

A EVOLUÇÃO DA PRODUTIVIDADE DO MILHO

*Eliseu Alves
Geraldo da Silva e Souza
Fernando Luís Garagorry¹*

RESUMO - No mesmo período do ano, com exceção da safrinha do milho, a soja e o milho disputam as mesmas áreas, nas principais regiões produtoras. A lavoura do milho precisa remunerar o capital e o empreendedor, pelo menos equivalentemente à remuneração que a soja oferece. A lavoura moderna tem como característica um elevado custo fixo por hectare. O impacto do custo fixo no custo total somente é reduzido pelas produtividades elevadas. Pressionada pelos custos fixos e pela competição internacional, a soja já tem rendimentos próximos aos dos países avançados, e a lavoura do milho somente se viabiliza, nas áreas que servem a ambas, se obtiver rendimentos também elevados. Por isto, deve-se esperar que a soja seja a força que arrasta para cima a produtividade do milho. O trabalho aduz várias evidências em favor dessa hipótese, sobretudo o modelo econométrico que, ao ser construído para testá-la, não a rejeitou.

Palavras-chaves: Milho, soja, rendimento, modelo econométrico.

INTRODUÇÃO

A cultura de milho oferece um campo interessante de estudo. Apesar de dispor de conhecimentos tecnológicos equivalentes aos dos países mais avançados, apresenta padrões de cultivo muito heterogêneos, desde a agricultura primitiva, aquela que somente utiliza terra e trabalho,

¹ Os autores são pesquisadores da EMBRAPA. Os autores agradecem a Antônio F. C. Bahia Filho, pelas valiosas sugestões.

sem nenhum uso de insumos modernos, inclusive sementes melhoradas, até a agricultura comercial de tecnologia sofisticada.

Considerando-se a média do triênio 1995-97, os níveis de produtividade (kg/ha) têm enorme dispersão. No Nordeste, alcançam 800; no Sul, 3000; em Goiás, 3900; e no Centro-Oeste; 3500. A média brasileira é de 2500, quando os países avançados já ultrapassaram 7000. Quando se examinam as microrregiões geográficas do IBGE, muitas, especialmente as do Nordeste, estão abaixo de 1000, e algumas já estão próximas dos níveis de produtividade dos países avançados, como a de Barreiras, na Bahia, de agricultura irrigada.

A cultura do milho expandiu-se no território nacional, aliás como todas as explorações tradicionais, usando tecnologia primitiva, sempre à procura de matas para desmatar e, assim, poder explorar a fertilidade natural dos solos. O milho híbrido é da década de 50, e o uso de máquinas, equipamentos e fertilizantes passou a ter importância crescente a partir dos anos setenta. Portanto, ela se estabeleceu no país com uma tecnologia de níveis de produtividade baixos e também compatível com a dotação de fatores, em que terra e trabalho não eram escassos². O crescimento e a diversificação do mercado interno de trabalho, de produtos e de insumos; a industrialização, com a conseqüente urbanização; e a competição, que a abertura para o exterior acirrou, mudaram dramaticamente as exigências tecnológicas da agricultura nacional, hoje mais fundamentada na ciência e em técnicas de cultivo que procuram usar a terra intensamente e empregar o mínimo de mão-de-obra possível.

A mudança do padrão tecnológico de uma lavoura tradicional demanda tempo, mesmo quando pressionada pela competição internacional. A tecnologia moderna implica um dispêndio muito mais elevado por hectare do que a tradicional. Os produtores tradicionais costumam reduzir o risco de mercado e climático com os trabalhadores, usando diferentes arranjos de meação, o que implica menores desembolsos por hectare. Como os maiores dispêndios da tecnologia moderna implicam perdas consideráveis, quando elas ocorrem, a lavoura

² A exigência em capital humano também era muito baixa; compatível com analfabetos.

moderna foge das regiões de riscos mais elevados, sejam eles climáticos ou de mercado³. Como ela está associada à mecanização, prefere terras planas ou levemente onduladas. É exigente para o capital humano do produtor e para com sua habilidade de suportar perdas, sem falir. Em resumo, é excludente quanto às regiões e ao tipo de agricultores. Os excluídos pela moderna tecnologia, necessariamente, não abandonam a agricultura; podem permanecer produzindo, com níveis baixos de produtividade, enquanto a família suporta padrões de vida incompatíveis com suas aspirações. Assim, a transformação dos agricultores tradicionais não necessita cobrir todo o grupo; contudo, no caso das tecnologias que têm o poder de deslocar a função de produção para cima, no seu campo de definição relevante, os agricultores ou as adotam ou mudam de ramo de negócio⁴. É assim na maioria dos casos, natural a convivência, por muito tempo, de baixos níveis de produtividade com outros elevados, no caso de lavouras de longa tradição, cujos níveis puxam para baixo as médias de rendimento do país e das regiões, enquanto representarem parcela significativa da produção.

Existem forças de caráter geral, como industrialização, urbanização, legislação trabalhista, abertura e diversificação dos mercados de produtos e insumos, e investimentos em ciência e tecnologia que estão determinando a modernização da agricultura nacional e, em particular, a modernização do cultivo do milho.

