



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Ciências Sociais

Faculdade de Ciências Econômicas

Patrícia Vivas da Silva Fontes

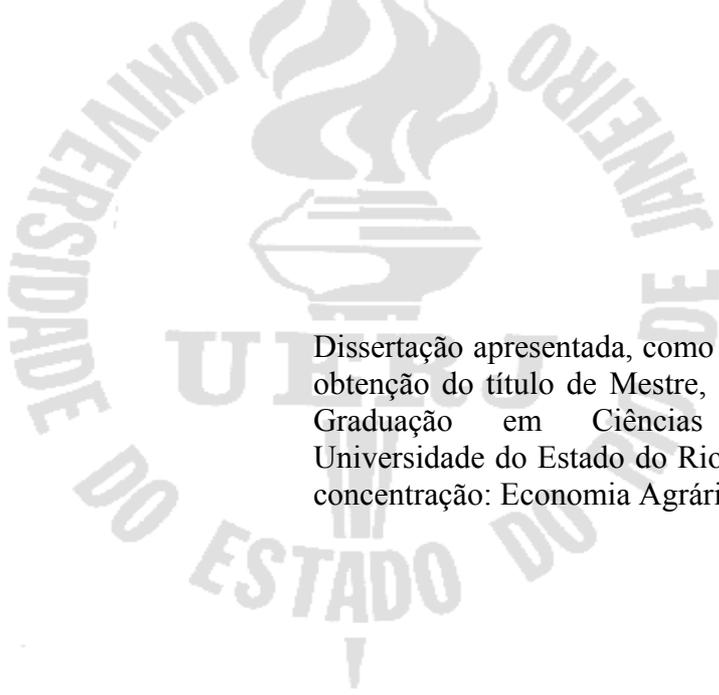
**Produtividade Total dos Fatores: revisão da literatura e uma aplicação exploratória
para a cultura do milho usando os dados dos censos agropecuários**

Rio de Janeiro

2012

Patrícia Vivas da Silva Fontes

Produtividade Total dos Fatores: revisão da literatura e uma aplicação exploratória para a cultura do milho usando os dados dos censos agropecuários



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Econômicas, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Economia Agrária.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Salazar P. Brandão

Rio de Janeiro

2012

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CCS/B

F683 Fontes, Patrícia Vivas da Silva.
Produtividade total dos fatores: revisão da literatura e
uma aplicação exploratória para a cultura do milho usando
os dados dos censos agropecuários / Patrícia Vivas da
Silva Fontes. – 2012.
120 f.

Orientador: Antônio Salazar P. Brandão
Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências
Econômicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
Bibliografia: f. 91-97.

1. Economia agrícola – Teses. 2. Produtividade agrícola
- Teses. 3. Milho. I. Brandão, Antônio Salazar P. II.
Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de
Ciências Econômicas. III. Título.

CDU 33:63(81)

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta
dissertação.

Assinatura

Data

Patrícia Vivas da Silva Fontes

Produtividade Total dos Fatores: revisão da literatura e uma aplicação exploratória para a cultura do milho usando os dados dos censos agropecuários

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Ciências Econômicas, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Economia Agrária.

Aprovada em 11 de outubro de 2012.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Antônio Salazar P. Brandão (Orientador)
Faculdade de Ciências Econômicas da UERJ

Prof. Dr. Léo da Rocha Ferreira
Faculdade de Ciências Econômicas da UERJ

Prof. Dr. Paulo Fernando Cidade de Araújo
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - USP

Rio de Janeiro
2012

DEDICATÓRIA

À minha família, pelo amor e apoio constantes.

AGRADECIMENTOS

À Deus que além de me abençoar com a divina existência e seu eterno amor, colocou ao meu lado pessoas maravilhosas.

Agradeço aos meus pais Mairce e Wanderley, que sempre buscaram me proporcionar o melhor, mesmo que isso significasse inúmeras renúncias. Ao seu amor incondicional que me deu, cada dia, mais força para lutar. E a minha querida irmã Carolina pelo amor e carinho de todas as horas.

Ao meu grande amor Jansen Gonzales, cuja dedicação, companheirismo, amizade, conselhos e apoios sempre disponíveis, me inspiraram e me guiaram ao longo desta jornada. Meu sincero reconhecimento e gratidão.

À minha família e meus amigos, que souberam me entender e ajudar nos momentos que eu mais precisei. E, em especial, às minhas amigas de curso Iraci Vasconcellos, Ana Carolina Sartori e Mariana Rachid pela força e carinho ao longo destes anos.

Ao professor Antônio Salazar P. Brandão pelos ensinamentos e críticas, ao longo deste tempo. E ao Antônio Carlos Simões Florido, gerente do Censo Agropecuário do IBGE, pela ajuda no fornecimento dos dados.

A melhor maneira para prever o futuro é criá-lo.

Peter Drucker

RESUMO

VIVAS DA SILVA FONTES, Patrícia. *Produtividade Total dos Fatores: revisão da literatura e uma aplicação exploratória para a cultura do Milho usando os dados dos censos agropecuários*, 2012. 120f. Dissertação (Mestrado em Ciências Econômicas) - Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

Este trabalho pretende contribuir para o entendimento sobre a produtividade na agricultura brasileira, bem como propõe uma reflexão sobre o debate da produtividade total dos fatores. Para isso, buscou-se, antes de tudo, debater as medidas de produtividade, sobretudo as medidas de produtividade total dos fatores e, em seguida, apresentar estimativas da produtividade total na agricultura no Brasil e no mundo. Propõem-se também uma estimativa preliminar dessa metodologia para o cálculo da produtividade total dos fatores na cultura do milho através do índice de Tornqvist. O objetivo é, então, revisar a literatura teórica e empírica sobre a produtividade total dos fatores na agricultura e calcular as produtividades parciais e totais na cultura do milho para os estados brasileiros. Apesar da maior parte dos resultados encontrados no cálculo da produtividade total para a cultura do milho no Brasil não terem sido consistentes, a conclusão geral do levantamento bibliográfico foi que tanto a agricultura brasileira quanto a agricultura mundial, independente da metodologia utilizada, apresentou uma tendência ao crescimento da produtividade total dos fatores.

Palavras-chave: Produtividade Total dos Fatores. Índice de Tornqvist. Agricultura Brasileira.

ABSTRACT

This study aims to contribute to the understanding of productivity in Brazilian agriculture and proposes a reflection on the debate of total factor productivity. For this, it was decided, first of all, to discuss productivity measures, particularly measures of total factor productivity and then provide estimates of total productivity in agriculture in Brazil and worldwide. A preliminary estimate of this methodology was also proposed of total factor productivity of corn using the Tornqvist index. The goal is to review the theoretical and empirical literature on total factor productivity in agriculture and calculate partial and total yields in corn to the Brazilian states. Although most of the results in the calculation of total yield for corn in Brazil were not consistent, the general conclusion of the literature was, both Brazilian agriculture as agriculture worldwide, regardless of the methodology used, tended to growth of total factor productivity.

