Brasil. Efeitos da geração local e da transferência inter-regional de tecnologia, das condições do clima e do solo, das variações do tempo atmosférico e das relações de preços fertilizante/terra e fertilizante/produto, sobre o rendimento dessas culturas, são mensurados. Evidências adicionais são apresentadas para reforçar os resultados estatísticos que indicaram a ocorrência de importante transferência inter-regional de tecnologia, apesar da grande diversidade ambiental e econômica da região estudada.

1. Introdução; 2. Metodologia; 3. Resultados e discussão; 4. Conclusões e sugestões.

1. Introdução

A discussão sobre geração local *versus* transferência de tecnologia agrícola vem despertando grande interesse, seja em termos de transferência entre

*Esta pesquisa foi realizada no âmbito do Protocolo FEA/USP-IEA/SAAESP, e em diferentes etapas recebeu apoio do CNPq e do Convênio FIPE-FINEP. Os autores agradecem a colaboração dos engenheiros agrônomos Dimas Soares Júnior e Lúcio Fagundes, e da meteorologista Maria Elisa Siqueira Silva, na elaboração do material empírico sobre pesquisa agrônômica e condições do tempo, respectivamente; agradecem também os comentários e sugestões de Cicely Moitinho Amaral, e de dois revisores anônimos da *Revista Brasileira de Economia*, a uma versão anterior deste trabalho, apresentada no XXIX Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, Campinas, SOBER, jul.1991.

** Engenheiro agrônomo, doutor em economia, professor da FEA/USP e pesquisador do IEA/SAAESP.

*** Engenheiro agrônomo, mestre em economia agrária, doutorando em economia da FEA/USP e pesquisador do IEA/SAAESP.

**** Estatística, pesquisadora do IEA/SAAESP.

países ou entre regiões. No Brasil, o conhecimento acumulado sobre esse tema pode ser considerado ainda insuficiente, em particular no que diz respeito às possibilidades e limitações da transferência inter-regional, de grande importância devido à dimensão continental do país, à contínua expansão da fronteira agrícola, ao longo tempo necessário para a realização de pesquisas e obtenção de resultados significativos em novas regiões agrícolas, e aos elevados custos envolvidos

O processo de transferência de tecnologia pode ser dificultado por três classes de fatores, segundo Evenson (1987). A primeira relaciona-se aos fatores ambientais, tais como características do solo e do clima. A segunda diz respeito às condições econômicas, refletidas nos preços dos fatores de produção e dos produtos. A terceira engloba aspectos relacionados à infra-estrutura pública e a intervenções governamentais. Conforme Hayami & Ruttan (1988), uma quarta classe de fatores poderia ainda afetar a transferência de tecnologia: os fatores institucionais, isto é, as regras de comportamento de indivíduos e grupos numa sociedade, inclusive as que se referem à distribuição dos fluxos de renda originados pela mudança tecnológica. Em geral, as duas primeiras classes mostram-se mais importantes, mas as duas últimas também podem inibir a transferência de tecnologia.

Estudos agrônômicos têm mostrado que o desenvolvimento e a produção de plantas podem variar largamente sob diferentes condições de solo e de clima. Enquanto alguns genótipos são mais cosmopolitas, outros exigem verdadeiros nichos ecológicos. A dificuldade de criar plantas simultaneamente tolerantes a diversas condições particulares de clima e de solo resulta muitas vezes em tecnologias com apreciável grau de especificidade locacional, que dificulta sua transferência.

Investigações econômicas têm evidenciado, por outro lado, que os preços relativos dos fatores de produção podem igualmente inibir a transferência de tecnologia. Tais preços dependem da escassez dos recursos e são muito influenciados por questões locais. Isso acontece com recursos naturais, como a terra, mas também com meios de produção produzidos, como os fertilizantes e corretivos.

Nesta pesquisa, todos esses aspectos serão considerados passíveis de influenciar a transferência de tecnologia, nas culturas do milho e da soja, na região Centro-Sul do Brasil. A grande dificuldade para obtenção dos dados necessários fez com que o estudo fosse circunscrito a essa região, havendo grande interesse em ampliá-lo para abranger as regiões Norte e Nordeste e também outras culturas.

Ao longo dos quinquênios 1972-77 e 1984-88, esses dois grãos ocuparam sempre as duas primeiras posições, em termos de participação no valor da produção agrícola brasileira, com cerca de 13% cada produto. São culturas que estão se modernizando: o milho apresentou ganhos de rendimento de 1,60% aa. e

de 2,96% aa. nos períodos 1966-77 e 1977-88, respectivamente; a soja, ganhos de 4,99 aa. e 2,62% aa. nos mesmos períodos.¹

A região Centro-Sul abrange ampla área, correspondente às regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país. É grande a diversidade edafoclimática nessa região, onde o ambiente econômico também apresenta variações expressivas. Para dar uma idéia da diversidade ambiental e econômica da região em estudo, alguns dados foram reunidos na tabela 1.

Tabela 1
Indicadores das condições de clima, solo e preço relativo
fertilizante/terra na área estudada

Região/ estado	Lati- tude ¹ (°Sul)	Alti- tude ¹ (m)	Tempe- ratura ¹ (°C)	Pluvio- sidade ¹ (mm)	Terra para La- voura ² (%)	Preço relativo ³ (1977=100)	
						1966	1986
<i>Centro-Oeste</i>							
Goiás ⁴	17	750	24,2	1.453	61	143	28
Mato Grosso	15	151	25,7	1.223	58	377	40
Mato Grosso do Sul	21	450	24,9	1.182	58	-	33
<i>Sudeste</i>							
Minas Gerais	20	708	23,3	1.455	57	268	33
São Paulo	22	625	21,5	1.176	81	403	55
<i>Sul</i>							
Paraná	24	471	24,2	978	61	514	49
Santa Catarina	27	798	21,4	924	64	337	45
Rio Grande do Sul	28	439	23,0	1.000	71	442	68

¹Valores médios dos postos meteorológicos considerados; para temperatura e pluviosidade foi usado o período de outubro a abril. Os estados foram representados pelos postos meteorológicos indicados. Goiás - Catalão e Goiânia. Mato Grosso - Cuiabá. Mato Grosso do Sul - Campo Grande, Coxim e Ponta Porã. Minas Gerais - Frutal, Uberaba, Bambuí, Caratinga, Viçosa e Lavras. São Paulo - Campinas, Limeira, Mocóca, Pindorama, Ribeirão Preto e Tietê. Paraná - Guaíra, Jacarezinho e Londrina. Santa Catarina - Campos Novos e Porto União. Rio Grande do Sul - Lagoa Vermelha, Cruz Alta, Irajá, Passo Fundo, Santa Maria e São Luiz Gonzaga.

²Porcentagem de terras para lavouras, com aptidão boa e regular, usando-se níveis de manejo A e B, em relação à área total de cada estado.

³Relação entre o preço da tonelada de superfosfato simples e do hectare de terra de cultura.

⁴Inclui o atual estado de Tocantins.