A expansão da soja tem tido papel preponderante no incremento da produtividade da cultura do milho. A soja disputa as mesmas terras. É de introdução recente, sendo completamente mecanizada e de padrão tecnológico equivalente àquele dos Estados Unidos, tanto que alguns estados brasileiros, os melhores produtores, já alcançaram os níveis americanos de produtividade, ou estão perto disto. No Brasil, cultivam-se 12 milhões de hectares, sendo a média de 2300 kg/ha, quando a americana é de 2600 kg/ha, equivalente à do Paraná e superada pela do Mato Grosso.

³ A tecnologia de irrigação é pouco usada em milho e soja e está sujeita a riscos climáticos, como elevadas temperaturas, excesso de chuvas e granizo.

⁴ Se a função de produção for linear homogênea, uma única tecnologia dominará todas as outras.

Há razões tanto de natureza econômica como agrônômica para os produtores de soja efetuarem a rotação com o milho, ou cultivarem ambas as lavouras no mesmo ano, ou ainda uma depois da outra, em anos consecutivos. Nesse sentido, cabe assinalar a importância que tem adquirido o milho “safrinha” (Garcia, 1997). Como os produtores de soja preferem a tecnologia moderna, eles a aplicam também à cultura do milho, porque o custo de oportunidade de seu tempo e do capital humano e físico é alto e querem, portanto, receber do milho o mesmo retorno que têm da soja.

Em resumo, nas melhores terras do país, como o milho compete com a soja, os produtores têm que adotar técnicas de produção compatíveis com as máquinas e equipamentos que dispõem e que remunerem um capital humano, que é muito mais exigente, em padrão de vida, do que aquele da agricultura tradicional. Obviamente, somente produtividades da lavoura do milho equivalentes às dos países avançados têm condições de colocar o milho em igualdade de condições com a soja. Caso contrário, aquela cultura se deslocará para as terras marginais e aí permanecerá, sem se modernizar.

Este trabalho defende a tese de que a produtividade da soja explica a produtividade do milho, desde que sejam levadas em consideração as forças de caráter geral. A teoria econômica estabelece que, em regime de competição, as taxas de retornos de culturas que competem pela mesma área devem ser, aproximadamente, iguais, para que ambas sejam cultivadas. Como o produtor de soja por utilizar mecanização e outros insumos modernos, tem alto custo por hectare, ele somente obterá retornos equivalentes aos da soja, quando cultivar milho, se tiver alta produtividade por hectare dessa lavoura. Além do mais, a soja é um exemplo para os que cultivam milho, e não querem cultivá-la. É nesse sentido que a soja explica a tecnificação do milho, e a lógica econômica indica por que pode ser usada como “proxy” para a modernização dessa lavoura. No caso em que, por razões agrônômicas, o produtor de soja tiver que realizar rotação de culturas, a opção recairá na lavoura, que oferece retornos próximos, ou mesmo superiores, aos da soja; se escolher o milho, é por que ele atende a esse requisito. Existem razões, portanto, para se dizer que a soja é a força que arrasta para cima a produtividade

do milho. Estes trabalho demonstra também que as áreas com níveis elevados de produtividade do milho se superpõem àquelas de níveis elevados de rendimento da soja.

Vários autores apresentam taxas de crescimentos para grãos no Brasil (e.g., Marques e Souza, 1998); no entanto, não foi encontrado, na literatura, nenhum trabalho que explique a produtividade do milho a partir da produtividade da soja. O trabalho é dividido nas seções Taxas de Crescimento, Importações de Milho, Modelo Econométrico, Distribuição Espacial da Produtividade e Implicações de Política.

TAXAS DE CRESCIMENTO

Foram obtidas as séries de médias móveis, por triênio, correspondentes a produção, área e rendimento da cultura do milho, no nível de estado, com dados para o período de 1975 a 1997. A partir das equações

$$P_n = P_0(1 + p)^n, A_n = A_0(1 + a)^n \text{ e } R_n = R_0(1 + r)^n \text{ em que } P_t, A_t \text{ e } R_t$$

representam, respectivamente, produção, área e rendimento no ano t , foram obtidas estimativas simplificadas das respectivas taxas geométricas, para diferentes períodos, utilizando-se, em cada caso, apenas os valores para o ano inicial (0) e o ano final (n). Considerando-se a identidade

$$P_t = A_t R_t, \text{ válida para um ano } t \text{ qualquer, após simplificar a relação}$$

$P_0(1 + p)^n = A_0(1 + a)^n R_0(1 + r)^n$, obtém-se a seguinte relação entre as taxas geométricas: $p = a + r + ar$. A tabela 1 mostra os valores calculados para p , a e r ; omitiu-se a coluna correspondente ao termo ar , que é muito pequeno, em valor absoluto, quando comparado com a e r , e calculado por diferença.

Os valores da Tabela 1 permitem concluir que os aumentos de produção são, basicamente, explicados pelos incrementos de rendimento, o que é menos proeminente nos primeiros dez anos e dramático nos últimos dez anos. A expansão da área cultivada, que, até a década de 50, explicava a maior parte da evolução da produção, perdeu essa condição. Em tempos recentes, os rendimentos são a força dominante.

No Nordeste, o crescimento da área é o mesmo nos dois subperíodos, mas, nos últimos dez anos a expansão da cultura foi feita em áreas propícias ao milho e à moderna tecnologia, razão por que o crescimento do rendimento explica, em grande parte, o incremento da produção.