Keywords: Total Factor Productivity. Tornqvist Index. Brazilian Agriculture.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Índice de produtividade de Malmquist orientado no produto	30
Figura 2 -	Eficiência técnica, alocativa e econômica.	33
Figura 3 -	Participação dos principais produtores de milho no mundo em 2010	58
Figura 4 -	Principais importadores de milho no mundo em 2009	59
Figura 5 -	Principais exportadores de milho no mundo em 2009	60
Figura 6 -	Demanda por milho para produção do etanol nos EUA entre 2008/2011 em milhões de toneladas	62
Figura 7 -	Participação da produção de milho entre as regiões do Brasil em 2011	63
Figura 8 -	Participação na produção de milho no país entre os principais estados durante 1976/2011	64
Figura 9 -	Produtividade da terra para a lavoura do milho no país entre 1976/2011 - 1ª e 2ª safra	65
Figura 10 -	Distribuição do consumo de milho no Brasil entre 2001/2011 em toneladas	66
Figura 11 -	Evolução do consumo de milho e farelo de soja no Brasil para a produção de rações durante o período de 1996/2011 em mil toneladas	67
Figura 12 -	Evolução das exportações de milho do Brasil durante o período de 2001/2009	68
Figura 13 -	– Principais exportadores de milho durante o período de 1998/2009	69
Figura 14 -	Estoque de milho no país entre 2006-2010	70
Figura 15 -	Exportação mundial de milho entre o período de 1999-2020	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Taxa de crescimento da PTF nos países da América Latina e Caribe durante o período de 1961-2001	47
Tabela 2 -	Taxa de crescimento da PTF nas regiões da Ásia durante o período de 1961-2001	48
Tabela 3 -	Taxa de crescimento da PTF nas regiões da África durante o período de 1961-2001	48
Tabela 4 -	Varição Tecnológica, variação de eficiência e variação na PTF durante o período de 1980-2000.	50-51
Tabela 5-	Taxa de crescimento da PTF e da produtividade parcial entre 1965-1994	52
Tabela 6 -	Taxa de crescimento da PTF durante o período de 1961-2007.	55-56
Tabela 7 -	Análise entre países da PTF na agricultura no mundo	57
Tabela 8 -	Classificação da produtividade dos 20 maiores produtores de milho do mundo	61
Tabela 9 -	Produtividade total dos fatores - Brasil e estados em 1996 e 2006	80
Tabela 10 -	Produtividade da terra - Brasil e estados em 1996 e 2006	81
Tabela 11 -	Produtividade da mão-de-obra - Brasil e estados em 1996 e 2006	83
Tabela 12 -	Produtividade de máquinas - Brasil e estados em 1996 e 2006	84
Tabela 13 -	Produtividade dos insumos diretos - Brasil e estados em 1996 e 2006	86
Tabela 14 -	Produtividade da energia - Brasil e estados em 1996 e 2006	87
Tabela 15 -	Produtividade do combustível - Brasil e estados em 1996 e 2006	88
Tabela 16 -	Quantidade produzida do milho em 1996 e 2006 por tonelada e sua taxa de crescimento	98
Tabela 17 -	Área colhida de milho em 1996 e 2006 por hectare e sua taxa de crescimento	99
Tabela 18 -	Quantidade de mão-de-obra no milho em 1996 e 2006 e sua taxa de crescimento	100
Tabela 19 -	Quantidade de tratores na produção de milho em 1996 e 2006 e sua taxa de crescimento	101
Tabela 20 -	Quantidade de adubos utilizados na produção de milho por toneladas em 1996 e 2006 e sua taxa de crescimento	102
Tabela 21 -	Quantidade de fertilizantes utilizados na produção de milho por quilo	103

	em 1996 e 2006 e sua taxa de crescimento	
Tabela 22 -	Quantidade de agrotóxicos utilizados na produção de milho por embalagem de 5kg em 1996 e 2006 e sua taxa de crescimento	104
Tabela 23 -	Consumo de energia elétrica utilizados na produção de milho por MWh em 1996 e 2006 e sua taxa de crescimento	105
Tabela 24 -	Quantidade de combustíveis utilizados na produção de milho por litro em 1996 e 2006 e sua taxa de crescimento	106
Tabela 25 -	Informações sobre a importação de milho em 2009	107
Tabela 26 -	Informações sobre a exportação de milho em 2009	108
Tabela 27 -	IPA-DI – Máquinas e equipamentos em 1996	109
Tabela 28 -	IPA-DI – Máquinas e equipamentos em 2006	109
Tabela 29 -	Tarifa média de energia elétrica por classe de consumo e por região por MWh em 1996	110
Tabela 30 -	Tarifa média de energia elétrica por classe de consumo e por região por MWh em 2006	110
Tabela 31 -	Salários rurais – remuneração do mensalista em São Paulo em 1996	111
Tabela 32 -	Salários rurais – remuneração do mensalista em São Paulo em 2006	112
Tabela 33 -	Preço da ureia em toneladas em São Paulo em 1996	113
Tabela 34 -	Preço da ureia em toneladas em São Paulo em 2006	113
Tabela 35 -	Preço calcário dolomítico em toneladas em São Paulo em 1996	114
Tabela 36 -	Preço calcário dolomítico em toneladas em São Paulo em 2006	114
Tabela 37 -	Preço do formulado 04-20-20 em toneladas em São Paulo em 1996	115
Tabela 38 -	Preço do formulado 04-20-20 em toneladas em São Paulo em 2006	115
Tabela 39 -	Preço da semente por quilo em São Paulo em 1996	116
Tabela 40 -	Preço da semente por quilo em São Paulo em 2006	116
Tabela 41 -	Preço <i>round up</i> em embalagem de 5kg em São Paulo em 1996	117
Tabela 42 -	Preço <i>round up</i> em embalagem de 5kg em São Paulo em 2006	117
Tabela 43 -	Preço da gasolina por litros em São Paulo em 1996	118
Tabela 44 -	Preço da gasolina por litros em São Paulo em 2006	118
Tabela 45 -	Preço do óleo diesel por litros em São Paulo em 1996	119
Tabela 46 -	Preço do óleo diesel por litros em São Paulo em 2006	119
Tabela 47 -	Preço do óleo lubrificante por litros em São Paulo em 1996	120
Tabela 48 -	Preço do óleo lubrificante por litros em São Paulo em 2006	120

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIMILHO	Associação Brasileira da Indústria do Milho
ABRASCO	Associação Brasileira de Saúde Coletiva
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Food and Agriculture Organization
FGV	Fundação Getúlio Vargas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	Instituto de Economia Agrícola da Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
PAM	Produção Agrícola Municipal
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PPM	Produção da Pecuária Municipal
PTF	Produtividade Total dos Fatores
SINDIRAÇÕES	Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal
USDA	United States Department of Agriculture

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	14
1	MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO DA PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES	17
1.1	Contabilidade do crescimento	17
1.2	Enfoque de natureza econométrica a partir da função custo	20
1.3	Números-Índices	23
1.3.1	<u>Índice de Tornqvist</u>	24
1.3.2	<u>Índice de Malmquist</u>	28
1.3.2.1	Análise Envoltória de Dados	33
1.3.3	<u>Índice de Fisher e EKS</u>	35
2	PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES: REVISÃO DE LITERATURA	37
2.1	Origem e evidências empíricas sobre o tema no contexto brasileiro	37
2.1.1	<u>Lições do levantamento bibliográfico na literatura nacional</u>	44
2.2	Abordagem da produtividade total dos fatores no contexto internacional	46
2.2.1	<u>Lições do levantamento bibliográfico na literatura internacional</u>	56
3	O MERCADO DO MILHO	58
3.1	Aspectos da cultura do milho	58
3.2	Situação geral da cultura de milho no Brasil	62
3.3	Perspectivas	70
4	PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES: METODOLOGIA	73
4.1	Mensuração da produtividade total dos fatores: Procedimento metodológico	73
4.2	Fonte e descrição dos dados	73
4.2.1	<u>Mão-de-obra</u>	74
4.2.2	<u>Máquinas e equipamentos</u>	74
4.2.3	<u>Insumos diretos</u>	75
4.2.4	<u>Terra</u>	76

4.2.5	<u>Energia Elétrica</u>	77
4.3	Cálculo da produtividade parcial	77
5	PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES: RESULTADOS E LIMITAÇÕES	79
6	CONCLUSÃO	89
	REFERÊNCIAS	91
	ANEXO A – Quantidade produzida do milho em 1996 e 2006 em toneladas e sua taxa de crescimento.....	98
	ANEXO B – Área colhida de milho em 1996 e 2006 por hectare e sua taxa de crescimento.....	99
	ANEXO C – Quantidade dos fatores de produção utilizados na produção de milho em 1996 e 2006 e sua taxa de crescimento.....	100
	ANEXO D – Informações sobre importação e exportação de milho no mundo em 2009.....	107
	ANEXO E – Dados responsáveis pela formação do índice que converteu o custo de produção em quantidade.....	109

INTRODUÇÃO

A agricultura e o agronegócio brasileiro têm tido um desenvolvimento expressivo ao longo das últimas décadas como mostram os principais indicadores de produção, a relação de troca, o crescimento da produtividade e das exportações.

