

Partição dos índices de produtividade da terra entre os componentes tecnológico e alocativo

JOSÉ ROBERTO M. DE BARROS *
AFFONSO CELSO PASTORE
JUAREZ B. RIZZIERI

1 — Introdução

Um índice agregado de produção por unidade de área, para uma dada região, pode variar por dois caminhos, obviamente não exclusivos: a produtividade de uma cultura pode elevar-se (devido aos efeitos do progresso técnico) ou aumentar a participação no total da área cultivada das culturas com maior produção por área no momento inicial¹ (esta última componente pode ser devida ao fato de que culturas com maior produtividade devem apresentar, em geral, maior rentabilidade).

Esta nota é organizada da seguinte forma: apresentamos inicialmente a derivação de uma fórmula que nos permite separar os efeitos tecnológico e alocativo, responsáveis por alterações no índice de produção por área; em seguida, discutimos o que representam estes tipos de efeitos; finalmente, realizamos a partição da produtividade utilizando dados regionais.²

* Da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas.

¹ Chamaremos de tecnológico o primeiro efeito e de alocativo o segundo.

² Os índices de produção e de área cultivada podem ser encontrados em Mendonça de Barros, Pastore e Rizzieri, *A Evolução Recente da Agricultura Brasileira*, trabalho de discussão ampla n.º 1 (São Paulo: IPE, 1975).

2 — Decomposição do produto por área nos componentes tecnológico e alocativo

O índice π de produção por área é calculado dividindo-se um índice de *quantum* (do tipo Laspeyres) por um índice simples de área cultivada. Temos, então (considerando sempre os instantes 0 e 1):

$$\pi_t = \frac{Q_t}{A_t} = \frac{\frac{\sum_{j=1}^n q_{tj} P_{tj}}{\sum_{j=1}^n q_{0j} P_{0j}}}{\frac{\sum_{j=1}^n A_{tj}}{\sum_{j=1}^n A_{0j}}} = \frac{1}{\frac{\sum_{j=1}^n A_{tj}}{\sum_{j=1}^n A_{0j}}} \sum_{j=1}^n \left(\frac{q_{tj}}{q_{0j}} \right) W_{0j}$$

onde $j = 1, \dots, n$ são os n produtos incluídos no índice e

$$W_{0j} = \frac{q_{0j} P_{0j}}{\sum_{j=1}^n P_{0j} q_{0j}}$$

temos:

$$\Delta \pi_t = \frac{1}{\frac{\sum_{j=1}^n A_{tj}}{\sum_{j=1}^n A_{0j}}} \left\{ \sum_{j=1}^n \left[\frac{\frac{q_{tj}}{A_{tj}}}{\frac{q_{0j}}{A_{0j}}} \right] \frac{A_{tj}}{A_{0j}} W_{0j} \right\}$$

$$\pi_t = \frac{1}{\frac{\sum_{j=1}^n A_{tj}}{\sum_{j=1}^n A_{0j}}} \left\{ \sum_{j=1}^n \left[\frac{\frac{q_{tj}}{A_{tj}}}{\frac{q_{0j}}{A_{0j}}} \right] \frac{A_{tj}}{A_{0j}} W_{0j} \right\}$$

ou:

$$\pi_I = \sum_{j=1}^n \left\{ \frac{q_{Ij}/A_{Ij}}{q_{Oj}/A_{Oj}} \cdot \frac{A_{Ij}/\sum_{j=1}^n A_{Ij}}{A_{Oj}/\sum_{j=1}^n A_{Oj}} \cdot W_{Oj} \right\}$$

Denominando por:

$$\pi_{Ij} = q_{Ij}/A_{Ij}, \pi_{Oj} = q_{Oj}/A_{Oj}, \theta_{Ij} = A_{Ij}/\sum_j A_{Ij}, \theta_{Oj} = A_{Oj}/\sum_j A_{Oj}.$$

Segue-se que:

$$\pi_I = \sum_{j=1}^n \left\{ \frac{\pi_{Ij}}{\pi_{Oj}} \cdot \frac{\theta_{Ij}}{\theta_{Oj}} W_{Oj} \right\} \quad (1)$$