No Centro-Oeste, a expansão da área cultivada e o incremento dos rendimentos processam-se no mesmo ritmo e a taxas elevadas. É a região em que o milho mais cresce, sendo a tecnologia moderna o motor que domina a evolução.

No Sudeste, os últimos dez anos não aparecem tão bem como nas outras regiões. A análise detalhada dos dados, para os quatro estados dessa região, permite concluir que Minas Gerais é responsável pela discrepância, já que apresentou taxa de crescimento do rendimento de 3,6%, no primeiro período, e de 2,4%, no segundo. Em São Paulo, os dois períodos se equívalem, quanto às taxas de incremento dos rendimentos. Neste estado, a soja e o milho estão sendo pressionados pela cana-de-açúcar e pelo citros, os quais têm vencido a concorrência pelas melhores terras.

Tabela 1 - Taxas geométricas anuais de crescimento, no período de 1976 a 1996

Itens		Produção	Área	Rendimento
Brasil	Período	3,36	0,98	2,36
	Primeiros dez anos	2,66	1,13	1,51
	Últimos dez anos	4,06	0,84	3,21
Nordeste	Período	3,02	1,32	1,72
	Primeiros dez anos	-0,50	1,32	-1,70
	Últimos dez anos	6,65	1,33	5,25
Sudeste	Período	2,14	-0,64	2,81
	Primeiros dez anos	2,70	-0,37	3,08
	Últimos dez anos	1,59	-0,91	2,52
Centro-Oeste	Período	7,06	3,54	3,40
	Primeiros dez anos	6,98	3,74	3,13
	Últimos dez anos	7,14	3,34	3,68
Sul	Período	2,78	0,58	2,18
	Primeiros dez anos	1,87	1,03	0,83
	Últimos dez anos	3,69	0,13	3,56

Fonte: MA/SPA/DEPLAN.

Tanto no Sul como no Sudeste, a área deixou de ser importante para explicar as variações da produção, e o rendimento é fator dominante.

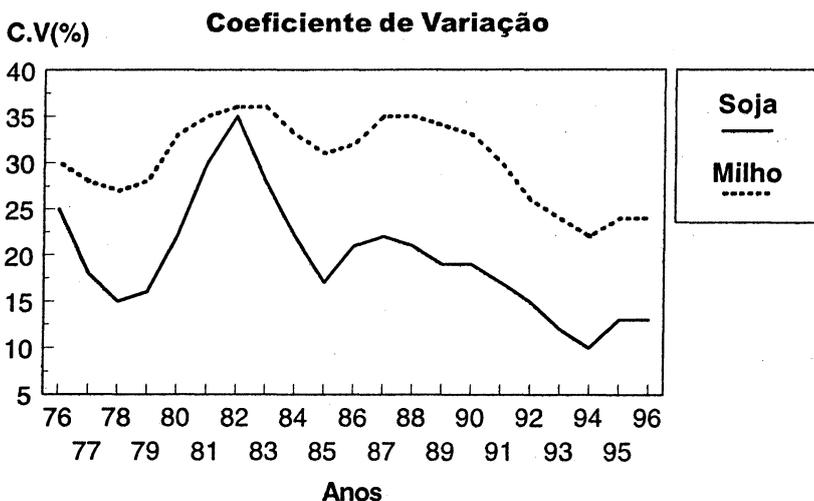
Calculou-se o coeficiente de variação anual (em %) do rendimento, por hectare, do milho e da soja, a partir de 1976, considerando-se oito estados produtores de ambas as culturas: Bahia, Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Uma nova cultura nas mãos de agricultores comerciais, pressionados pelo mercado internacional e, por isto, ávidos por informação, os índices de produtividade tendem a convergir. As diferenças entre estados são muito menos influenciadas por divergências tecnológicas, embora elas sempre existam, ou seja, as divergências de produtividade são rapidamente eliminadas, no limite do possível, com o passar do tempo. Numa cultura tradicional, como é o caso do milho, essa convergência é muito mais lenta, visto que depende de os produtores modernos serem responsáveis pela maior parcela da produção, o que toma muito mais tempo. O Gráfico 1 ilustra este fenômeno.

O coeficiente de variação da soja cresceu até 1982, quando essa cultura já havia ocupado grande parte da área que abrange atualmente, e começou a cair rapidamente para os níveis que correspondem a diferenças que existem entre estados, quem sabe insuperáveis pela difusão de tecnologia. A história do milho é bem diferente, já que reflete o mosaico de tecnologias e ambientes, uns mais hostis, outros mais favoráveis à cultura. Ainda não houve tempo de o milho confluir para os ambientes favoráveis e de se eliminarem as grandes diferenças de padrões tecnológicos, razão por que os coeficientes de variação dessa lavoura são mais elevados, permanecem estáveis durante vários anos, e somente começam a dar sinais de queda nos anos 90.

Realizou-se, ainda, outro exercício com o propósito de estimar as taxas de crescimento, por classes de produtividade. As microrregiões foram agrupadas em classes e obtidos os rendimentos por hectare, para o período de 1976 a 1994. Os dados abrangem todas as microrregiões geográficas, à exceção de quatro delas, que nada produziram de milho no período de 93 a 95. A série transformada representa médias móveis trienais do período de 1975 a 95. As classes foram determinadas pelos rendimentos do ano 1994 (média de 1993 a 1995). Estimaram-se as taxas

de crescimento para cada classe e para o período de 1976 a 94. Os resultados aparecem na Tabela 2, em que se usa (a,b] para indicar que o limite inferior *a* não pertence à classe e o limite superior *b* é parte desta.