Fonte: dados meteorológicos e de localização do Instituto Nacional de Meteorologia, Instituto Agrônomo de Campinas, Coordenadoria de Assistência Técnica Integral/Instituto de Economia Agrícola, dados de preços da Fundação Getúlio Vargas, dados de solos da Série Aptidão Agrícola das Terras e de Vicente (1989).

¹ Participações e taxas calculadas com dados básicos do IBGE, organizados por Silva; Caser & Vicente (1990) e dados básicos da FGV (Preços Recebidos pelos Agricultores).

Verifica-se que o intervalo de variação da latitude é amplo (15°Sul a 28°Sul), o mesmo acontecendo com a altitude (151m a 798m), temperatura (21,4°C a 25,7°C) e pluviosidade (924mm a 1.455mm). A proporção das terras de melhor qualidade em relação ao total também varia muito entre estados (57% a 81%). De outra parte, o ritmo de queda do preço relativo fertilizante/terra foi muito diferente na região Centro-Oeste, comparativamente às regiões Sudeste e Sul, ao longo do período investigado. Em princípio, poder-se-ia imaginar que tal diferenciação ecológica e econômica pudesse inibir a transferência inter-regional de tecnologias.

As instituições públicas de suporte científico e tecnológico à agricultura (e em particular às lavouras de milho e soja) estão concentradas na região Centro-Sul, cabendo destacar o Instituto Agronômico de Campinas e o Instituto Biológico, do estado de São Paulo, o Instituto Agronômico do Estado do Paraná, o Instituto de Pesquisas Agronômicas do Estado do Rio Grande do Sul e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo no Estado de Minas Gerais e Centro Nacional de Pesquisa de Soja no Estado do Paraná). Organizações privadas que fazem pesquisa com milho também se concentram nessa região (Agrocere, Cargill e várias outras empresas).

Além da mudança tecnológica, seja ela decorrente de geração ou transferência de tecnologia, é sabido que outras variáveis podem ter marcantes efeitos sobre a produtividade da terra na agricultura. Entre elas merecem destaque as condições do solo e do clima, as variações do tempo atmosférico e o uso de fertilizantes. Medir os efeitos de todos esses fatores sobre a produtividade das culturas de milho e de soja na região Centro-Sul do Brasil é o objetivo deste trabalho.

Cruz (1986) realizou pesquisa com objetivos semelhantes, abrangendo as cinco regiões geográficas do país e o estado de São Paulo, tomado isoladamente. Não conseguiu detectar transferência inter-regional de ganhos de rendimento no período 1947-49 a 1982-84 para o milho, e no período 1952-54 a 1982-84 para a soja. Não obstante, em outra investigação, Evenson & Cruz (1989) apresentam evidência de pequenas transferências no mesmo período, resultado conflitante com o do primeiro estudo. Vicente (1989) não conseguiu medir separadamente os efeitos da pesquisa agrônômica desenvolvida nas várias regiões, da desenvolvida no estado de São Paulo, sobre a produtividade agrícola nas unidades da Federação; os resultados não permitiram, tampouco, rejeitar a hipótese de influência da pesquisa paulista sobre a produtividade da agricultura dos demais estados.

Em relação ao trabalho de Vicente (1989), o presente estudo pretende conseguir alguma evidência da influência da tecnologia gerada em cada região (e não somente no estado de São Paulo) sobre as demais. Com respeito ao trabalho de Cruz (1986) e de certa forma ao de Evenson & Cruz (1989),

espera-se que este estudo forneça evidência conclusiva no sentido de corroborar ou refutar a hipótese de que a tecnologia agrícola caracteriza-se por grande especificidade locacional, que dificultaria e poderia mesmo impedir sua transferência.

Alguns pontos desses trabalhos merecem considerações adicionais. Cruz (1986) não inseriu em seus modelos variáveis representativas das condições de solo e clima e das variações do tempo. Evenson & Cruz (1989) tentaram considerar estas últimas variáveis de modo indireto, mas não incluíram as primeiras. Em ambos os trabalhos a pesquisa foi medida através dos gastos, e não dos resultados obtidos, em termos de conhecimentos. Aliás, a medida de conhecimentos utilizada por Vicente (1989) — artigos científicos — também pode ser vista com alguma reserva, uma vez que os dados tiveram que ser interpolados para os anos nos quais foi possível calcular produtividades. Todos esses fatores podem ter afetado os resultados obtidos nesses trabalhos, mascarando os possíveis efeitos da transferência de tecnologia.

Não se pode ignorar, por outro lado, indicações contrárias, mencionadas por diversos autores que estudaram a evolução da tecnologia agrícola no Brasil, particularmente no que diz respeito a variedades e híbridos, e que serão condensadas e discutidas na parte dos resultados. Vale mencionar aqui, entretanto, que, ao analisar a importância dos desequilíbrios tecnológicos para a questão alimentar no Brasil, Melo (1983) já apontara que a transferência inter-regional havia desempenhado papel de destaque em alguns casos, o que todavia não foi considerado por Evenson & Cruz (1989).

2. Metodologia

Conceitualmente, a produção, por unidade de área (rendimento ou produtividade da terra) pode ser vista como uma função das condições do solo, do clima, da técnica ou processo de produção utilizado e das condições do tempo atmosférico.

Nesta abordagem, o solo e o clima condicionam o rendimento potencialmente capaz de ser obtido através de cada técnica ou processo de produção, enquanto que as flutuações das safras são motivadas pelas condições do tempo reinantes em cada ano agrícola.

Por técnica, ou processo de produção, entende-se a quantidade e a qualidade dos fatores de produção utilizados e o modo como são empregados. Naturalmente, certos tipos de fatores terão influência mais direta sobre a medida de produtividade utilizada; considerando-se o rendimento ou produtividade da terra, esse é o caso das sementes, fertilizantes, corretivos e defensivos.

Os preços relativos dos fatores de produção levam à escolha, pelos produtores, de uma determinada técnica, dentre o conjunto das disponíveis, num

processo dinâmico que provoca modificações nas produtividades parciais. O rendimento, em particular, tenderia a aumentar com a redução do preço relativo fertilizante/terra.

A longo prazo, ganhos de produtividade advêm do progresso tecnológico, já que o desenvolvimento de novas técnicas de produção diminui a necessidade de fatores por unidade de produto. Essa redução é mais notável se o progresso tecnológico foi viesado no sentido de poupar o fator mais escasso e caro.