De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Produto Interno Bruto (PIB) agropecuário teve uma taxa média de crescimento anual de cerca de 6% entre o primeiro semestre de 2000 e o primeiro semestre de 2012, sendo o crescimento em 2011 de aproximadamente 12,5%.

No contexto internacional, apesar da crise, o Brasil tem dado prosseguimento a sua posição no mercado mundial de grande fornecedor de alimentos. Essa situação é verificada quando analisamos o peso do setor agrícola na balança comercial brasileira.

Segundo o relatório do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) de 2012, as exportações brasileiras do agronegócio¹ em 2011 atingiram um valor de US\$ 94,6 bilhões, o que representa 36,9% das exportações totais e um crescimento de aproximadamente 24% em relação às exportações do ano anterior.

Também de acordo com o relatório do MAPA as exportações do agronegócio atingiram uma média de crescimento de 15,3% a.a. na última década, sendo o mercado de grãos o grande destaque.

De acordo com Contini et al. (2010), a lavoura brasileira apresentou, entre o período de 1975 a 2010, um aumento na quantidade produzida de 3,32% ao ano, enquanto que a área plantada aumentou 0,70% ao ano. Também segundo os autores, o maior crescimento foi verificado para a produção de grãos, que durante o mesmo período teve um aumento na produção de 268% em relação a um aumento 45,6% da área plantada, resultando em uma taxa anual de crescimento da produtividade da terra de 3,2%.

Apesar dessa produtividade da terra indicar uma incorporação de tecnologia no processo produtivo, esse indicador nos proporciona uma visão parcial do desempenho da agropecuária, já que analisa apenas um fator de produção, a terra. Vários trabalhos como os Christensen (1975), Gasques e Conceição (1997) e (2000), Gasques et. al (2004) e (2008), Vicente (2004) e (2006), Fonseca (2007), Figueiredo (2007), Avila e Evenson (2010), Coelli e Prasada Rao (2003), Headey et. al (2010), Fuglie (2010), entre outros, demonstram formas

¹ Conforme Silva et al. (2007) o agronegócio refere-se a produção, processamento, armazenamento e distribuição de produtos tanto da agricultura quanto da pecuária.

de cálculo mais completas para avaliar o desempenho do setor agrícola, através do uso da produtividade total dos fatores (PTF).

Segundo Fonseca (2007), a importância no esclarecimento da produtividade e de seus determinantes é justificável, particularmente na agricultura, porque é nesta área que se assenta grande parte da diferença de crescimento econômico de regiões, países ou setores da economia. E, conforme preconiza Mankiw (2004), para compreender a diferença no padrão de vida em diversos países e regiões ao longo do tempo é preciso entender sua capacidade de produção em cada setor e, particularmente, sua produtividade.

Desta forma, compreender como se processam os ganhos de produtividade na agropecuária é indispensável para compreender os rendimentos no setor agrícola. Em especial, o assunto torna-se ainda mais relevante quando levamos em consideração as projeções das Nações Unidas em relação ao crescimento da renda e da população mundial. Isto porque o crescimento da população mundial somado ao crescimento da renda per capita tem requerido do setor agrícola uma atuação cada vez mais produtiva para atender a demanda potencial por alimentos. Assim, cabe ao setor agrícola o papel de aumentar a produção para atender a essa demanda, sem que isso represente pressões sobre as o uso das terras e também sem esbarrar na questão ambiental, e a única forma de promover esse crescimento em meio a essas restrições seria através do aumento da produtividade.

Nesse sentido, com o objetivo de ampliar o entendimento sobre a produtividade na agricultura brasileira e propor uma reflexão sobre o debate da produtividade total dos fatores, esse trabalho se propõe a fazer uma revisão da literatura sobre as medidas de produtividade total na agricultura e apresentar estimativas preliminares da produtividade total na agricultura no Brasil e no mundo.

Nesse estudo, também pretende-se aplicar a metodologia do cálculo da produtividade total dos fatores para a cultura do milho através do índice de Tornqvist. Também serão analisadas as produtividades da terra, trabalho, dos insumos diretos, da energia elétrica, das máquinas e combustíveis.

Assim, este trabalho tem como objetivo específico esclarecer os tipos de produtividade e as diferentes formas de cálculo da produtividade total dos fatores como também fazer uma estimativa preliminar dessa metodologia para o cálculo da produtividade total dos fatores na cultura do milho.

Especificamente, pretende-se:

- Revisar a literatura teórica e empírica sobre o tema PTF;
- Analisar a produtividade total dos fatores e as medidas parciais de produtividade.

Além dessa introdução, este trabalho foi estruturado da seguinte forma: no capítulo um apresentam-se as diversas metodologias de cálculo da produtividade total dos fatores; no capítulo dois fez-se um levantamento bibliográfico sobre o tema da produtividade total dos fatores da agricultura no Brasil e, em seguida, na literatura internacional, descrevendo as diversas aplicações dessa medida para diferentes grupos de países; no capítulo três apresenta-se mercado do milho, descrevendo seus aspectos conjunturais, a situação geral da produção dessa cultura no Brasil e no mundo e suas perspectivas; no capítulo quatro esclareceu-se os procedimentos metodológicos e, por fim, no capítulo seguinte, analisou-se os resultados obtidos no cálculo da produtividade total dos fatores e das produtividades parciais.

1 MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO DA PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES

Há dois conceitos de produtividade: a produtividade de um fator (ou produtividade parcial) e a produtividade total dos fatores. A produtividade parcial de um fator é expressa como a relação entre o produto e um único fator de produção. Portanto, essa medida analisa como o produto evolui levando em consideração apenas um fator, como por exemplo, terra ou trabalho. Já a produtividade total dos fatores (PTF) compara a evolução do produto com relação à evolução dos insumos e, desta forma, capta a participação de todos os insumos no processo de produção.

Segundo Christensen (1975), a melhor medida para o cálculo da produtividade é a produtividade total dos fatores e a razão para isso vem do fato da produtividade parcial não captar o efeito de todos os fatores envolvidos no processo produtivo. Para Gasques et al. (2004), a principal limitação da produtividade parcial é que este indicador pode ser afetado por mudanças de outros fatores.

Para essa abordagem de produtividade total dos fatores existem três alternativas metodológicas: i) a contabilidade do crescimento, originada a partir do modelo de Solow (1957), ii) o enfoque de natureza econométrica a partir da função custo, em que a variação na produtividade total é calculada a partir do deslocamento da função de produto e de custo; e iii) a abordagem do número-índice. Esta última alternativa compreende principalmente os índices de Tornqvist (originado do índice de Divisia), o índice de Malmquist e o índice de Fisher. Vejamos mais detalhadamente cada uma dessas abordagens.

1.1 Contabilidade do crescimento

Um procedimento usual para encontrar a produtividade total dos fatores é através do resíduo de Solow. A PTF nesse modelo é a parcela do crescimento que não é explicada nem pela quantidade de máquinas e equipamentos (estoque de capital físico) nem pela qualidade da força de trabalho (estoque de capital humano).