Gráfico 1 – Coeficientes de variação dos rendimentos do milho e da soja



A primeira classe tem rendimento médio de 963 kg/ha, que é muito baixo; apresenta pequena taxa de crescimento da produtividade, 0,93; e abrange 56% das microrregiões geográficas estudadas. Cobre 29% da área colhida; é responsável por apenas 11% do total da produção; e representa, assim, a agricultura tradicional, que usa somente terra e trabalho, num ambiente inadequado para a agricultura moderna. Se for excluída esta classe, o rendimento das microrregiões estudadas sobe de 2497 para 3127 kg/ha. A média brasileira não pertence a esta classe.

Tabela 2 - Número de microrregiões geográficas, valores médios da quantidade produzida de milho, área colhida e rendimento, no triênio 1993-1995, e taxa geométrica de crescimento do rendimento no período 1976-1994, por classe de rendimento e para o total do país

Classe de rendimento (kg/ha) (a,b]	Microrregiões geográficas		Quantidade produzida (1000 t)		Área colhida (1000 ha)		Rendimento (kg/ha)	Taxa de crescimento (%)
	No.	%	Quant.	%	Quant.	%		
(0, 2000]	310	55,96	3696	11,22	3837	29,09	963	0,93
(2000, 3000]	156	28,16	11173	33,92	4343	32,93	2573	2,00
(3000, 3500]	51	9,21	8973	27,24	2713	20,57	3308	2,37
(3500, 4000]	26	4,69	6010	18,25	1617	12,26	3717	3,47
(4000, 4500]	7	1,26	2139	6,49	496	3,76	4312	4,43
Maior que 4500	4	0,72	945	2,87	183	1,39	5164	7,09
Total	554	100,00	32937	100,00	13188	100,00	2497	2,51

Fonte: Dados do IBGE na base AGROTEC (Garagorry e Rego, 1997), SEA/EMBRAPA.

A classe que contém a média (2000,3000] também cobre número respeitável de microrregiões, cerca de 28%; cobre 33% da área total; e produz 34% da produção total. O rendimento médio dessa classe é muito próximo da média de todas as microrregiões estudadas, e cresce a uma taxa anual de 2%.

As demais classes, com rendimento maior que 3000 kg/ha, produzem 55% da produção total e cobrem 38% da área total. Contêm 88 das 554 microrregiões consideradas e apresentam elevadas taxas de crescimento dos rendimentos, razão pela qual, com o passar do tempo, dominarão a principal fatia da produção.

Observa-se uma dinâmica muito interessante, visto que as taxas de crescimento crescem rapidamente, quando se passa de uma classe de rendimento para outra de rendimento ainda maior. Esse crescimento desigual está apontando para uma concentração da lavoura de milho sofisticada em alguns pontos do território nacional. O reflexo nas médias nacionais ocorrerá à medida que elas sejam as responsáveis pela maior parte da produção. Como já ressaltado, a abertura comercial e a competição com a soja e com outras lavouras igualmente dinâmicas, em ambientes favoráveis, induzem o milho a se modernizar, já que o de baixa produtividade será empurrado para as regiões de elevado risco climático

e de mercado, especialmente para o Nordeste, e perderá importância, no contexto nacional. Essas regiões serão abastecidas pelas que saltaram à frente na corrida da produtividade. Caminha-se, assim, para o surgimento de um cinturão do milho, certamente não tão concentrado como o americano, mas localizado em alguns pólos.

IMPORTAÇÕES DE MILHO

Não se pretende analisar o mercado externo do milho, em detalhes. No período 1985-97, jamais deixou-se de importar milho. Os dados indicam grande variação, de ano para ano, da quantidade importada, em relação à produção interna. A maior importação foi de 2,4 milhões toneladas, em 1985/86, e a menor, de 15 mil toneladas, em 1987/88. No período, há oscilação de grandes e pequenas importações. Como porcentagem da produção, a série não apresenta tendência clara, seja de crescimento, ou seja, de redução das importações. O mesmo ocorre com a série de importações, em toneladas. A média das importações foi de 800 mil toneladas, e o coeficiente de variação, de 80%.

O mercado internacional de milho é enorme e muito dinâmico. Com a abertura comercial, ele ditará o preço interno. Assim, os produtores brasileiros terão, em primeiro lugar, de vencer a competição, no próprio mercado nacional, para depois passarem a exportadores. Como grande exportador de frangos e suínos, o Brasil necessita de milho a preços competitivos com o mercado externo para sustentar e ampliar as vendas de carne ao exterior. Em decorrência das pressões da agroindústria, que tem grande porte e poder político e de mercado, as autoridades não irão proteger os produtores nacionais, erigindo tarifas que limitem a importação do milho. O mercado externo é, assim, um elemento de grande influência, em adição à competição com outras culturas, na evolução da produtividade do milho.