No presente estudo, as condições do solo e do clima foram representadas pela aptidão agrícola das terras, mais especificamente pelo percentual, em relação à área total de cada estado, das terras aptas para lavouras, com aptidão boa e regular, usando-se os níveis de manejo A e B, conforme a classificação utilizada pelo Ministério da Agricultura (Série Aptidão Agrícola das Terras). Pela metodologia adotada naquele estudo, terras para lavoura definidas como boas não apresentam limitações significativas para a produção, observando-se as condições de manejo consideradas; pode haver restrições mínimas, que não afetem a produtividade, nem elevem o uso de insumos acima de um nível aceitável. Terras regulares podem apresentar limitações moderadas para a produção, observando-se as condições de manejo consideradas; essas limitações reduzem a produtividade, ou podem aumentar significativamente a necessidade de insumos de forma a tornar seu uso vantajoso. O nível de manejo A é baseado em práticas agrícolas que refletem um baixo nível tecnológico; praticamente não há aplicação de capital para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras, e as práticas agrícolas dependem do trabalho braçal, podendo ser utilizada alguma tração animal com implementos agrícolas simples. Já o nível de manejo B é baseado em práticas agrícolas que refletem um nível tecnológico médio; caracteriza-se pela modesta aplicação de capital e de resultados de pesquisa para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras, com as práticas agrícolas condicionadas à tração animal. Pode-se inferir que as terras aptas à agricultura, com práticas de manejo tão simples, devem ser ainda mais produtivas quando cultivadas com métodos mais aprimorados.

Para os estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Goiás, não disponíveis na Série Aptidão Agrícola das Terras, foram utilizados os percentuais de terras aptas estimados por Vicente (1989), usando os parâmetros da regressão estimada entre os percentuais de terras aptas e um índice de produtividade de várias culturas para os demais estados.

Quanto às condições do tempo, preferiu-se utilizar as mais frequentemente citadas como capazes de influenciar o rendimento, que são a temperatura e a precipitação pluviométrica. Conforme estudo anterior de Silva; Vicente & Caser (1986), essas variáveis foram inseridas nos modelos através da variável derivada deficiência hídrica, obtida por meio do balanço hídrico, estimado pelo método de Thornthwaite & Mather (1955). O nível de armazenamento de água

no solo (50mm) para cálculo de balanço e os períodos de agregação das deficiências hídricas mensais também foram os preconizados anteriormente por Silva, Vicente & Caser (1986). Os dados primários tiveram como fonte o Instituto Nacional de Meteorologia, exceto para São Paulo, onde foram utilizados, além dessa fonte, dados do Instituto Agrônomo e do Instituto de Economia Agrícola/Coordenadoria de Assistência Técnica Integral.²

Como medida de estoque de invenções (ou indicador de progresso tecnológico), utilizou-se o número de artigos científicos publicados em cada estado, na região geográfica de cada estado (e seu número excedente em relação a cada estado) e na região Centro-Sul (e sua diferença em relação a cada região geográfica), conforme método empregado, entre outros, por Evenson & Kislev (1973), Silva (1984) e Vicente (1989). A partir desses mesmos trabalhos, definiu-se o período durante o qual os conhecimentos divulgados através dos artigos seriam capazes de influenciar os rendimentos em cada ano-safra considerado, que foi circunscrito entre o quinto e o vigésimo anos precedentes, em consequência do tempo necessário para adoção e difusão de novas técnicas e para sua depreciação ou obsolescência. O inventário de pesquisas, por produto e por estado, foi obtido a partir dos inventários organizados para os trabalhos de Silva (1986) e Silva; Fonseca & Martin (1979), que foram revistos, atualizados e complementados.³ A inexistência de dados apropriados impediu que o papel da assistência técnica e da extensão rural no processo de inovação e difusão fosse considerado, como seria desejável.

Dentre os insumos condicionantes da produtividade da terra anteriormente citados, foram escolhidos para introdução nos modelos os fertilizantes (através

² Foram selecionados postos meteorológicos localizados nas áreas de concentração das culturas, a partir de dados referentes às microrregiões homogêneas de cada estado (FIBGE, 1976, 1979 e 1982). Para ambos os produtos foram utilizados os postos de Catalão, Jataí e Rio Verde, no estado de Goiás; Cuiabá, no estado do Mato Grosso; Dourados, Paranaíba e Ponta Porã, no estado de Mato Grosso do Sul; Capinópolis e Uberaba, em Minas Gerais; Campo Mourão, Guaíra, Jacarezinho e Londrina, no estado do Paraná; Irajá, Passo Fundo e São Luiz Gonzaga, no estado do Rio Grande do Sul; Campos Novos, Chapecó e Porto União, no estado de Santa Catarina; e Bauru, Campinas, Mococa e Ribeirão Preto, no estado de São Paulo. Além desses, para a cultura do milho foram considerados os postos de Goiânia (em Goiás); Bambuí, Caratinga, Frutal, Lavras, Machado e Viçosa (em Minas Gerais); Lagoa Vermelha (no Rio Grande do Sul); e Araçatuba, Limeira, Pindorama e Tietê (em São Paulo). Para a cultura da soja, foram também utilizados os postos de Coxim e Campo Grande (em Mato Grosso do Sul), e Cruz Alta e Santa Maria (no Rio Grande do Sul). Alguns dos postos mencionados não foram considerados na elaboração da tabela 1 por falta de algumas informações.

³ A revisão, atualização e complementação consistiu, basicamente, na eliminação das publicações não-seriadas (consideradas pelos autores citados) e na consulta aos índices e resumos das revistas *Anais da Esalq* (1945-81), *O Biológico* (1945-81), *Revista da Agricultura* (1945-81), *Bragantia* (1945-81), *Arquivos do Instituto Biológico* (1945-81), *Pesquisa Agropecuária Brasileira* (1966-81), *Ceres* (1945-81), *Ciência e Prática* (1977-81), *Experientiae* (1961-81), *Cientifica* (1974-81), *Agronomia Sulriograndense* (1954-81) e *Revista do Setor de Ciências Agrárias* (1979-81).

da relação entre preço de fertilizante fosfatado e preço de terra para lavoura). Uma alteração nessa relação de preços, deve induzir ao aumento da utilização do insumo que se tornar proporcionalmente mais barato; no caso de uma redução no preço relativo do fertilizante, é de se esperar ganhos na produtividade da terra, em consequência do aumento de seu uso. O preço dos fosfatados foi escolhido para representar o dos fertilizantes por ser o fósforo o nutriente mais utilizado, devido à maior pobreza dos solos brasileiros nesse elemento.

A relação de preços fertilizante/produto tem sido tradicionalmente empregada para explicar ganhos de rendimento; de fato, em determinadas circunstâncias, a sua redução pode induzir a um aumento no uso de fertilizantes e, conseqüentemente, na produtividade da terra.

Uma outra fonte de variação dos rendimentos, por vezes também considerada, é a área cultivada; em geral, espera-se que seu aumento provoque quedas de produtividade, devido à expansão da cultura em áreas menos aptas.

Para as culturas do milho e da soja, os estados selecionados para ajustes dos modelos foram Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Minas Gerais e São Paulo; os demais não foram considerados em face da sua diminuta participação na produção. Até 1977 os dados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul estão agregados, formando o antigo estado de Mato Grosso.