Somando e subtraindo π_{Oj}/π_{Oj} na expressão (1) vem que

$$\pi_I = \sum_{j=1}^n \left\{ \left(\frac{\pi_{Ij} - \pi_{Oj}}{\pi_{Oj}} + 1 \right) \frac{\theta_{Ij}}{\theta_{Oj}} W_{Oj} \right\} = \sum_{j=1}^n \left\{ \frac{\pi_{Ij} - \pi_{Oj}}{\pi_{Oj}} \frac{\theta_{Ij}}{\theta_{Oj}} W_{Oj} \right\} + \sum_{j=1}^n \left\{ \frac{\theta_{Ij}}{\theta_{Oj}} W_{Oj} \right\} \quad (2)$$

Somando e subtraindo θ_{Oj}/θ_{Oj} no segundo membro da expressão à direita vem:

$$\pi_I = \sum_{j=1}^n \left\{ \frac{\pi_{Ij} - \pi_{Oj}}{\pi_{Oj}} \frac{\theta_{Ij}}{\theta_{Oj}} W_{Oj} \right\} + \sum_{j=1}^n \left\{ \frac{\theta_{Ij} - \theta_{Oj}}{\theta_{Oj}} W_{Oj} \right\} + \sum_{j=1}^n W_{Oj}$$

Sabemos que:

$$\sum_{j=1}^n W_{Oj} = 1$$

Consideremos agora apenas a primeira expressão do lado direito de (2). Temos, somando e subtraindo, θ_{Oj}/θ_{Oj} :

$$\sum_{j=1}^n \left\{ \frac{\pi_{Ij} - \pi_{Oj}}{\pi_{Oj}} \left(\frac{\theta_{Ij} - \theta_{Oj}}{\theta_{Oj}} + 1 \right) W_{Oj} \right\} = \sum_{j=1}^n \left\{ \frac{\pi_{Ij} - \pi_{Oj}}{\pi_{Oj}} \frac{\theta_{Ij} - \theta_{Oj}}{\theta_{Oj}} W_{Oj} \right\} + \sum_{j=1}^n \left\{ \frac{\pi_{Ij} - \pi_{Oj}}{\pi_{Oj}} W_{Oj} \right\}$$

Substituindo esse resultado em (2), obtemos finalmente a expressão completa, que fica:

$$\pi_t = \sum_{j=1}^n \left\{ \frac{\pi_{1j} - \pi_{0j}}{\pi_{0j}} \frac{\Theta_{1j} - \Theta_{0j}}{\Theta_{0j}} W'_{0j} \right\} + \sum_{j=1}^n \left\{ \frac{\pi_{1j} - \pi_{0j}}{\pi_{0j}} W'_{0j} \right\} + \sum_{j=1}^n \left\{ \frac{\Theta_{1j} - \Theta_{0j}}{\Theta_{0j}} W'_{0j} \right\} + 1 \quad (3)$$

Chamaremos de efeito de iteração o primeiro membro da expressão do lado direito de (3); o efeito tecnológico corresponde ao segundo membro e o efeito alocativo ao terceiro.

3 — Os efeitos tecnológico e alocativo

Considerando-se o índice de produção por área, para uma certa cultura, e suas variações ao longo do tempo, podemos identificar vários fatores determinantes de seu crescimento (ou redução):³ as variações do clima; o efeito positivo ou negativo, derivado da incorporação de novas terras de plantio nos casos de uma fronteira agrícola em expansão; as modificações (tanto de tendência como anuais) no uso de insumos modernos, especialmente fertilizantes e defensivos; e, finalmente, a incorporação ao processo produtivo de conhecimentos gerados pelo esforço de pesquisa que se traduz essencialmente na introdução de novas variedades e práticas de cultivo. É importante notar desde já que esses diversos efeitos têm tanto influência por si, como interação, positiva ou negativamente, com os outros fatores. O caso mais geral seria o efeito da introdução de uma nova variedade acompanhada por uma elevação dos níveis de adubação: o efeito conjunto desses dois fatores em geral supera o que seria de se esperar pela soma simples de seus efeitos indivi-

³ Estamos aqui interessados em discutir tanto os movimentos de tendência, quanto as variações de curto prazo, de uma dada safra para outra.

duais. Esse conjunto de fatores explica o que na fórmula (3) chamamos de efeito tecnológico.⁴