MODELO ECONOMÉTRICO

Pela argumentação desenvolvida, os agricultores exigem do milho um retorno competitivo com aquele da soja, nas áreas que têm aptidão para as duas culturas. Serão considerados dois grupos de agricultores - os que já plantam soja e milho e os que plantam milho sem cultivar soja. Esse último grupo, em geral, não tem colheita mecanizada, e as demais operações podem não ser mecanizadas⁵.

O grupo de agricultores que cultiva soja e milho tem custo fixo, por hectare, elevado; por isto, é pressionado a aumentar a produtividade de ambas as culturas. Como a cultura da soja já tem padrões de produtividade de país avançado, a do milho deve convergir para patamares similares aos das regiões desenvolvidas. A convergência é, assim, arrastada pela da lavoura da soja. Sendo assim, a produtividade do milho é função da produtividade da soja, para este grupo de agricultores.

Há o grupo de agricultores que cultiva milho por métodos tradicionais e não plantam soja, embora tenham terras aptas para ambas as lavouras. Enfrenta restrições de capital humano e de crédito para adotar tecnologia moderna; nesse caso, a produtividade da soja não tem efeito imediato na do milho. Há retardamentos e o efeito é de longo prazo. Como o custo de oportunidade dos recursos terra, mão-de-obra e capital cresce em virtude do desenvolvimento da soja e de outras culturas, os agricultores tradicionais são pressionados a mudar, mas o processo de mudança demanda tempo.

Para captar o efeito do incremento do custo de oportunidade, competição internacional, disponibilidade de tecnologia, mudanças de relação de preços e desenvolvimento do país, adiciona-se a variável T, que vale um, para o primeiro ano da série; dois, para o segundo; e assim sucessivamente.

É claro que a produtividade é influenciada pela chuva, e pela sua distribuição e por outros fenômenos naturais. As séries de rendimentos

⁵ Os dois grupos estão em áreas que se prestam ao cultivo de ambas as culturas.

por hectare do milho e da soja são médias móveis, de três anos, dos dados originais do período 1975-97. Compreendem, assim, o período e 1976 a 1996, portanto, 21 anos, e abrangem os estados da Bahia, no Nordeste; Minas Gerais e São Paulo, no Sudeste; Mato Grosso e Goiás, no Centro-Oeste; e Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, no Sul. Ao todo, são oito estados. O modelo estatístico utilizado na análise, no contexto acima, combina série temporal e estados, e sua formulação é dada por

$$y_{it} = \sum_{k=1}^{24} X_{itk} \beta_k + u_{it},$$

em que $i=8$ (número de estados), $t=1, \dots, 21$ (tamanho da série temporal em cada estado). As co-variáveis X_{itk} consideradas como explicativas da resposta Milho (rendimento do milho) - y_{it} , são Soja (rendimento da soja); tempo T ; variáveis indicadoras $D_2, D_3, D_4, D_5, D_6, D_7$ e D_8 , que correspondem aos estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Mato Grosso e Goiás, respectivamente; interações $F_2, F_3, F_4, F_5, F_6, F_7$ e F_8 das variáveis D_i com Soja; interações $H_2, H_3, H_4, H_5, H_6, H_7$ e H_8 das variáveis D_i com o tempo; e um intercepto. Essa modelagem assume um coeficiente de tempo para cada estado, coeficientes lineares distintos para cada estado e respostas distintas, por estado, ao rendimento da soja. O estado base é a Bahia, cuja resposta fica caracterizada no modelo pelo intercepto e pelas variáveis tempo e Soja. As respostas para os demais estados ficam determinadas pela soma dos coeficientes do estado-base às quantidades D_i, F_i e H_i , correspondentes ao estado de interesse. A estrutura residual pressupõe correlações contemporâneas (entre estados) e se-rial. Especificamente, admite-se que

$$u_{it} = \rho_i u_{i,t-1} + \varepsilon_{it},$$

em que os resíduos u_{it} são heterocedásticos, para cada $i=1, \dots, 8$; têm variância σ_{ii} para todo t ; e são contemporaneamente correlacionados com co-variância σ_{ij} para cada t . Os ruídos ε_{it} são não-correlacionados para cada i e satisfazem $E(\varepsilon_{it})=0$, $E(u_{i,t-1} \varepsilon_{jt})=0$ e $E(\varepsilon_{it} \varepsilon_{jt})=f_{ij}$. Adicionalmente, tem-se $E(u_{i0})=0$ e $E(u_{i0} u_{j0})=0$. Essa estrutura foi