Assim, segundo Solow (1957), seja Y o produto e K e L os fatores de produção capital e trabalho, respectivamente, temos a seguinte função de produção simplificada:

$$Y = A(t) \cdot f(K, L) \quad (1)$$

Em que $A(t)$ representa o efeito cumulativo de mudanças tecnológicas ao longo do tempo. Aplicando a derivada total à função de produção em relação ao tempo, obtêm-se:

$$\frac{\partial Y}{\partial t} = \frac{\partial A}{\partial t} \cdot f(K, L) + A \cdot \frac{\partial F(K, L)}{\partial K} \cdot \frac{\partial K}{\partial t} + A \cdot \frac{\partial F(K, L)}{\partial L} \cdot \frac{\partial L}{\partial t} \quad (2)$$

Onde a variação temporal representa:

$$\frac{\partial Y}{\partial t} = \dot{Y}$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} = \dot{A}$$

$$\frac{\partial K}{\partial t} = \dot{K}$$

$$\frac{\partial L}{\partial t} = \dot{L}$$

Reescrevendo:

$$\dot{Y} = \dot{A} \cdot f(K, L) + A \cdot F_K \cdot \dot{K} + A \cdot F_L \cdot \dot{L} \quad (3)$$

Dividindo por Y e multiplicando e dividindo cada fator, temos:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{A}}{Y} \cdot f(K, L) + A \cdot \frac{F_K}{Y} \cdot \dot{K} + A \cdot \frac{F_L}{Y} \cdot \dot{L} \Leftrightarrow \quad (4)$$

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{A}}{A} + A \cdot \frac{F_K}{Y} \cdot \dot{K} \cdot \frac{K}{K} + A \cdot \frac{F_L}{Y} \cdot \dot{L} \cdot \frac{L}{L} \Leftrightarrow \quad (4')$$

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{A}}{A} + \omega_K \cdot \frac{\dot{K}}{K} + \omega_L \cdot \frac{\dot{L}}{L} \quad (4'')$$

Em que ω_K e ω_L representa respectivamente a elasticidade do produto com relação ao capital e trabalho². Essa equação nos diz que o crescimento do produto é igual a soma do crescimento dos fatores produtivos ponderados pela sua elasticidade mais a taxa de crescimento da mudança tecnológica.

O ponto de maximização será onde a produtividade marginal do fator se iguala ao preço. Isto é, considerando que o preço do produto é igual a 1, o ponto de maximização será aquele em que $F_K = R$ (produtividade marginal do capital é igual a sua remuneração) e $F_L = W$ (produtividade marginal do trabalho é igual ao custo do salário real). Fazendo as devidas substituições, teremos:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{A}}{A} + \frac{R \cdot K}{Y} \cdot \frac{\dot{K}}{K} + \frac{W \cdot L}{Y} \cdot \frac{\dot{L}}{L} \quad (5)$$

Supondo que a totalidade dos recursos seja usada na remuneração dos fatores:

$$Y = RK + WL \rightarrow \frac{Y}{Y} = \frac{RK}{Y} + \frac{WL}{Y} \rightarrow 1 = \frac{RK}{Y} + \frac{WL}{Y} \rightarrow 1 = S_K + S_L \quad (6)$$

E considerando $S_K = \frac{RK}{Y}$ a parcela de gasto com capital e $S_L = \frac{WL}{Y}$ a parcela de gasto com trabalho. Substituindo em (5):

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{A}}{A} + S_K \cdot \frac{\dot{K}}{K} + S_L \cdot \frac{\dot{L}}{L} \quad (7)$$

$$\frac{\dot{A}}{A} = \frac{\dot{Y}}{Y} - \left(S_K \cdot \frac{\dot{K}}{K} + S_L \cdot \frac{\dot{L}}{L} \right) \quad (7')$$

² Note que:

$$\omega_K = \frac{\partial Q}{\partial K} \cdot \frac{K}{Q} = A \cdot F_{KK} \cdot \frac{K}{Q}$$

$$\omega_L = \frac{\partial Q}{\partial L} \cdot \frac{L}{Q} = A \cdot F_{LL} \cdot \frac{L}{Q}$$

A equação (7) representa o resíduo de Solow, sendo o termo $\frac{\Delta Y}{Y}$ conhecido como o progresso técnico ou crescimento da produtividade total dos fatores (ou multifatorial), que expressa o deslocamento da função de produção. Solow concluiu que a parcela que não pode ser explicada pelos insumos, exógena ao modelo, é considerada PTF. Por este motivo, a expressão “resíduo de Solow” é por vezes conhecida como “medida da nossa ignorância”.

Solow, bem como diversos outros economistas como Denison (1962) e Jorgenson e Griliches (1967) entre outros, utilizam o princípio dessa equação para compreender a causa de crescimento do produto. Esses autores buscaram em seus estudos empíricos reduzir a magnitude desse resíduo, isto é, determinar os fatores que podem estar incorporados nesse resíduo.

Denison (1962) considerou o capital humano na função de produção agregada da economia, medindo o resíduo a partir de dois caminhos: avanço científico e mudanças na qualidade da mão-de-obra, já Jorgenson e Griliches (1967) apontaram que as formas de mensuração do fator capital podem levar a uma redução significativa do resíduo.

Anos mais tarde, Romer (1986) e Lucas (1988) sugerem a abordagem de capital expandido, incluindo ao modelo o capital humano (endógeno) e também os retornos constantes de escala, ao invés de decrescentes como na teoria clássica. Essa nova modelagem aperfeiçoou o modelo de crescimento por permitir um maior entendimento a respeito do progresso tecnológico.

1.2 Enfoque de natureza econométrica a partir da função custo

Outra forma de calcular a produtividade total dos fatores é a partir da função de produção e custo. Conforme Braga e Rossi (1989), o crescimento da PTF é decomposto em elemento do progresso técnico, economia de escala e utilização da capacidade, a partir da função de custo.

Dada uma função de custo genérica:

$$C = g(P, Q, t, u) \quad (8)$$

Em que P_i é o vetor de preço dos insumos, Q a quantidade produzida, t um indicador tecnológico e u a grau de utilização de capacidade³. Aplicando a diferencial total com relação ao tempo, obtemos a seguinte expressão:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \sum_i \frac{\partial g}{\partial P_i} \cdot \frac{\partial P_i}{\partial t} + \frac{\partial g}{\partial Q} \cdot \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial g}{\partial u} \cdot \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial g}{\partial t} \quad (9)$$

Dividindo por C :

$$\dot{C} \cdot \frac{1}{C} = \sum_i \frac{\partial g}{\partial P_i} \cdot \dot{P}_i \cdot \frac{1}{C} + \frac{\partial g}{\partial Q} \cdot \dot{Q} \cdot \frac{1}{C} + \frac{\partial g}{\partial u} \cdot \dot{u} \cdot \frac{1}{C} + \frac{\partial g}{\partial t} \cdot \frac{1}{C} \quad (10)$$

Em que o ponto acima da variável representa sua taxa de variação no tempo.

Utilizando o Lema de Shepard $\left(\frac{\partial g}{\partial P_i} = X_i\right)$ e fazendo algumas transformações

algébricas, teremos:

$$\frac{\dot{C}}{C} = \sum_i \frac{X_i}{C} \cdot \dot{P}_i \cdot \frac{P_i}{P_i} + \frac{\partial g}{\partial Q} \cdot \frac{\dot{Q}}{C} \cdot \frac{Q}{Q} + \frac{\partial g}{\partial u} \cdot \frac{\dot{u}}{C} \cdot \frac{u}{u} + \frac{\partial g}{\partial t} \cdot \frac{1}{C} \quad (11)$$

Sejam: $\varepsilon_{CQ} = \frac{\partial g}{\partial Q} \cdot \frac{Q}{C}$ a elasticidade do custo em relação ao produto, $\varepsilon_{Cu} = \frac{\partial g}{\partial u} \cdot \frac{u}{C}$

a elasticidade do custo em relação à utilização de capacidade e $\beta = \frac{\partial g}{\partial t} \cdot \frac{1}{C}$ o deslocamento da função custo em virtude do progresso tecnológico.

Substituindo-se em (4):

$$\frac{\dot{C}}{C} = \sum_i \frac{X_i P_i}{C} \cdot \frac{\dot{P}_i}{P_i} + \varepsilon_{CQ} \cdot \frac{\dot{Q}}{Q} + \varepsilon_{Cu} \cdot \frac{\dot{u}}{u} + \beta \quad (12)$$

³ Por vezes u é expresso da seguinte forma: $u = \frac{Q}{Q^*}$. Onde Q e Q^* representam, respectivamente, o produto corrente e o produto de plena capacidade.

Rearranjando:

$$\dot{\beta} = \frac{\dot{C}}{C} - \sum_t \frac{X_t P_t}{C} \cdot \frac{\dot{P}_t}{P_t} - \varepsilon_{CQ} \cdot \frac{\dot{Q}}{Q} - \varepsilon_{Cu} \cdot \frac{\dot{u}}{u} \quad (13)$$

$$\beta = \hat{C} - \sum_t \frac{X_t P_t}{C} \cdot \hat{P}_t - \varepsilon_{CQ} \cdot \hat{Q} - \varepsilon_{Cu} \cdot \hat{u} \quad (13')$$

Na expressão acima o acento circunflexo denota a taxa de variação proporcional por unidade de tempo.