As fontes dos dados de área e de rendimento foram o Instituto de Economia Agrícola, para São Paulo (*Informações Econômicas*) e a Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (dados organizados por Silva; Caser & Vicente, 1990), para os demais estados. As informações sobre preços tiveram como fonte a Fundação Getúlio Vargas (*Preços pagos pelos agricultores; Preços recebidos pelos agricultores; Preços médios de arrendamento, vendas de terras, salários, serviços*).⁴

A forma geral do modelo, pelo acima exposto, ficou sendo:

$$R_i = f(TAL, DH_i, ACEST, ACREG, ACCS, PRFT_{i-1}, PRFP_{i-1}, VAC) \text{ onde:}$$

R = rendimento, em kg/ha;

TAL = percentual de terras aptas para lavoura com os níveis de manejo A e B, que, espera-se, influencie positivamente o rendimento;

DH = deficiência hídrica (em mm) do período dezembro-março (para o milho) ou outubro-abril (para a soja), considerando-se uma capacidade de campo igual a 50mm, que deve exercer influência negativa sobre o rendimento;

$ACEST$ = número de artigos científicos publicados entre o quinto e o vigésimo anos anteriores e referentes à cultura do milho ou da soja e ao estado em questão, que, espera-se, influencie positivamente o rendimento;

⁴ Para preencher algumas lacunas nas séries de preços, foram inseridos dados de outros estados, sempre que possível limítrofes.

ACREG = idem, considerando apenas os outros estados da região;

ACCS = idem, considerando os estados das outras regiões do Centro-Sul;

PRFT = relação de preços tonelada de superfosfato simples/hectare de terra apta para lavoura (1977=100), no ano anterior, que deve influir negativamente sobre o rendimento;

PRFP = relação de preços tonelada de superfosfato simples/tonelada de produto (1977=100), no ano anterior, que deve influir negativamente sobre o rendimento;

VAC = variação da área cultivada, cujo parâmetro espera-se tenha sinal negativo; e

t = ano agrícola, para rendimento, área e deficiência hídrica; ano civil para preços.

O período analisado foi limitado pela disponibilidade de dados de preços de fertilizantes (a partir de 1966) e das variáveis climáticas (até 1986). Os modelos foram ajustados com um *pool* de dados de séries temporais e cortes seccionais, referentes a cada estado nesse período.

O estimador mais simples nesses casos é o conhecido como estimador de variáveis *dummies* ou binárias. Seu uso é restrito para casos de série temporal relativamente grande e relativamente poucos cortes seccionais. Além disso a diferença entre o número de cortes seccionais e o número de parâmetros que estão sendo estimados deve ser inferior a nove; caso contrário, outros estimadores, como modelos de componentes dos erros, são mais eficientes, apesar de computacionalmente mais complexos.⁵

Formalmente, chamando-se de $i=1,2,\dots,N$ as observações dos cortes seccionais e de $t=1,2,\dots,T$ as das séries temporais, o modelo de variáveis binárias pode ser descrito como:

$$y_{it} = \beta_{i1} + \sum_{k=2}^K \beta_k X_{kit} + e_{it}$$

onde β_{i1} representa o coeficiente do intercepto para a i -ésima unidade de corte seccional, β_k representa os coeficientes angulares que são comuns a todas as unidades, Y_{it} é a variável dependente, os X_{kit} são as variáveis explicativas e e_{it} são erros aleatórios e independentes. É possível e conveniente reescrever o modelo como:

⁵ Este parágrafo, bem como o restante deste item foi desenvolvido a partir de Judge et alii (1988).

$$y_{it} = \sum_{j=1}^N \beta_{j1} D_{jt} + \sum_{k=2}^K \beta_k X_{kit} + e_{it}$$

onde D_{jt} são variáveis binárias e assumem valores 0 ou 1, mais especificamente, $D_{jt} = 1$ se $j = i$ e igual a 0 se $j \neq i$. Dessa forma, existe uma variável binária referente a cada unidade, e a binária correspondente à j -ésima unidade tem valor unitário para as observações dessa unidade e zero para as demais.

Essa formulação é facilmente alterada para permitir a introdução de um termo constante; nesse caso, o número máximo de variáveis binárias possível de ser incluído no modelo é igual a $N-1$, e estas passam a representar a diferença do nível do intercepto de cada unidade em relação à unidade não representada por nenhuma binária. Essa variação tem a forma:

$$y_{it} = \delta_1 + \sum_{j=2}^N \delta_j D_{jt} + \sum_{k=2}^K \beta_k X_{kit} + e_{it}$$

onde $\delta_1 = \beta_{11}$ é o intercepto para a unidade sem binária e $\delta_j = \beta_{j1} - \beta_{11}$, $j = 2, 3, \dots, N$ são as diferenças entre o intercepto da j -ésima unidade e a unidade 1 (sem binária).

As variáveis binárias captam possíveis efeitos de variáveis não consideradas explicitamente nos modelos.

3. Resultados e discussão

Nos modelos ajustados, a introdução da variável terras aptas para lavoura, para a qual não foram admitidas alterações no horizonte de tempo considerado, fez com que a mesma tivesse comportamento similar ao de uma variável binária adicional. Por esse motivo, os modelos apresentavam multicolinearidade perfeita quando todas as binárias (ou $N-1$, quando o modelo foi ajustado com intercepto) estavam presentes. Para contornar esse problema, o ajuste foi efetuado em duas fases: uma das binárias representativas dos estados era retirada e, a seguir, inserida no modelo em substituição a uma das não-significativas do primeiro ajuste. Esse procedimento não altera o valor dos coeficientes estimados, exceto os das próprias variáveis binárias e da variável representativa das condições edafoclimáticas.

A transformação dos dados em logaritmos não melhorou os resultados obtidos; por isso, optou-se por utilizá-los na forma original. O método de

estimação empregado foi o de mínimos quadrados ordinários, não se tendo encontrado justificativa para o uso de outro.

O parâmetro estimado para a variação da área cultivada não foi estatisticamente significativo em nenhum modelo para ambos os produtos e por isso a variável foi excluída.

Para o milho, os parâmetros estimados são, via de regra, significativos a 5% de probabilidade e com sinais consistentes com as expectativas (tabelas 2 e 3). Coeficientes negativos para a variável deficiência hídrica (*DH*) também foram obtidos no estudo do IPEA (1972) para a região Centro-Sul, e por Silva; Vicente & Caser (1986) para o estado de São Paulo. O parâmetro estimado para a variável representativa da aptidão agrícola das terras (*TAL*) — positivo — é

Tabela 2

Resultados da análise de regressão utilizando deficiência hídrica, terras aptas para lavoura, artigos científicos referentes a cada estado, artigos científicos referentes aos demais estados da região geográfica, artigos científicos referentes aos estados de outras regiões do Centro-Sul, preço relativo fertilizante/terra, preço relativo fertilizante/produto e variáveis binárias, como variáveis explicativas do rendimento do milho

Variável	Parâmetro estimado	t	Nível de significância ¹
INTERCEPTO	398,301741	0,517	0,6061
DH	-2,729145	-4,860	0,0001*
TAL	17,011392	1,474	0,0715*
ACEST	3,052126	1,346	0,0903*
ACREG	6,070797	3,133	0,0010*
ACCS	3,696195	3,976	0,0001*
PRFT	-0,535574	-2,272	0,0123*
PRFP	0,153332	0,245	0,4033*
DPR	300,266658	3,695	0,0003
DSC	284,860685	3,697	0,0003
DRS	-353,340422	-3,443	0,0008
DMT1	-27,975545	-0,263	0,7926
DMT2	-271,474087	-2,783	0,0062
DMS	-64,009824	-0,631	0,5294
DMG	-325,450697	-1,275	0,2047
R ²	0,7047	F	22,6660
			0,0001

¹ Os valores assinalados com asterisco referem-se a testes unilaterais; os demais são bilaterais.