proposta, originalmente, por Parks (1967). Observa-se que o modelo econométrico utilizado foge às suposições usuais do SUR (“Seemingly Unrelated Regression”) padrão; neste trabalho, modela-se a situação com uma estrutura que envolve a especificação de uma série temporal em combinação com variações do tipo “cross-section”. O método de estimação adequado a esta formulação é via mínimos quadrados generalizados, e as diferenças entre esses dois métodos podem ser encontradas em Greene (1997). O método de mínimos quadrados generalizados é utilizado após a obtenção de estimativas consistentes dos parâmetros σ_{ii} , obtidas mediante um procedimento bietápico, com utilização de mínimos quadrados ordinários e transformação necessária para corrigir a autocorrelação de primeira ordem, conforme SAS (1993, p. 882-884). O método de estimação está implementado no SAS (Statistical Analysis System), no procedimento TSCSREG, com a opção Parks. Os resultados são apresentados na Tabela 3. O coeficiente de correlação entre valores observados e preditos é 0,9854, o que indica um bom poder de previsão do modelo utilizado. Vale ressaltar que a inclusão das variáveis indicadoras e suas interações no rendimento da soja e o tempo são estatisticamente significantes. É interessante notar, nesse contexto, que mesmo um modelo sem tempo e com interações correspondentes mostra um bom poder de previsão, com a correlação de 0,946 entre valores observados e preditos. Tal fato chama atenção para a importância do rendimento da soja na formulação do modelo estatístico. A Tabela 3 acentua esse ponto de vista, pois mostra significância dominante da variável Soja. O efeito do rendimento da soja é variável por estado e é mais intenso nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. O único estado em que o coeficiente da variável Soja não difere, significativamente, de zero é Mato Grosso. No entanto, encontrou-se, para o ano de 1994, no nível de microrregião, correlação de postos de 63% entre os rendimentos do milho e da soja, que é estatisticamente significativa, a 3%. Esse resultado, possivelmente, indica que se evolui para uma situação em que a soja terá importante papel na determinação da produtividade do milho⁶.

⁶Em todo o trabalho usam-se produtividade e rendimento como sinônimos.

Tabela 3 – Estimativas dos parâmetros do modelo estatístico

VARIÁVEL	GL	PARÂMETRO (*)	DESVIO (*)	t	PROB > t
INTERCEPTO	1	63,97	153,07	0,417921	0,6766
SOJA	1	0,38	0,07	5,307380	0,0001
T	1	23,28	10,88	2,138480	0,0342
H2	1	4,20	12,62	0,332759	0,7398
H3	1	14,62	10,41	1,403897	0,1625
H4	1	14,60	9,94	1,468346	0,1442
H5	1	-35,70	12,30	-2,902257	0,0043
H6	1	17,26	11,40	1,514028	0,1322
H8	1	54,54	15,37	3,548475	0,0005
H9	1	49,38	11,65	4,236757	0,0001
F2	1	0,46	0,12	3,756540	0,0002
F3	1	0,13	0,12	1,074004	0,2846
F4	1	0,49	0,11	4,537459	0,0001
F5	1	0,91	0,12	7,337008	0,0001
F6	1	0,80	0,10	7,760670	0,0001
F8	1	-0,53	0,21	-2,519325	0,0128
F9	1	0,52	0,18	2,972086	0,0035
D2	1	552,37	231,91	2,381803	0,0185
D3	1	645,88	167,78	3,849464	0,0002
D4	1	156,17	201,18	0,776267	0,4389
D5	1	690,76	184,75	3,738902	0,0003
D6	1	-320,90	188,41	-1,703205	0,0907
D8	1	1440,37	316,30	4,553841	0,0001
D9	1	186,04	252,57	0,736596	0,4626

Fonte: MA/SPA/DEPLAN.

(*) Valores arredondados a dois decimais.

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE

Foram preparados dois mapas que cobrem a Bahia e as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. O Mapa 1 indica como se distribui, por classes de rendimento por hectare, a produtividade do milho, enquanto o Mapa 2 obedece critério semelhante para a soja. A área coberta pelos mapas contém mais de 90% da produção total de ambas as culturas. Os dados que serviram de base para a construção dos dois mapas são médias do triênio 1993-95, para cada microrregião geográfica do IBGE. Os mapas foram elaborados mediante o procedimento GMAP, do SAS. Quando comparados entre si, os dois mapas constituem uma evidência adicional

favorável à forte associação entre os rendimentos da soja e do milho e estão no final do trabalho.

A finalidade dos mapas é mostrar que existe, espacialmente, forte associação entre o milho e a soja, no que diz respeito à produtividade. Visualmente, ao compará-los, pode-se observar o seguinte:

1. Áreas sem soja ou de baixa produtividade dessa lavoura correspondem a áreas de baixo rendimento do milho. Estas áreas estão em cor preta.
2. Áreas de soja que alcançaram maior produtividade contêm ou estão próximas de áreas também de produtividades altas de milho. A cor branca indica essas áreas.
3. As quatro microrregiões que aparecem na Tabela 2, com rendimento de milho superior a 4500 kg/há, são Barreiras (BA), com 5226 kg/há; Ponta Grossa (PR), com 5234 kg/há; Cassilândia (MS), com 5066 kg/há; e Não-me-Toque (RS), com 4971 kg/há, e merecem atenção especial dos pesquisadores, para que se determine se a performance está ligada a agricultores ou ao meio ambiente e se essas microrregiões têm condições de se transformarem em pólos irradiadores de técnicas modernas.

IMPLICAÇÕES DE POLÍTICA

Mostrou-se que o rendimento do milho cresce a taxas elevadas e que a modernização dessa cultura ocorre nas mesmas áreas em que a cultura da soja é bem sucedida. Evolui-se, assim, para um cinturão de grãos, concentrado em alguns pólos. O milho que está fora desses pólos, especialmente na grande maioria das microrregiões nordestinas, permanece estagnado, porque o meio ambiente não é condizente com elevados dispêndios, por hectare, que caracterizam a agricultura avançada.

Como o cinturão de grãos é heterogêneo, em ambientes físicos e econômicos, o programa de melhoramento precisa levar em consideração essa diversidade. Os setores privado e público já acordaram para essa realidade, com os materiais genéticos de grande potencial de produtividade, como os híbridos simples e triplo. Ambos, ao contrário do híbrido duplo, são muito mais específicos, quanto à adaptação ao local.