As modificações na participação da área dedicada a uma certa cultura (o chamado efeito alocativo) em princípio dependeria apenas do preço relativo dessa cultura, ou melhor, da taxa relativa de retorno associada a uma dada exploração. Isso é certamente correto quando se considera apenas a variação de um ano para outro; um pouco mais de reflexão mostra, entretanto, que o efeito tecnológico defasado tem uma influência direta na alocação, desde que a elevação passada da produtividade e/ou a redução no preço de insumos devido a melhorias tecnológicas tendem a elevar a taxa de retorno das culturas beneficiadas.⁵ Nessas condições, o efeito alocativo deve ser influenciado pela taxa de retorno (preços relativos) atual percebida pelos agricultores e pelo ganho tecnológico verificado no passado. Isso significa que os efeitos tecnológico e alocativo não são estritamente independentes. Apresentamos a seguir os resultados que se obtêm quando aplicamos a fórmula (3) aos dados das regiões Nordeste, Centro-Sul e do Estado de São Paulo.⁶

4 — Os efeitos tecnológico e alocativo: resultados

Numa primeira aproximação, aplicamos a partição sugerida pela fórmula (3) aos dados das variações anuais da produtividade; nessas condições, os números têm sempre a dimensão de uma taxa anual de variação. Essas taxas foram agregadas para certos períodos, utilizando-se médias aritméticas simples, e os resultados são mostrados nas Tabelas 1, 2 e 3. Várias observações relevantes podem ser ex-

⁴ Fica bastante claro que o nome por nós utilizados não é estritamente correto, pois tanto o clima como a qualidade das terras na fronteira agrícola independem da existência de um esforço de melhoria tecnológica.

⁵ Supondo-se constante o preço do produto e dos demais fatores.

⁶ Na região Nordeste estão incluídos os Estados do Piauí, Maranhão, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia. Na região Centro-Sul contam-se Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso.

traídas daí: em primeiro lugar, e como era de se esperar, o chamado efeito iteração é bastante pequeno, o que nos autoriza a considerar apenas os efeitos tecnológico e alocativo como fatores explicativos das variações anuais de produtividade. Em segundo, uma inspeção cuidadosa dos dados revela que tanto a produtividade como o efeito tecnológico mostram intensas variações anuais e entre períodos. Este último tipo de variação deve, essencialmente, refletir mudanças do tipo tecnológico puro, como a introdução de novas variedades, maior uso de fertilizantes e defensivos, etc., na medida em que essas transformações tendem a se verificar lentamente ao longo do tempo. De fato, o espraiamento da adoção de novas técnicas numa certa região exige, para ser captado por dados agregados, períodos de pelo menos três a cinco anos, sem que isso reflita necessariamente algum tipo de resistência à modernização, mas, sim, apenas dificuldades na circulação das novas informações e na produção e distribuição de insumos que incorporem essas informações.

TABELA I

Decomposição dos índices de produção por área em seus efeitos tecnológico e alocativo; taxas anuais de variação por período

Região Nordeste

Períodos*	$(\pi_t/\hat{\pi}_{t-1} - 1)$	Efeito Tecnológico	Efeito Alocativo	Efeito Iteração
1933/35	0,17668	0,11983	0,05400	0,00285
1936/40	0,02958	-0,00307	0,03092	-0,00427
1941/45	-0,00737	-0,02048	0,02070	-0,00759
1946/50	0,00766	0,01076	-0,00802	-0,00140
1951/55	-0,02946	-0,02785	0,00358	-0,00519
1956/60	0,02873	0,02356	0,00692	-0,00174
1961/65	0,00038	0,00254	-0,00221	0,00005
1966/70	0,00767	-0,00563	0,01282	0,00048

* Todos os valores são médias aritméticas das taxas anuais.

TABELA 2

Decomposição dos índices de produção por área em seus efeitos tecnológico e alocativo; taxas anuais de variação por períodos

Região Centro-Sul

Períodos*	$(\pi_t/\hat{\pi}_{t-1} - 1)$	Efeito Tecnológico	Efeito Alocativo	Efeito Iteração
1933/35	0,04636	0,03031	0,03012	-0,01407
1936/40	0,03247	0,01467	0,02533	-0,00753
1941/45	0,03107	0,00949	0,02416	-0,00258
1946/50	0,02430	0,01818	0,00704	-0,00092
1951/55	0,01381	0,00337	0,00853	0,00191
1956/60	0,04703	0,03839	0,00524	0,00340
1961/65	0,03183	0,02751	0,00413	0,00019
1966/70	0,03030	0,02855	-0,00005	0,00180

* Todos os valores são médias aritméticas das taxas anuais.