Fonte: dados da pesquisa.

Tabela 3
Resultados da análise de regressão utilizando deficiência hídrica, terras aptas para
lavoura, artigos científicos referentes à região geográfica, artigos científicos
referentes aos estados de outras regiões do Centro-Sul, preço relativo
fertilizante/terra, preço relativo fertilizante/produto e variáveis binárias, como
variáveis explicativas do rendimento do milho

Variável	Parâmetro estimado	t	Nível de significância ¹
INTERCEPTO	677,267809	0,965	0,3362
DH	-2,651161	-4,785	0,0001*
TAL	12,323442	1,205	0,1152*
ACRE	4,739241	3,924	0,0001*
ACCS	3,782341	4,094	0,0001*
PRFT	-0,527572	-2,242	0,0266*
PRFP	0,108302	0,174	0,4311*
DPR	311,878172	3,892	0,0002
DSC	313,590305	4,498	0,0001
DRS	-326,944204	-3,334	0,0011
DMT1	-41,797485	-0,398	0,6910
DMT2	-286,178360	-2,980	0,0034
DMS	-79,079036	-0,791	0,4303
DMG	-255,584431	-1,054	0,2937
R ²	0,7029	F 24,3920	0,0001

¹ Os valores assinalados com asterisco referem-se a testes unilaterais; os demais são bilaterais.

Fonte: dados da pesquisa.

coerente com os obtidos por Vicente (1989), utilizando como variável dependente uma medida de produtividade agregada. O nível de significância da variável número de artigos científicos publicados no estado (*ACEST*), 9,0%, está provavelmente associado à dispersão dessa variável, uma vez que estados com pouca tradição de pesquisa mascaram o efeito em outros onde esses serviços são mais tradicionais e mais bem estruturados. A influência positiva das variáveis representativas de pesquisa em outros estados da região (*ACREG*) e em outras regiões da região Centro-Sul (*ACCS*) é consistente com os resultados obtidos por Silva (1986), que utilizou o rendimento do milho, em São Paulo, como variável dependente e o número de artigos publicados naquele estado, referentes ao milho, como variável explicativa. A não-significância estatística ao nível de 5%, para a variável relação de preços fertilizante/produto,

é um resultado semelhante ao obtido por Melo (1977), trabalhando com a relação inversa (preço do milho ao nível do produtor/preço dos fertilizantes).

Quando as pesquisas publicadas em cada estado (ACEST) foram somadas às publicadas em outros estados da mesma região geográfica (ACRE), o nível de significância aumentou (tabela 3). Isso também pode ser um indicativo de que a especificidade da pesquisa não chega a ser tão elevada, de forma que o conhecimento gerado em um dos estados da região geográfica pode, aparentemente, ser utilizado nos demais.

Em termos de elasticidades do rendimento do milho, no ponto médio, calculadas a partir dos dados das tabelas, 2, 3 e 6, observa-se que níveis de deficiências hídricas no período dezembro-março, próximos do máximo da série (257mm), resultariam em quedas de rendimento próximas a 38% em relação à média de produtividade da série, que é de 1.814 kg/ha.

Estados com percentual elevado de terras aptas para lavoura contam com substancial vantagem comparativamente aos demais, uma vez que a elasticidade do rendimento do milho em relação a essa variável esteve entre 0,44 e 0,60 nos modelos ajustados.

Ainda através dos cálculos das elasticidades no ponto médio, é possível inferir que o conhecimento gerado, a cada 10 artigos científicos publicados, elevaria o nível dos rendimentos do milho em 1,7% com pesquisas desenvolvidas no estado, em 3,3% com pesquisas em outros estados da região geográfica, em 2,6% para o agregado de pesquisa desenvolvida na região geográfica e em torno de 2,0% para a pesquisa desenvolvida em estados de outras regiões geográficas dentro da região Centro-Sul. Os resultados de pesquisa desenvolvida no estado, conforme citado anteriormente, estão provavelmente subestimados, podendo, neste caso, a variável representativa de pesquisas em outros estados da região geográfica estar captando parte de seus efeitos.

A elasticidade referente à relação de preços fertilizante/terra indica que, caso esse índice de preço relativo atingisse marcas próximas ao máximo da série, o decréscimo resultante na produtividade seria da ordem de 15% (ou de 271kg/ha), também em relação à média dos rendimentos, pela utilização em menor escala dos fertilizantes.

Como no caso do milho, também para a soja os parâmetros estimados são, em geral, significativos e com os sinais esperados, à exceção da variável relação de preços fertilizante/produto (tabelas 4 e 5). Os coeficientes negativos para a variável deficiência hídrica (DH), concordam com os obtidos pelo IPEA (1972) para os estados do Rio Grande do Sul e Paraná, e por Silva; Vicente & Caser (1986) para o estado de São Paulo. Ayres (1985) constatou efeito favorável da precipitação e desfavorável da temperatura sobre a produtividade da soja nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo — resultados também compatíveis com os encontrados neste trabalho. O parâmetro estimado

para a variável representativa de aptidão agrícola das terras (TAL), como para a cultura do milho, apresenta sinal positivo.

Tabela 4
Resultados da análise de regressão utilizando deficiência hídrica, terras aptas para
lavoura, artigos científicos referentes à região geográfica, artigos científicos
referentes aos estados de outras regiões do Centro-Sul, preço relativo
fertilizante/terra, preço relativo fertilizante/produto e variáveis binárias, como
variáveis explicativas do rendimento da soja

Variável	Parâmetro estimado	t	Nível de significância ¹
INTERCEPTO	267,406115	0,735	0,4635
DH	-2,093684	-5,908	0,0001*
TAL	18,304713	3,533	0,0003*
ACEST	1,282085	1,028	0,1529*
ACREG	2,237899	2,042	0,0216*
ACCS	1,072791	1,864	0,0323*
PRFT	-0,999656	-4,674	0,0001*
PRFPR	1,150139	2,184	0,0153*
DPR	484,975745	5,481	0,0001
DSC	-296,567359	-3,837	0,0002
DRS	-199,965135	-3,169	0,0019
DMT1	300,678592	2,903	0,0043
DMT2	443,346406	4,461	0,0001
DMS	191,172959	1,910	0,0583
DMG	38,297486	0,314	0,7539
R ²	0,7019	F 22,0350	0,0001

¹ Os valores assinalados com asterisco referem-se a testes unilaterais; os demais são bilaterais.