Abrem-se enormes possibilidades para firmas de pequeno e médio porte, em colaboração com a pesquisa pública e mesmo com as grandes firmas, para exploração das especificidades do meio ambiente.

O Nordeste é o grande importador de milho da Argentina. A cultura, nas áreas irrigadas, não compete com frutas e hortaliças. Lá o milho evoluirá para as regiões de microclimas favoráveis, nas quais a soja se desenvolve, e Barreiras é um exemplo. Os estados do Maranhão e Piauí oferecem boas possibilidades; no Piauí, é necessário ampliar a infra-estrutura de estradas e comunicações, que é muito deficiente; e o estado de Tocantins também tem grande potencial. Essas regiões deverão transformar-se em grandes exportadoras de grãos, porque têm custos de transportes para os mercados europeu e asiático muito mais baixos do que as do Centro-Sul, em função do Porto de São Luís e da Ferrovia Norte-Sul. As firmas particulares e a pesquisa pública devem desenvolver híbridos para essas regiões, uma vez que negligenciar o potencial destas é desconhecer o tamanho dos mercados da Europa e Ásia. A pesquisa de soja avançou muito mais nesse aspecto e está abrindo as portas para a do milho.

Cabe analisar ainda duas questões. A primeira diz respeito aos agricultores de regiões favoráveis à cultura do milho, mas que não têm condições financeiras e capital humano para adotarem tecnologia avançada e não podem sobreviver sem adotá-la. O que se recomenda é remover os obstáculos que estão no seu caminho, visto que uma solução de tecnologia intermediária não irá funcionar. Entre os obstáculos à tecnologia avançada, mencionam-se as restrições de crédito, a falta de acesso a máquinas e equipamentos e a assistência técnica deficiente. Não se deve esquecer que evidências se acumulam em favor de retornos crescentes em grãos, o que coloca os pequenos produtores em desvantagens, a não ser que se associem.

A segunda questão diz respeito às regiões de microclimas desfavoráveis. Quais são as probabilidades de a pesquisa pública desenvolver híbridos ou variedades de polinização aberta que superem a hostilidade do meio ambiente e em condições de competir com as regiões favoráveis? Deve a pesquisa pública investir recursos no desenvolvimento desse material genético? Precisa-se responder a outra questão: As

tendências de migração indicam que essas regiões se esvaziam rapidamente? Se a resposta for afirmativa, então por que despender recursos nesse tipo de pesquisa? Se negativa, do que se duvida, é preciso avaliar as possibilidades de a ciência remover aqueles obstáculos e a que custos. Por que não explorar outras alternativas, como sorgo e milho?

A geração de materiais adaptados a estresses múltiplos e que respondam a melhorias do ambiente é uma linha que vem sendo seguida com sucesso pela EMBRAPA. Os melhores exemplos são os híbridos desenvolvidos para os cerrados. Os materiais genéticos com adaptação extrema não deram bons resultados até agora e aqueles até aqui selecionados são também resistentes ao incremento da produtividade. Não se deve, portanto, esquecer que mesmo uma cultura com a plasticidade genética do milho tem seus limites de adaptação.

Ainda há outra questão: Os pólos demonstraram ser heterogêneos quanto às taxas de crescimento da produtividade. É importante conhecer as razões. Caso sejam elas ligadas a fatores estáveis e de efeitos no curto e longo prazo, estes pólos merecem atenção especial, tanto da política agrícola como da pesquisa, para que seu maior potencial se traduza em produção. Técnicas de geoprocessamento poderão ser utilizadas para se descobrir que condições especiais têm as regiões que saltaram à frente das demais na modernização da cultura de milho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GARAGORRY, F.L.; REGO, A.M. **AGROTEC**: base relacional de dados estatísticos. Estrutura de dados. Versão 1.0. Brasília: EMBRAPA, 1997. 20p. Mimeo.
- GARCIA, J.C. Evolução da área e produtividade do milho “safrinha” por estado. In: **IAC/CDV. IV seminário sobre a cultura do milho safrinha**. Campinas: 1997. p.11-14.
- GREENE, W.H. **Econometric Analysis**. 3 ed. New York: Prentice-Hall, 1997.