TABELA 3

Decomposição dos índices de produção por área em seus efeitos tecnológico e alocativo; taxas anuais de variação por períodos

Estado de São Paulo

Períodos*	$(\pi_t/\hat{\pi}_{t-1} - 1)$	Efeito Tecnológico	Efeito Alocativo	Efeito Iteração
1933/35	-0,00601	-0,00865	0,00192	0,00072
1936/40	0,02329	0,05276	-0,01034	-0,01963
1941/45	0,05915	0,00079	0,05596	0,00240
1946/50	0,04820	0,00712	0,04193	0,00086
1951/55	0,08390	0,04960	0,03993	-0,00563
1956/60	0,08621	0,07202	0,02637	-0,01218
1961/65	0,07460	0,07778	0,03810	-0,04129
1966/70	0,07371	0,04097	0,04620	-0,01346

* Todos os valores são médias aritméticas das taxas anuais.

Por outro lado, achamos que as variações anuais na produtividade, especialmente quando intensas, refletem basicamente o componente climático. Isto é fenômeno conhecido e já foi analisado em detalhe;⁷ entretanto, uma forma muito simples de verificar a influência do clima pode ser feita com os dados da Tabela 4,⁸ onde construímos as médias e os desvios-padrão das séries de efeito tecnológico e alocativo segundo as regiões. Uma vez que no efeito alocativo não comparece a variável clima (nem qualquer outra variável exógena que flutue violentamente), nossas expectativas eram de que o desvio-padrão do efeito tecnológico deveria ser sistematicamente maior que o do efeito alocativo. De fato, a variância do efeito tecnológico é sempre pelo menos três vezes maior que a do efeito alocativo. Por outro lado, é sabido que quanto maior a região considerada, menor deverá ser o efeito do clima na produtividade, dado

TABELA 4

Média e desvio-padrão das variáveis efeito tecnológico e efeito alocativo segundo as regiões, para o período 1933/70

Regiões		Efeito Tecnológico	Efeito Alocativo
Nordeste.....	média	0,00764	0,01278
	desvio-padrão	0,58444	0,21168
Centro-Sul.....	média	0,02084	0,01216
	desvio-padrão	0,41856	0,13300
São Paulo.....	média	0,08033	0,03121
	desvio-padrão	1,73917	0,23367

⁷ IPEA, *Variações Climáticas e Flutuações da Oferta Agrícola no Centro-Sul do Brasil*, Série Estudos para o Planejamento (Brasília: IPEA/PLAN, 1972), n.º 1.

⁸ Mais adiante repetiremos a partição sugerida pela fórmula (3), com dados de médias quinquenais, visando com isto reduzir a influência das variações climáticas.

que é maior a possibilidade de que regiões afligidas pelas secas, por exemplo, tenham seus resultados compensados por outras áreas com boa ocorrência de chuvas; inversamente, quanto menor a região considerada, mais direto deve ser o efeito das precipitações pluviométricas, e demais condições climáticas. Mais uma vez é o que se observa: o desvio-padrão do componente tecnológico é quatro vezes maior para São Paulo em relação ao Centro-Sul. O Nordeste, região notoriamente mais sensível a flutuações climáticas, também apresenta um desvio-padrão maior que o Centro-Sul.

É interessante observar também o comportamento das médias do efeito tecnológico: existe uma nítida ordenação no crescimento dos ganhos de produtividade, com o Nordeste crescendo no longo prazo a uma taxa bastante baixa, o Centro-Sul a uma taxa mediana e São Paulo a uma taxa elevada. Mais uma vez, entretanto, não se pode separar o chamado efeito tecnológico puro (resultado direto da pesquisa agrônômica) do efeito do aproveitamento de novas áreas, do uso de fertilizantes e do próprio clima.

Ainda com relação ao clima, vale uma última observação: tentou-se trabalhar com um índice que refletisse as variações do comportamento do clima. Esse índice refletiria simplesmente a média das precipitações no segundo semestre do ano civil, período de plantio e desenvolvimento das plantas.⁹ Entretanto, uma análise mais cuidadosa do problema revelou que esses índices realmente só fazem sentido quando consideramos um único produto e as regiões de concentração da produção desse mesmo produto; ao nível de agregação em que estamos trabalhando, seria difícil conceituar uma única medida que incorporasse a diversidade de situações ao nível microrregional.¹⁰ Nestas condições, decidimos apenas trabalhar com a fórmula (3), utilizando médias quinquenais.