Fonte: dados da pesquisa.

O nível de significância da variável número de artigos científicos publicados no estado (ACEST), 15,3%, é provavelmente explicado pela dispersão dessa variável, além de sua complementaridade com as pesquisas desenvolvidas em outros estados da região. A influência positiva das variáveis representativas de pesquisa em outros estados da região (ACREG) e em outras áreas da região Centro-Sul (ACCS) também é consistente com os resultados obtidos por Silva (1986), que relacionou o rendimento da soja, em São Paulo, através de modelo de regressão, ao número de artigos publicados naquele estado, referentes àquela cultura, bem como os obtidos por Ayres (1985), que relacionou rendimento da soja nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo a

investimentos públicos em pesquisa de soja. Como ocorrido com o milho, quando as pesquisas referentes a cada estado são consideradas conjuntamente com as publicadas em outros estados das respectivas regiões geográficas, sua significância é aumentada (tabela 5). Significância estatística ao nível de 5% — e sinal positivo para variável relação de preços fertilizante/produto — é um resultado não esperado, em face do obtido por Ayres (1985), que, trabalhando com a relação inversa (preço de soja/preço de fertilizante), encontrou parâmetro estatisticamente não diferente de zero.⁶

Analizando-se, para a soja, as elasticidades do rendimento, no ponto médio, calculadas a partir das tabelas 4, 5, 6, observa-se que níveis de deficiências hídricas no período outubro-abril, próximos do máximo da série (393mm),

Tabela 5

Resultados da análise de regressão utilizando deficiência hídrica, terras aptas para lavoura, artigos científicos referentes à região geográfica, artigos científicos referentes aos estados de outras regiões do Centro-Sul, preço relativo fertilizante/terra, preço relativo fertilizante/produto e variáveis binárias, como variáveis explicativas do rendimento da soja

Variável	Parâmetro estimado	t	Nível de significância ¹
INTERCEPTO	286,898431	0,794	0,4284
DH	-2,100246	-5,944	0,0001*
TAL	17,963912	3,499	0,0003*
ACRE	1,821538	2,214	0,0143*
ACCS	1,086200	1,893	0,0302*
PRFT	-1,003673	-4,707	0,0001*
PRFP	1,148564	2,187	0,0152*
DPR	498,465005	5,856	0,0001
DSC	-282,100292	-3,869	0,0002
DRS	-209,299724	-3,440	0,0008
DMT1	302,298973	2,927	0,0040
DMT2	444,297935	4,483	0,0001
DMS	191,627917	1,919	0,0571
DMG	47,525929	0,394	0,6940
R ²	0,7012	F	23,8240
			0,0001

¹ Os valores assinalados com asterisco referem-se a testes unilaterais; os demais são bilaterais.

Fonte: dados da pesquisa.

⁶ Dado esse resultado intrigante, o modelo foi reestimado, excluindo-se a relação de preços fertilizante/produto, mas não houve mudanças significativas nos demais resultados.

Tabela 6
Estatísticas básicas das variáveis utilizadas nos modelos e elasticidades calculadas

Variável(3)	Cultura do milho (1)					Cultura da soja (2)				
	Valor	Valor	Valor médio	Elasticidade		Valor	Valor	Valor médio	Elasticidade	
	mínimo	máximo		(4)	(5)	mínimo	máximo		(6)	(7)
R	1.037	2.750	1.814	-	-	763	2.240	1.490	-	-
DH	0	257	21	-0,0316	-0,0306	0	393	48	-0,0677	-0,0680
TAL	57	81	64	0,6039	0,4377	57	81	64	0,7919	0,7771
ACEST	0	109	16	0,0273	-	0	116	11	0,0097	-
AGREG	0	106	19	0,0655	-	0	121	17	0,0261	-
ACRE	0	189	35	-	0,0937	0	179	28	-	0,0352
ACCS	2	214	89	0,1815	0,1857	1	283	65	0,0467	0,0473
PRFT	54	514	184	-0,0545	-0,0537	54	514	185	-0,1240	-0,1245
PRFP	60	232	101	n.sig.	n.sig.	53	278	125	0,0965	0,0964

(1) Número de observações: 149.

(2) Número de observações: 148.

(3) As variáveis estão definidas no item 2.

(4) Elasticidade do rendimento no ponto médio, calculada segundo os parâmetros da tabela 2.

(5) Elasticidade do rendimento no ponto médio, calculada segundo os parâmetros da tabela 3.

(6) Elasticidade do rendimento no ponto médio, calculada segundo os parâmetros da tabela 4.

(7) Elasticidade do rendimento no ponto médio, calculada segundo os parâmetros da tabela 5.

Fonte: dados da pesquisa.

provocariam diminuição nos rendimentos ao redor de 55% em relação à média do período, que é de 1.490 kg/ha.

Outro resultado similar ao encontrado para o milho é o referente à importância das condições de clima e solo, uma vez que a elasticidade do rendimento da soja em relação à aptidão edafoclimática ficou ao redor de 0,78.

Com relação aos artigos científicos, as elasticidades indicam que o conhecimento acumulado a cada 10 artigos publicados propiciaria elevações nos rendimentos da ordem de 0,9% para as pesquisas desenvolvidas no estado, de 1,5% para as desenvolvidas em outros estados da região geográfica, de 1,2% considerando toda a região, e de 0,7% para as desenvolvidas em outras regiões do Centro-Sul. Também aqui é provável uma subestimação dos resultados da pesquisa no próprio estado, cujos efeitos podem estar sendo captados pelas pesquisas desenvolvidas nos outros estados da região geográfica.

Um menor uso de fertilizantes, causado pela elevação do índice de preço relativo fertilizante/terra para patamar semelhante ao máximo da série, provocaria queda de 34% (ou de 513kg/ha) no nível do rendimento em relação à média da série.

As evidências estatísticas obtidas neste estudo contrariam aquelas apresentadas por Cruz (1986) e também por Evenson & Cruz (1989). De fato, elas corroboram a hipótese de que, no caso do milho e da soja, os avanços tecnológicos foram transferidos entre regiões bastante diversas.

Como foi anteriormente mencionado, uma das razões para se suspeitar da fraqueza das evidências estatísticas ora contestadas foi a existência de indicações contrárias, que serão agora sumarizadas em apoio aos resultados estatísticos apresentados, que sugerem que a transferência de tecnologia foi possível e importante como fonte de ganhos de produtividade.