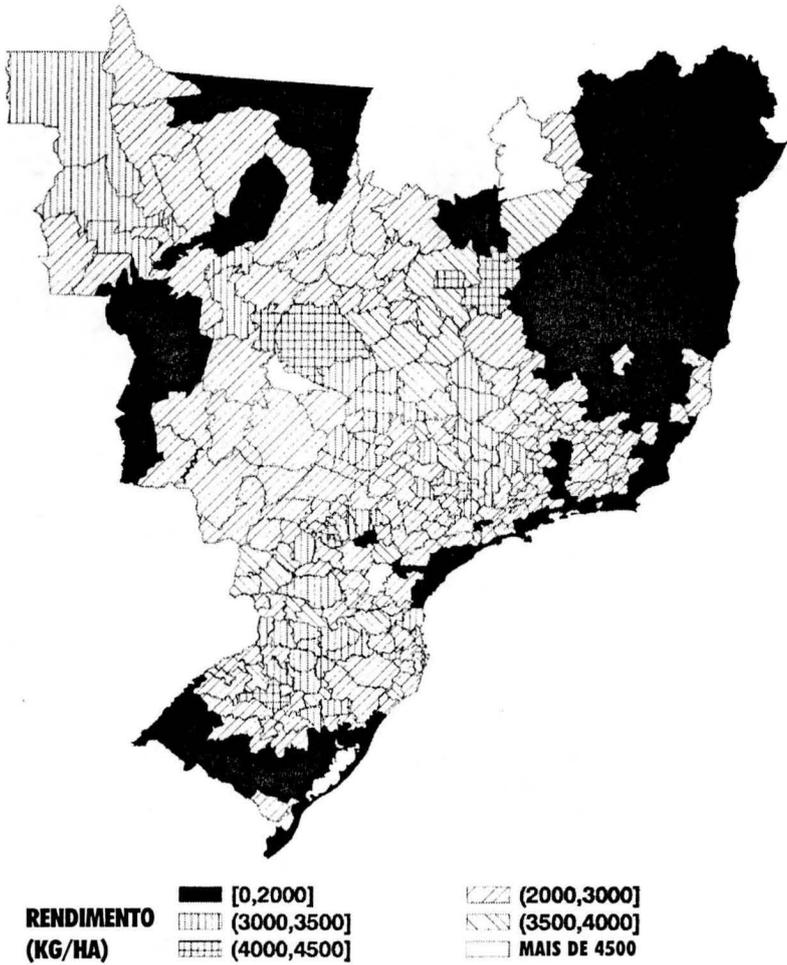
MARQUES, P.V.; SOUZA, E.L.L. de. Cenários dos sistemas agroindustriais de grãos no Brasil e novas formas de comercialização. In: Aguiar, D.R.D.; Pinho, J.B. (Eds.). **Agronegócio brasileiro: desafios e perspectivas**. Brasília: SOBER, 1998. V.I, p. 209-222.

PARKS, R.W. Efficient Estimation of a System of Regression Equations when Disturbances are both Serially and Contemporaneously Correlated. **Journal of the American Statistical Association**, Alexandria, v.62, p. 500-509, 1967.

SAS Institute. **SAS/GRAPH Software: Usage**. Version 6. Cary, NC: 1991.

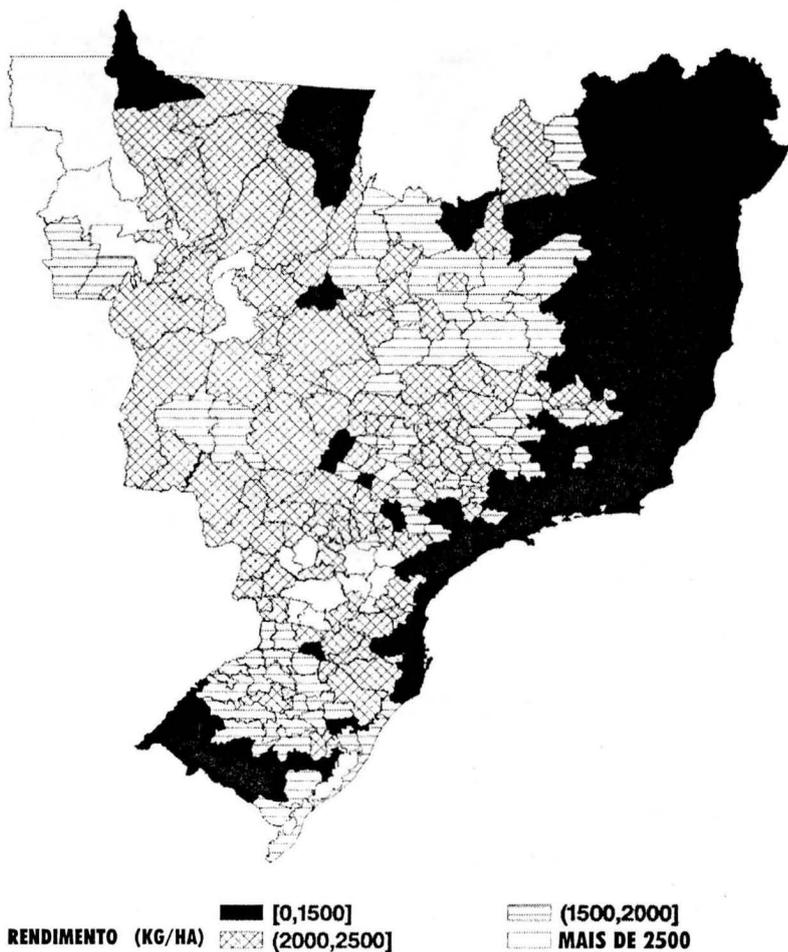
SAS Institute. **SAS/ETS User's Guide**. Version 6. Cary, NC: 1993.

MAPA 1 - RENDIMENTO DO MILHO MÉDIA DO PERÍODO DE 1993 a 1995



FONTE: DADOS DO IBGE NA BASE AGROTEC, SEA/EMBRAPA.

**MAPA 2 - RENDIMENTO DA SOJA
MÉDIA DO PERÍODO DE 1993 a 1995**



FONTE: DADOS DO IBGE NA BASE AGROTEC, SEA/EMBRAPA.