Tomando o diferencial total da expressão: $C = \sum P_t X_t$ em relação ao tempo, temos:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \sum P_t \cdot \frac{\partial X_t}{\partial t} + \sum X_t \cdot \frac{\partial P_t}{\partial t} \Leftrightarrow \dot{C} = \sum P_t \cdot \dot{X}_t + \sum X_t \cdot \dot{P}_t \quad (14)$$

Multiplicando e dividindo pelo respectivo fator e rearranjando a expressão, teremos:

$$\dot{C} = \sum P_t \cdot \dot{X}_t \cdot \frac{X_t}{X_t} + \sum X_t \cdot \dot{P}_t \cdot \frac{P_t}{P_t} \quad (15)$$

$$\dot{C} = \sum P_t \cdot X_t \cdot \frac{\dot{X}_t}{X_t} + \sum X_t \cdot P_t \cdot \frac{\dot{P}_t}{P_t} \quad (15')$$

$$\dot{C} = \sum P_t \cdot X_t \cdot \hat{X}_t + \sum X_t \cdot P_t \cdot \hat{P}_t \quad (15'')$$

Dividindo por C e rearranjando:

$$\frac{\dot{C}}{C} = \sum \frac{P_t X_t}{C} \cdot \hat{X}_t + \sum \frac{P_t X_t}{C} \cdot \hat{P}_t \quad (16)$$

$$\hat{C} - \sum \frac{P_t X_t}{C} \cdot \hat{P}_t = \sum \frac{P_t X_t}{C} \cdot \hat{X}_t = \hat{F} \quad (16')$$

Onde \hat{F} representa a taxa de crescimento agregado dos insumos. Substituindo em (9):

$$\dot{\beta} = \hat{F} - \varepsilon_{CQ} \cdot \hat{Q} - \varepsilon_{CU} \cdot \hat{U} \quad (17)$$

$$\dot{\beta} + \varepsilon_{CQ} \cdot \hat{Q} + \varepsilon_{CU} \cdot \hat{U} = \hat{F} \quad (17')$$

Uma vez que $PTF = \hat{Q} - \hat{F}$, obtém-se, finalmente:

$$PTF = \hat{Q} - \dot{\beta} - \varepsilon_{CQ} \cdot \hat{Q} - \varepsilon_{CU} \cdot \hat{U} \quad (18)$$

$$PTF = -\dot{\beta} + (1 - \varepsilon_{CQ}) \cdot \hat{Q} - \varepsilon_{CU} \cdot \hat{U} \quad (18')$$

Desta forma, se o rendimento de escala representado pela expressão $(1 - \varepsilon_{CQ})$ for constante e a elasticidade do custo em relação à utilização da capacidade for zero, então, a PTF será igual ao negativo do deslocamento da função de custo em relação ao progresso técnico, isto é, $PTF = -\dot{\beta}$.

1.3 Números-Índices

A produtividade de uma unidade pode ser definida pela razão do produto pelo insumo. Contudo, como dentro de um processo produtivo há a incorporação de diversos insumos, bem como na produção de uma determinada economia há a incorporação de diversos produtos, calcular a produtividade seria uma atividade impossível em meio à

heterogeneidade de dados. Nesse contexto, uma alternativa seria calcular o quociente do índice de produto pelo índice dos fatores utilizados. Essa agregação geral consiste na aplicação dos números-índices.

Diversos índices têm sido usados nos estudos da PTF. Os mais usados são: Fisher, Malmquist e Tornqvist. Sendo o índice Tornqvist uma aproximação do índice de Divisia, que é um índice contínuo e, por isso, utilizado apenas em intervalos específicos (FIGUEIREDO, 2007).

De todo modo o que se tem nesses índices que calculam a produtividade total dos fatores é uma relação produto e insumo, sendo que cada índice apresenta formas funcionais de ponderações e agregações diferentes entre si.

Como as diferenças nas ponderações têm um impacto significativo nos resultados, a escolha da forma funcional é imprescindível. Vejamos mais detalhadamente os principais índices para se calcular a produtividade total dos fatores:

1.3.1 Índice de Tornqvist

O índice de Tornqvist é obtido através da diferença entre o índice de produto e o índice de insumo. Portanto, o ganho de produtividade é interpretado como o aumento na quantidade de produto que não é explicado pelo aumento na quantidade de insumo. A definição geral do índice de produtividade total dos fatores é deduzida a partir da seguinte expressão (GASQUES; CONCEIÇÃO, 1997):

$$\sum_{i=1}^n P_i \cdot Y_i = \sum_{j=1}^m p_j \cdot X_j \quad (19)$$

em que P_i é o preço do produto, Y_i é a quantidade do produto, p_j é o preço do insumo e X_j é a quantidade do insumo. Aplicando o diferencial total a essa expressão, temos:

$$\sum_{i=1}^n P_i \cdot \frac{\partial Y_i}{\partial t} \cdot dt + \sum_{i=1}^n Y_i \cdot \frac{\partial P_i}{\partial t} \cdot dt = \sum_{j=1}^m p_j \cdot \frac{\partial X_j}{\partial t} \cdot dt + \sum_{j=1}^m X_j \cdot \frac{\partial p_j}{\partial t} \cdot dt \quad (20)$$

Dividindo a expressão acima por $\sum_{i=1}^n P_i \cdot Y_i$ e aplicando $\frac{Y_i}{Y_i}$, $\frac{P_i}{P_i}$, $\frac{X_j}{X_j}$ e $\frac{p_j}{p_j}$ a cada termo, respectivamente, teremos:

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^n P_i \cdot \frac{\partial Y_i}{\partial t} \cdot dt \cdot \frac{1}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot Y_i} \cdot \frac{Y_i}{Y_i} + \sum_{i=1}^n Y_i \cdot \frac{\partial P_i}{\partial t} \cdot dt \cdot \frac{1}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot Y_i} \cdot \frac{P_i}{P_i} \\ & = \sum_{j=1}^m p_j \cdot \frac{\partial X_j}{\partial t} \cdot dt \cdot \frac{1}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot Y_i} \cdot \frac{X_j}{X_j} + \sum_{j=1}^m X_j \cdot \frac{\partial p_j}{\partial t} \cdot dt \cdot \frac{1}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot Y_i} \cdot \frac{p_j}{p_j} \end{aligned} \quad (21)$$

Rearranjando:

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_i Y_i}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot Y_i} \cdot \frac{1}{Y_i} \cdot \frac{\partial Y_i}{\partial t} \cdot dt \right) + \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_i Y_i}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot Y_i} \cdot \frac{1}{P_i} \cdot \frac{\partial P_i}{\partial t} \cdot dt \right) \\ & = \sum_{j=1}^m \left(\frac{X_j p_j}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot Y_i} \cdot \frac{1}{X_j} \cdot \frac{\partial X_j}{\partial t} \cdot dt \right) + \sum_{j=1}^m \left(\frac{X_j p_j}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot Y_i} \cdot \frac{1}{p_j} \cdot \frac{\partial p_j}{\partial t} \cdot dt \right) \end{aligned} \quad (22)$$

Sejam:

$$\frac{P_i Y_i}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot Y_i} = S_i$$

$$\frac{1}{X_j} \cdot \frac{\partial X_j}{\partial t} \cdot dt = X_j$$

$$\frac{1}{Y_i} \cdot \frac{\partial Y_i}{\partial t} \cdot dt = Y_i$$

$$\frac{1}{p_j} \cdot \frac{\partial p_j}{\partial t} \cdot dt = p_j$$

$$\frac{1}{P_i} \cdot \frac{\partial P_i}{\partial t} \cdot dt = P_i$$

$$\frac{X_j p_j}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot Y_i} = C_j$$

Os termos S_i e C_j representam, respectivamente, a participação do produto i no valor agregado dos produtos e a participação dos insumos j no custo total dos insumos. Y_i e X_j representam, respectivamente, as quantidades dos produtos e as quantidades dos insumos. E P_i e p_j representam, respectivamente, os preços dos produtos e dos insumos.