Com respeito ao milho, é interessante começar essa contraprova com o ponto de vista de dois conceituados melhoristas, o primeiro de uma instituição pública (Instituto Agrônomo de Campinas) e o segundo de uma organização privada (Agrocere). Conforme Miranda (1966): "Não há portanto necessidade, pelo menos em limites não extremos (nos dados apresentados as produções vão de 2.000 a 5.000kg/ha de grãos para as médias), de procurar obter tipos adaptados a muitos nichos ecológicos. É interessante a constatação de que a superioridade do híbrido é muito mais patente em condições adversas." Segundo Drummond (s.d.), "no estudo de adaptação dos híbridos não parece de muita importância a latitude e altitude. Há híbridos que vão relativamente bem em toda área, embora para ulterior aperfeiçoamento se torne necessária certa especialização. A adaptação a níveis de fertilidade diferentes parece ser bem mais importante" (citado por Miranda, 1966).

A partir dessas observações, seria de esperar a ocorrência de transferência de tecnologia, em termos de variedades e híbridos de milho. E há firmes indicações de que isso de fato aconteceu na região e período sob investigação.

Assim, já há 25 anos Conagin & Junqueira (1966) registraram que a entrada dos híbridos da Agrocere (Ag5, Ag7 e Ag17) e do Instituto Agronômico de Campinas (série H-6999) fez desaparecer o milho amarelinho (Cateto) que predominava no norte do estado do Paraná. Mencionam também que, no sul do Paraná, o híbrido Ag23 e a variedade sintética Asteca, desenvolvida do Instituto Agronômico de Campinas, foram introduzidos em substituição aos milhos dentados antes cultivados, o que igualmente aconteceu em Santa Catarina, e ainda que, naquela época, o estado de São Paulo exportava grande quantidade de sementes para o Rio Grande do Sul.

Considerando, com base nas informações de Miranda F^o & Viegas (1987), que o híbrido H-6999-A, desenvolvido em 1956, produzia 97% mais que a variedade Armour (representativa das variedades então cultivadas em São Paulo), e que a variedade Asteca, criada em 1957, produzia 65% mais que a Armour, conclui-se que houve transferência de tecnologia com potencial para aumentar a produtividade.

Miranda F^o & Viegas (1987) registraram que a variedade Piramex, desenvolvida em 1963 na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, em Piracicaba, com potencial produtivo comparável ao do híbrido H-6999-B (este 9% superior ao H-6999-A), tornou-se bastante disseminada entre agricultores da região Sul e mesmo em outras regiões do país.

Não foi possível obter informações mais recentes sobre o processo de transferência de variedades e híbridos de milho entre regiões e estados do Centro-Sul, mas as apresentadas parecem suficientes para reforçar as evidências estatísticas produzidas.

Tal como no caso do milho, também para a soja são amplas as indicações qualitativas de transferência de tecnologia, na forma de variedades, com possibilidades de se refletir quantitativamente nos rendimentos e na ampliação das áreas do cultivo, aspecto este que precisa ser salientado no caso dessa cultura, pois ao contrário do milho, a soja era cultivada em área reduzida e espacialmente muito concentrada no início do período investigado. Em 1966 — início da série utilizada neste estudo —, o milho ocupava área pouco superior a 8.700.000ha e, em 1986, fim do período aqui analisado, área 43% maior. Já a soja, era cultivada em 490.000ha em 1966, área que se expandiu 20 vezes até 1985 (Silva; Caser & Vicente, 1990).

O melhoramento da soja no estado de São Paulo produziu um importante conjunto de variedades que viabilizou a cultura no país, conforme Miranda (1977). Em 1958, foi criada a linhagem L-326, que deu origem à variedade batizada como Santa Rosa do Rio Grande do Sul, onde começou a ser multiplicada comercialmente a partir de 1963. Da mesma época é a variedade IAC-2, como a primeira também desenvolvida pelo Instituto Agronômico de Campinas. Santa Rosa mostrou-se muito bem adaptada às condições da região

Sul e IAC-2, às condições das áreas de cerrado das regiões Sudeste e Centro-Oeste, lançando as bases da sojicultura nessas regiões.

As variedades Mineira e Visçoja, selecionadas pela Universidade Federal de Viçosa, em Minas Gerais, e liberadas para os produtores em 1969, tiveram maior aceitação neste estado mas também foram utilizadas em São Paulo e no Paraná (Sediyama, 1981).

Um amplo programa de melhoramento de variedades de soja foi realizado no Rio Grande do Sul, pelo Instituto de Pesquisas Agronômicas (estadual) e por organizações federais que se sucederam sob a denominação de Instituto Agronômico do Sul, Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Sul e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, gerando resultados a partir de 1960, segundo Verneti et alii (1981). Todavia, aparentemente não teve sucesso, pelo menos até certa época, pois as numerosas variedades criadas não foram adotadas e difundidas, a julgar pelas informações disponíveis.

Para melhor elucidar essa questão, é interessante examinar dados sobre a área plantada com variedades nacionais. Estima-se que em 1973 a variedade Santa Rosa foi cultivada em 66% da área da cultura em São Paulo, 35% no Paraná, 33% no Rio Grande do Sul e 25% na região formada por Mato Grosso, Goiás e Minas Gerais. A variedade IAC-2 era utilizada em 25% da área de São Paulo e 60% da área da região acima mencionada. As variedades Visçoja e Mineira, conjuntamente, eram plantadas em 12% da área de Minas Gerais, 10% do Paraná e 5% de São Paulo (Miranda, 1977).

Esses dados causam estranheza por não indicarem o cultivo de variedades criadas no Rio Grande do Sul e por isso vale examinar também dados sobre a produção de sementes nesse estado. Verifica-se que, em 1973/74, as variedades desenvolvidas no Rio Grande do Sul (IAS-1, IAS-2, IAS-4, IAS-5, Planalto, Pérola e Prata) correspondiam a apenas 8% da produção total de sementes fiscalizadas, o que corrige o panorama antes descrito, sem entretanto alterar a idéia de que a cultura da soja no Rio Grande do Sul, àquela época, dependia mais de material importado de São Paulo que de material gerado localmente (Miranda, 1977).

Mesmo sem evidências mais recentes sobre a difusão de variedades de soja na região Centro-Sul, o que foi apresentado reforça os resultados encontrados através dos modelos estimados.

4. Conclusões e sugestões

Os resultados estatísticos discutidos na seção anterior mostraram a importância dos fatores ambientais como determinantes do rendimento do milho e da soja, justificando a realização de pesquisas sobre as condições de clima e solo nas áreas de expansão dessas culturas, e também de pesquisas visando atenuar limitações dessa natureza em áreas tradicionais de cultivo. Nesse

contexto, os resultados apontam ainda a necessidade de pesquisas visando o desenvolvimento de técnicas que permitam reduzir a vulnerabilidade dessas culturas às flutuações climáticas.

Os resultados também evidenciaram que a queda do preço relativo fertilizante/terra vem propiciando ganhos de produtividade nas lavouras de milho e de soja, devido a mudanças na alocação de fatores, podendo se imaginar que seu efeito indireto — ao favorecer a geração, adoção e difusão de novas variedades e híbridos com maior potencial produtivo — venha sendo ainda maior. Esse achado destaca a importância de pesquisas na indústria de fertilizantes e no setor de transportes, objetivando a redução do preço dos adubos.