As Tabelas 5, 6 e 7 resumem os resultados de nossos exercícios. Mesmo com a redução dos efeitos do clima, os dados para a região Nordeste refletem um quadro bastante desanimador, em termos de crescimento da produtividade: à exceção dos períodos 1935/40 e 1960/65 o efeito tecnológico é quase nulo ou fortemente negativo;

⁹ IPEA, *op. cit.*

¹⁰ *Idem.*

TABELA 5

*Região Nordeste — participação do crescimento da produtividade para anos selecionados **

Anos	Efeito Tecnológico	Efeito Alocativo	Efeito Iteração
1940	-0,23904	-0,01144	-0,00186
1945	-0,11702	-0,02598	-0,00027
1950	-0,08955	-0,03850	-0,00075
1955	0,00269	-0,00999	0,00037
1960	-0,01280	0,00042	0,00053
1965	0,02571	-0,02280	-0,00003
1968	0,00243	0,00713	-0,00009

* Todos os dados foram calculados como médias quinquenais; os números expressam as diferenças acumuladas ao longo dos cinco anos.

TABELA 6

*Região Centro-Sul — participação do crescimento da produtividade para anos selecionados **

Anos	Efeito Tecnológico	Efeito Alocativo	Efeito Iteração
1940	0,07368	0,03416	-
1945	0,00683	0,08413	-
1950	0,04431	0,03498	-
1955	-0,05546	0,01628	-
1960	0,15511	0,03076	-
1965	0,03676	-0,02209	-0,00038
1968	0,10229	-0,01487	+0,00016

* Veja-se a nota da Tabela 5.

TABELA 7

*Região de São Paulo — participação do crescimento da produtividade para anos selecionados **

Años	Efeito Tecnológico	Efeito Alocativo	Efeito Iteração
1940	-0,08733	-0,12737	-0,00015
1945	-0,08702	-0,02854	0,00059
1955	0,07277	0,07311	0,00017
1960	0,21153	-0,01343	0,00243
1965	0,08310	0,03524	0,00063
1968	-0,01950	0,05572	-0,00202

* Veja-se a nota da Tabela 5.

some-se a isso o fato de que a realocação da produção sempre se deu em favor de culturas que, na base, apresentavam índices de produção por área inferiores à média regional; o resultado final vai então revelar um crescimento da produtividade total muito modesto.

Na região Centro-Sul (Tabela 6) observamos que o efeito tecnológico é positivo, e em geral alto, em todo o período analisado, à exceção dos anos 1950/55; ao mesmo tempo, o efeito alocativo é quase sempre favorável às culturas mais produtivas, à exceção dos anos 60, quando a redução da área dedicada ao café (uma cultura com fortes ganhos de produtividade) implica uma contribuição negativa do chamado efeito alocativo. Parece inegável que esse resultado positivo deriva do efeito conjunto da utilização de fronteiras agrícolas férteis, do maior uso de insumos modernos e da produção de novos conhecimentos técnicos.

Finalmente, consideremos o caso de São Paulo:¹¹ o efeito tecnológico é negativo nos anos 40 e fortemente positivo daí em diante,

¹¹ Neste trabalho, utilizamos os dados do antigo SEP (FIBGE) para São Paulo, até 1948, após o que a fonte passa a ser o IEA (São Paulo). Por esta razão a comparação no período 1945/50 não foi realizada.

até 1965. Neste último período, é o efeito alocativo que domina; é curioso que no período após 1950, quando o efeito alocativo foi negativo (1955/60) verificou-se a maior elevação dos ganhos de produtividade *per se*, de sorte que o efeito final é sempre uma taxa elevada de ganhos na produção por área. Contrariamente, nos anos 40 ambos os efeitos são negativos.

Uma observação final: os ganhos de produtividade em São Paulo e na região Centro-Sul, quando positivos, estão sempre concentrados em apenas alguns produtos e não é surpresa observar que isso ocorre naqueles casos onde se tem notícia de maior esforço de pesquisa agrônômica. De fato, café e algodão respondem sempre por mais de 60% do total de ganhos de produtividade; outros produtos aparecem esporadicamente (como a batata-inglesa em São Paulo, até 1960), mas deve ser ressaltado que os resultados agregados que apresentamos não devem deixar a impressão de difusão generalizada de aumentos em Q/A . Na verdade, apenas se reafirma aqui que o crescimento da produtividade ao longo do tempo tem como condição necessária a produção de novos conhecimentos técnicos.