Logo, a expressão (22) pode ser escrita como:

$$\sum_{i=1}^n (S_i \cdot Y_i) + \sum_{i=1}^n (S_i \cdot P_i) = \sum_{j=1}^m (C_j \cdot X_j) + \sum_{j=1}^m (C_j \cdot p_j) \quad (22)$$

Generalizando a expressão acima, como sugere Gasques e Conceição (1997), pode-se analisar a produtividade total dos fatores a partir da seguinte forma:

$$Y + P = X + p \quad (22')$$

Onde:

$$\sum_{i=1}^n (S_i \cdot Y_i) = Y$$

$$\sum_{i=1}^n (S_i \cdot P_i) = X$$

$$\sum_{j=1}^m (C_j \cdot X_j) = p$$

$$\sum_{j=1}^m (C_j \cdot p_j) = P$$

Assim:

$$Y - X = p - P = PTF \quad (23)$$

Ou seja, $Y - X$ é a variação do produto que não decorre da variação da quantidade utilizada de insumos e, de forma similar, $p - P$ é a variação no preço do produto que não decorre de mudanças nos preços dos fatores⁴.

Optou-se por trabalhar com as quantidades, conforme expressão abaixo:

$$PTF = \sum_{i=1}^n (S_i \cdot Y_i) - \sum_{j=1}^m (C_j \cdot X_j) \quad (24)$$

Desta forma, o índice de Tornqvist, obtido a partir da equação (19) é formado pelo índice produto e índice dos fatores de produção:

$$\frac{PTF_t}{PTF_{t-1}} = \frac{\prod_{i=1}^n \left(\frac{Y_{it}}{Y_{it-1}} \right)^{\frac{(S_{it} + S_{it-1})}{2}}}{\prod_{j=1}^m \left(\frac{X_{jt}}{X_{jt-1}} \right)^{\frac{(C_{jt} + C_{jt-1})}{2}}} \quad (24)$$

Aplicando o logaritmo chegamos a seguinte expressão:

$$\ln \left(\frac{PTF_t}{PTF_{t-1}} \right) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (S_{it} + S_{it-1}) \ln \left(\frac{Y_{it}}{Y_{it-1}} \right) - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m (C_{jt} + C_{jt-1}) \ln \left(\frac{X_{jt}}{X_{jt-1}} \right) \quad (25)$$

Essa expressão é utilizada para estimar as variações na PTF. O primeiro termo da expressão se refere ao índice agregado de produtos, e o segundo ao índice agregado de insumos. Quando o índice agregado de insumos cresce mais que o de produtos, existe uma

⁴ Considera-se a hipótese de que o lucro é zero.

queda da PTF, no caso contrário, existe um aumento. O índice é acumulado com base em um ano e é encadeado através da seguinte expressão:

$$PTF_t^e = PTF_t \cdot PTF_{t-1}^e \quad (26)$$

Em que PTF_t^e , PTF_t e PTF_{t-1}^e representam, respectivamente, a produtividade total dos fatores no período t encadeada, a produtividade total dos fatores no período t antes do encadeamento e a produtividade total dos fatores no período t-1 encadeada.

A explicação para o encadeamento, segundo Ferreira et al. (2006), reside no fato de que ao colocamos uma base fixa não levamos em consideração alterações substanciais que podem ocorrer na estrutura produtiva. Portanto, a fim de se evitar vieses na mensuração desse índice, considera-se um ano-base como 100 e encadeiam-se os índices dos anos subsequentes.

1.3.2 Índice de Malmquist

O índice de Malmquist é baseado na razão das funções distância de insumos e produtos, que são medidas de eficiências. Elas podem ser obtidas pelo método de análise de fronteira paramétrica e não-paramétrica, através das técnicas Fronteira Estocástica da produção e Análise Envoltória de Dados (DEA), respectivamente.

Essa metodologia apresenta vantagens como o fato de não demandar uma função de produção específica antecipadamente e de não necessitar que os insumos e produtos estejam em valores monetários. Outro benefício encontrado nesse índice de Malmquist é a possibilidade de desmembrar as mudanças da produtividade em dois tipos, um relativo à mudança tecnológica e outro relativo ao indicador de eficiência, permitindo assim, conhecer melhor a origem da produtividade.

O índice de Malmquist nada mais é do que a média geométrica de dois índices, em que o primeiro índice utiliza como referência uma fronteira de produção no período t a partir de uma tecnologia S^t e o segundo índice considera uma fronteira de produção t+1 (S^{t+1}) (SANT'ANNA E OLIVEIRA, 2002).

Para compreender melhor o índice, considere as quantidades observadas de um produto e um insumo nos períodos t e t+1, ou seja, (x^t, y^t) representam, respectivamente, o

insumo e produto no período t e (x^{t+1}, y^{t+1}) o insumo e produto no período t+1. A medida de eficiência orientada pelo produto no período t será representada por (Färe et al., 1994):

$$D_p^t(x^t, y^t) = \inf\{\theta: (x^t; y^t/\theta) \in S^t\} = \sup\{[\theta: (x^t; y^t/\theta) \in S^t]\}^{-1} \quad (27)$$

Que representa o menor valor que se pode dividir o produto de forma a permanecer na fronteira de produção definida pela tecnologia $S^t = \{(x^t, y^t): x^t \text{ produzindo } y^t\}$ ⁵. Como também pode ser compreendido como a expansão máxima proporcional de produtos dado os insumos.

Para apenas um produto e utilizando a tecnologia em t, teríamos a seguinte função distância:

$$D_p^t(x^t, y^t) = \frac{y^t}{F(x^t)} \quad (28)$$

Onde $F(x^t) = \max\{y^t: (x^t, y^t) \in S^t\}$ representa a função de produção no período t utilizando a tecnologia S^t .

A função de produção será tecnicamente eficiente quando $D_p^t(x^t, y^t) = 1$, caso contrário, i.e., se $D_p^t(x^t, y^t) < 1$, a produção não estaria no interior e ao dividi-la por θ chegaríamos à expansão do produto⁶.

Como a produtividade total dos fatores calculada a partir do índice de Malmquist analisa a eficiência a partir de duas perspectivas (t e t+1), deve-se aplicar o mesmo raciocínio feito acima em t para t+1. Isto é, substituímos na equação (27) e (28) S^t por S^{t+1} , encontramos a seguinte medida de eficiência e a função distância.

$$D_p^{t+1}(x^t, y^t) = \inf\{\theta: (x^t; y^t/\theta) \in S^{t+1}\} = \sup\{[\theta: (x^t; y^t/\theta) \in S^{t+1}]\}^{-1} \quad (29)$$

⁵Inverso da medida de eficiência proposta por Farrell (1957).

⁶ Para um estudo mais detalhado ver Caves, Christensen e Diewert (1982) e Färe et al. (1994).

$$D_p^t(x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{y^{t+1}}{F(x^{t+1})} \quad (30)$$

Assim, se $D_p^{t+1}(x^t, y^t) = 1$ a função de produção será tecnicamente eficiente e se $D_p^{t+1}(x^t, y^t) < 1$ será ineficiente.

Utilizando as quantidades observadas para o período t+1 teremos:

$$D_p^t(x^{t+1}, y^{t+1}) = \inf\{\theta: (x^{t+1}; y^{t+1}/\theta) \in S^t\} = \sup\{[\theta: (x^{t+1}; y^{t+1}/\theta) \in S^t]\}^{-1} \quad (31)$$

$$D_p^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}) = \inf\{\theta: (x^{t+1}; y^{t+1}/\theta) \in S^{t+1}\} = \sup\{[\theta: (x^{t+1}; y^{t+1}/\theta) \in S^{t+1}]\}^{-1} \quad (32)$$

Deste modo, o cálculo do índice de Malmquist é baseado em quatro funções de distância $D_p^t(x^t, y^t)$, $D_p^t(x^{t+1}, y^{t+1})$, $D_p^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$, $D_p^{t+1}(x^t, y^t)$. O objetivo de se utilizar uma variedade de funções de distância é evitar a difícil escolha de qual fronteira de produção deverá ser utilizada.