Com respeito ao principal objetivo deste trabalho — a questão da mudança tecnológica —, os resultados econométricos confirmaram constatações anteriores de que a geração local de tecnologia vem provocando o aumento da produtividade do milho e da soja. Todavia, a contribuição mais importante deste trabalho foi corroborar a hipótese, refutada em estudos anteriores, de que a transferência de tecnologias agrícolas relacionadas a ambas as culturas vem ocorrendo, colaborando para a elevação de seus rendimentos em toda a região estudada e, especialmente no caso da soja, para a expansão das áreas cultivadas nos estados do Centro-Sul do Brasil. Para maior firmeza dessa conclusão, mostrou-se que os resultados estatísticos obtidos são consistentes com evidências sobre a difusão de variedades e híbridos, o que provavelmente ocorre também com outros aspectos do processo produtivo.

Esta última conclusão permite questionar sugestões de política tecnológica que enfatizam a necessidade de dispersar as unidades de pesquisa agrícola. Pode-se conjecturar que, em muitos casos, os benefícios advindos de uma maior concentração de recursos humanos, físicos e financeiros poderiam superar aqueles provenientes do desenvolvimento de tecnologias com elevado grau de especificidade locacional. Pesquisas adicionais são necessárias para elucidar essa questão, particularmente importante em face do quadro de escassez de recursos que o país atravessa.

Abstract

Productivity functions for corn and soybean crops in the Center-South region of Brazil are estimated. The effects of local technology generation and inter-regional technology transfer (spillover and spilloin), climate and soil conditions, weather variations, fertilizer/land and fertilizer/product prices relations, on the yields of these crops, are measured. Additional evidences are presented to reinforce the statistical results that indicated the occurrence of important inter-regional technology transfer, in spite of the great environmental and economic diversity of the region under scrutiny.

Referências bibliográficas

Ayres, C.H.S. The contribution of agricultural research to soybean productivity in Brazil. St. Paul, University of Minnesota, Feb. 1985. 163p. (Tese de doutorado).

Conagin, A. & Junqueira, A.A.B. O milho no Brasil. In: Krug, C.A. et alii. Cultura e adubação do milho. São Paulo, Instituto Brasileiro da Potassa, 1966. p. 21-79.

Cruz, E.R. Transferência inter-regional de ganhos de produtividade da terra e política tecnológica para a agricultura. In: XXIV Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural. Anais. Brasília, SOBER, 1986.

Drummond, G.A. Melhoramento de milho na Agroceres. In: Anais da VI Reunião Brasileira de Milho (inédito).

Evenson, R.E. International technology transfer and Brazilian agricultural research. In: II Encontro sobre Avaliação Sócio-Econômica da Pesquisa Agropecuária. Brasília, EMBRAPA – Yale University, 1987. v.1.

____ & Cruz, E.R. Technolgy transfer (spillover) methods of analysis with examples from Brazil. In: Workshop sobre Metodologias de Avaliação Sócio-Econômica da Pesquisa Agropecuária. Bento Gonçalves, EMBRAPA, 1989. v.1.

____ & Kislev, Y. Research and productivity in wheat and maize. Journal of Political Economy, 81(6): 1.309-29, Nov./Dec.1973.

Fundação Getulio Vargas. Preços médios de arrendamento, vendas de terras, salários, serviços. Rio de Janeiro, FGV (vários números).

———. Preços pagos pelos agricultores. Rio de Janeiro, FGV (vários números).

———. Preços recebidos pelos agricultores. Rio de Janeiro, FGV (vários números).

Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro, FIBGE, 1976, 1979 e 1982.

Hayami, Y. & Ruttan, V.W. Desenvolvimento agrícola: teoria e experiências internacionais. Brasília, EMBRAPA, 1988. 583p.

Informações Econômicas. São Paulo, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, IEA (vários números).

Instituto de Planejamento Econômico e Social. Variações climáticas e flutuações da oferta agrícola no Centro-Sul do Brasil: relatório de pesquisa. Brasília, IPEA/IPLAN, 1972. 419p. (Estudos para o Planejamento, 1).

Judge, G.G.; Hill, R.C.; Griffiths, W.E.; Lutkepohl, H. & Lee, T.C. Introduction to the theory and practice of econometrics. 2nd. ed. New York, John Wiley, 1988.

Melo, F.B.H. de. Produtividade da terra: os casos do milho e do algodão no estado de São Paulo. In: Barros, J.R.M. & Graham, D.H. (orgs.) Estudos sobre a modernização da agricultura brasileira. São Paulo, USP/IPE, 1977 p. 57-106 (Série IPE, Monografia, v. 9).

———. O problema alimentar no Brasil: a importância dos desequilíbrios tecnológicos. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1983.

Miranda, L.T. Híbridos e variedades. In: Krug, C.A. et alii. op.cit., p. 153-73.

Miranda, M.A.C. Melhoramento da soja no estado de São Paulo. In: A soja no Brasil Central. Campinas, Fundação Cargill, 1977. p. 23-54.

Miranda Filho, J.B. & Viegas, G.P. Milho híbrido. In: Melhoramento e produção do milho. Campinas, Fundação Cargill, 1987. p. 277-340.

Sediyama, T. Melhoramento de cultivares de soja no Brasil. In: Miyasaka, S. & Medina, J.C. Brasil. A soja no Brasil. 1981 p. 334-40.

Série aptidão agrícola das terras. Brasília, Ministério da Agricultura, Secretaria Nacional de Planejamento Agrícola, BINAGRI. 21 v.

Silva, G.L.S.P. da. Produtividade agrícola, pesquisa e extensão rural. São Paulo, IPE/USP, 1984. (Série Ensaios Econômicos, 40).

———. Pesquisa, tecnologia e rendimento dos principais produtos da agricultura paulista. São Paulo, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, IEA, 1986. (Relatório de Pesquisa 12/86).

———; Caser, D.V. & Vicente, J.R. *Estatísticas da agricultura brasileira*. São Paulo, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, Instituto de Economia Agrícola, 1990. 1 v.

———; Fonseca, M.A.S. da & Martin, N.B. Pesquisa e produção agrícola no Brasil *Agricultura em São Paulo*, 26(2): 175-253, 1979.

____; Vicente, J.R. & Caser, D.V. *Variações do tempo e produtividade agrícola: um subsídio à previsão de safras no estado de São Paulo*. Campinas, Fundação Cargill, 1986.

Thorntwaite, C.W. & Mather, J.R. *The water balance*. Centerton, Laboratory of Climatology, 1955.

Vernetti, F. de J. et alii. Melhoramento de cultivares de soja no Brasil, 1. No estado do Rio Grande do Sul, 1.2.1. Pelo Instituto de pesquisas Agropecuárias do Sul. In: Miyasaka, S. & Medina, J.C. Brasil. Op. cit., p. 283-92.

Vicente, J.R. *Influência de educação, pesquisa e assistência técnica na produtividade da agricultura brasileira na década de setenta*. Piracicaba, ESALQ/USP, 1989. (Tese de mestrado.)