A fórmula do índice de Malmquist é representada na Figura 1.

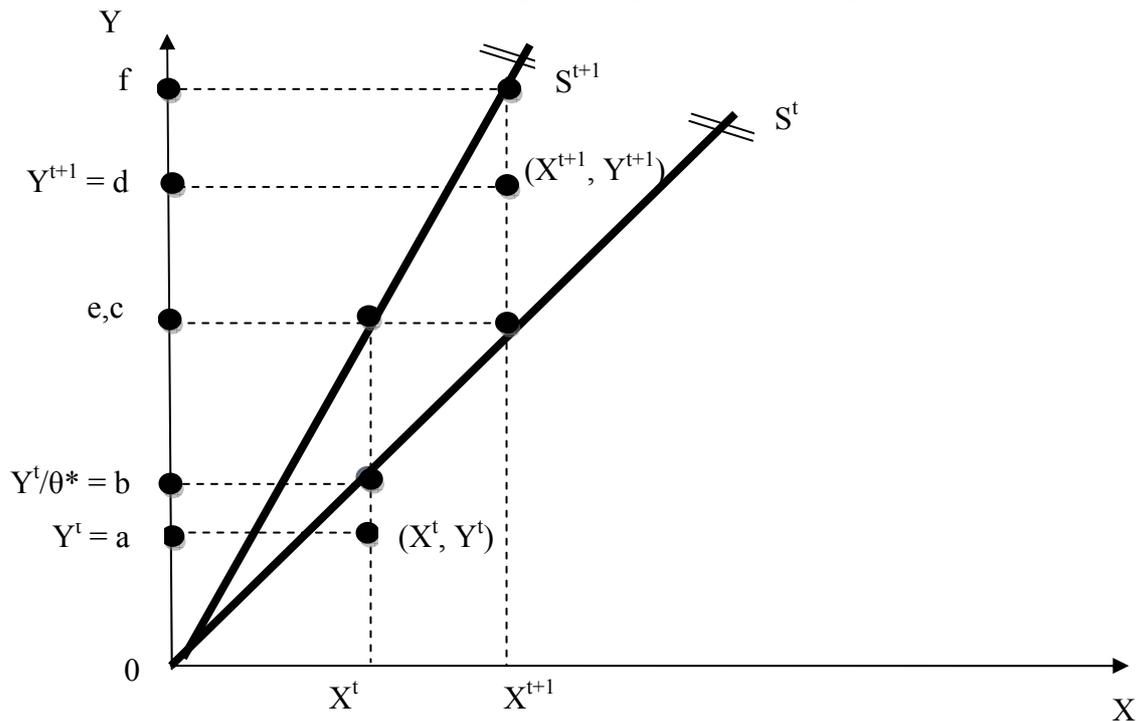


Figura 1 – Índice de produtividade de Malmquist orientado no produto.

A figura um ilustra os vetores insumo-produto (X^t, Y^t) e (X^{t+1}, Y^{t+1}) a partir de diferentes tecnologias $(S^t e S^{t+1})$, considerando retornos de escala constantes.

A função distância no período t será: $(0a/0b)$ utilizando a função de produção no período t e $(0d/0e)$ utilizando a função de produção no período t+1, que será maior do que um. Já a função distância no período t+1 será: $(0a/0c)$ utilizando a função de produção no período t e $(0d/0f)$ utilizando a função de produção no período t+1. Ou seja:

$$D_p^t(x^t, y^t) = \frac{0a}{0b} \quad (33)$$

$$D_p^t(x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{0d}{0e} \quad (34)$$

$$D_p^{t+1}(x^t, y^t) = \frac{0a}{0c} \quad (35)$$

$$D_p^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{0d}{0f} \quad (36)$$

Sendo assim, o índice de Malmquist pode ser definido como:

$$M_p(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \left\{ \left[\frac{D_p^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_p^t(x^t, y^t)} \times \frac{D_p^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_p^{t+1}(x^t, y^t)} \right] \right\}^{1/2} \quad (37)$$

Em que a primeira expressão representa a função distância orientada pelo produto no período t e a segunda expressão orientada no período t+1. Trata-se de uma média geométrica

de duas razões da função distância do produto, que utilizam como base tecnologias em diferentes momentos do tempo.

Essa expressão pode ser decomposta, conforme Färe et al.(1989), em:

$$M_p = (x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \left[\frac{D_p^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_p^t(x^t, y^t)} \right] \left\{ \left[\frac{D_p^t(x^t, y^t)}{D_p^{t+1}(x^t, y^t)} \times \frac{D_p^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_p^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right] \right\}^{1/2} \quad (38)$$

Sendo:

$$\text{Variação de Eficiência Técnica: } \left[\frac{D_p^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_p^t(x^t, y^t)} \right] \quad (39)$$

$$\text{Variação tecnológica: } \left\{ \left[\frac{D_p^t(x^t, y^t)}{D_p^{t+1}(x^t, y^t)} \times \frac{D_p^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_p^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right] \right\}^{1/2} \quad (40)$$

A equação (39) demonstra se a unidade produtiva observada está no máximo da sua eficiência produtiva entre os períodos t e t+1. Ela pode apresentar valores iguais, menores ou maiores que 1 que representam, respectivamente, uma situação de manutenção, declínio e aumento da eficiência. Já a equação (40) demonstra o progresso técnico entre os períodos t e t+1. Ela é mensurada como a média geométrica das mudanças tecnológicas em relação aos insumos x_t e x_{t+1} . Assim, se houver algum incremento de (40) este é interpretado como uma inovação tecnológica.

E, finalmente, se os resultados encontrados forem:

$M_p = (x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) < 1 \rightarrow$ Há indícios de declínio da produtividade entre os períodos t e t+1.

$M_p = (x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = 1 \rightarrow$ Há indícios de estagnação da produtividade entre os períodos t e t+1.

$M_p = (x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) > 1 \rightarrow$ Há indícios de crescimento da produtividade entre os períodos t e t+1.

1.3.2.1 Análise envoltória de dados (DEA)

O modelo de análise envoltória de dados (DEA) é uma alternativa metodológica não paramétrica para avaliar o desempenho de DMUs (*Decision-Making Units* ou unidades que tomam decisão) com uma perspectiva multidimensional e uma variada gama de situações (FERREIRA E GOMES, 2009).

Segundo Macedo et al (2010) a metodologia DEA mostra o quanto um unidade é eficiente em relação a outras a partir de um indicador que varia de 0 até 1 (ou de 0% até 100%), sendo apenas as unidades que apresentam valores igual a um são efetivamente eficientes.

De acordo com Vicente (2012), o DEA é uma metodologia que transforma dados de insumos e produtos em uma superfície de fronteira a partir de uma programação linear, em que o grau de ineficiência de cada DMU é avaliado a partir de sua distância até a fronteira.

Conforme Ferreira e Gomes (2009), essa metodologia foi originada em 1957 do artigo de Michael James Farrell⁷, em que o autor sugeriu um método que melhor pudesse avaliar a produtividade, tendo em vista que as demais metodologias não conseguiam combinar múltiplos insumos para criar um único indicador de eficiência.

Farrel (1957) inicia sua análise a partir de uma isoquanta com rendimento constantes de escala (isoquanta unitária) como mostra a figura abaixo:

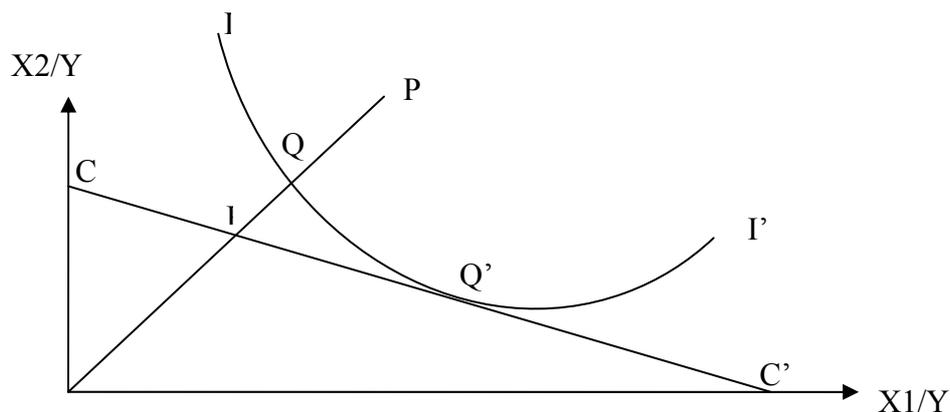


Figura 2 – Eficiência técnica, alocativa e econômica.

⁷ *The Measurement of Productive Efficiency*, publicado no Journal of the Royal Statistical Society.

Sendo as coordenadas do gráfico acima as razões entre os insumos X1 e X2 e o produto, temos que, se uma firma encontra-se no ponto P, ela está sobre um ponto de ineficiência, pois não está sobre a isoquanta. Nessa figura, a distância QP representa a ineficiência técnica de uma DMU. Isso indica que os insumos devem ser reduzidos sem que haja qualquer redução na produção (eficiência técnica orientada pelo insumo). Essa redução pode ser expressa como OQ/OP . Assim, a eficiência técnica orientada pelo insumo será definida como:

$$ET = \frac{OQ}{OP} \quad (41)$$

Sendo:

$$\frac{OQ+QP}{OP} = 1 \quad (42)$$

Logo:

$$\frac{OQ}{OP} + \frac{QP}{OP} = 1 \rightarrow ET = \frac{OQ}{OP} = 1 - \frac{QP}{OP} \quad (43)$$

Onde: $0 \leq \frac{QP}{OP} \leq 1$

Portanto, quando a eficiência técnica é igual a uma unidade, isso significa que a firma é totalmente eficiente do ponto de vista técnico. Por outro lado, quando a eficiência técnica é igual a zero, e $OQ/OP = 1$, então, a firma é totalmente ineficiente.

Assim, se:

$$\frac{OQ}{OP} = 0 \rightarrow \text{eficiência total}$$

$$\frac{OQ}{OP} = 1 \rightarrow \text{ineficiência total}$$

Seja a reta CC' representada pelos preços relativos dos insumos (isocusto), então o ponto Q' representa a produção eficiente com o menor custo de produção. Assim, apesar de Q ser tecnicamente eficiente, este não é um ponto de eficiência alocativa. Para se chegar a

eficiência alocativa (Q'), devemos reduzir o custo em RQ. Então, a eficiência alocativa será representada por OR/OQ , em que $0 \leq \frac{OR}{OQ} \leq 1$.

A ineficiência alocativa, assim como a ineficiência técnica, resulta da utilização inadequada de insumos, só que, diferentemente dessa última, a orientação é dada a partir dos preços relativos (FERREIRA E GOMES, 2009).

Já a eficiência econômica total é definida como o produto da eficiência técnica e alocativa, isto é:

$$EE = ET \cdot EA \rightarrow \frac{OQ}{OP} \cdot \frac{OR}{OQ} = \frac{OR}{OP} \quad (44)$$

Onde: $0 \leq \frac{OR}{OP} \leq 1$

Assim, a metodologia DEA constrói uma fronteira de melhor prática e compara cada observação à fronteira obtendo uma medida de desvio da eficiência (VICENTE, 2004).

1.3.3 Índice de Fisher e índice EKS

O índice de Fisher é a raiz quadrada do produto do índice de Laspeyre e de Paascher, como demonstra a equação abaixo (VICENTE, 2012):

$$FQ_{0,1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n p_0^i q_1^i}{\sum_{i=1}^n p_0^i q_0^i} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n p_1^i q_1^i}{\sum_{i=1}^n p_1^i q_0^i}} \quad (45)$$

Em que FQ é o índice de Fisher de quantidade da variável em questão, p_1^i e q_1^i são, respectivamente, o preço e a quantidade do i-ésimo produto dessa variável, p_0^i e q_0^i são, respectivamente o preço e a quantidade do i-ésimo produto de todas as variáveis.

Contudo, como ressalta Vicente (2006), para efetuar comparações consistentes entre os dados, esse tipo de metodologia não é adequada, pois não possui característica de transitividade. Ou seja, para fazer comparações de produtividade entre estados, regiões ou países não se deve utilizar o índice de Fisher. A alternativa metodológica é utilizar índices multilaterais.

Segundo Vicente (2006), o índice EKS é uma das metodologias mais conhecidas em comparações multilaterais, pois além de proporcionar comparações transitivas, fornece menores desvios em relação aos resultados do índice bilateral de Fisher.

O índice EKS foi desenvolvido por Elterö, Köves e Szulc em 1964 e de acordo com Vicente (2006), é obtido a partir de índices de Fisher bilaterais de quantidade, conforme a expressão abaixo:

$$EKS_{k,l} = \prod_{s=1}^S \left[\frac{Q_F(p^s, p^k, y^s, y^k)}{Q_F(p^s, p^l, y^s, y^l)} \right]^{1/S} \quad (46)$$

Onde Q_F são os índices de Fisher bilaterais de quantidades para as localidades l e k, p é o vetor de preços e y o vetor de quantidades. Ou seja, o índice EKS é “fornecido entre as médias geométricas dos índices de Fisher bilaterais, calculados entre elas e as demais localidades” (VICENTE, 2006).

2 PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES: REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem e evidências empíricas sobre o tema no contexto brasileiro

Há um extenso material empírico lançado a partir da década de 1980 que vem tentando compreender o crescimento da agricultura brasileira. Segundo Gasques e Villa Verde (1990) esse crescimento da produção é explicado essencialmente pelo ganho da produtividade no setor agrícola. Neste trabalho, os autores observam um enfraquecimento do modelo agropecuário extensivo, baseado na expansão da área, e um consistente aumento da produtividade e redução de custos.

Ferreira (1991) também aponta para uma mudança no padrão de crescimento da agricultura brasileira a partir da década de 80. O autor calcula o crescimento da agricultura a partir do modelo *Shift-Share* durante o período de 1977-1988 e faz uma comparação com os resultados encontrados na agricultura brasileira por Patrick (1975) no período de 1959-69 e por Cunha e Daguer (1982) no período de 1967-1979. A conclusão geral foi que, durante o período de análise, a agricultura apresentou um processo de mudança considerável em termos de crescimento da produtividade do fator terra que, segundo o mesmo, está associado à modernização da agricultura, investimento em pesquisa e difusão tecnológica.

Buscando quantificar a verdadeira natureza desse ganho de produtividade, Gasques e Conceição (1997) calcularam a produtividade total dos fatores através do índice de Tornqvist, para o Brasil no período de 1976 a 1994. Como produto foram consideradas as produções da lavoura e da pecuária, e para a construção do índice de insumos foram consideradas as seguintes variáveis: mão-de-obra, máquinas, terra e insumos intermediários (fertilizantes e defensivos).

Para as variáveis: produto, mão-de-obra, terras e insumos intermediários, foram utilizados os dados fornecidos pelo IBGE da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD), da Produção Agrícola Municipal (PAM) e da Produção Pecuária Municipal (PPM). Já para as informações referentes a máquinas e equipamentos, a alternativa encontrada foi utilizar o faturamento líquido desse setor, como uma aproximação das vendas de máquinas e peças de reposição, disponibilizada pela Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA).

Os principais resultados encontrados por Gasques e Conceição (1997) indicaram que a agricultura brasileira apresenta crescimento médio na produtividade total dos fatores de cerca de 3,88% a.a., embora esse crescimento tenha apresentado resultado decrescente para os últimos anos (3,11% a.a. entre o período de 1986 à 1994).

Buscando dar sequência a esses estudos, Gasques e Conceição (2000) replicam o cálculo da PTF através do índice de Tornqvist durante o período de 1970-1995. Na composição do índice de produto foram considerados não só os produtos da lavoura e pecuária, como em Gasques e Conceição (1997), como também agregou-se ao índice os produtos da extração vegetal. Para a construção do índice insumo foram considerados os seguintes fatores: mão-de-obra, máquinas, fertilizantes, agrotóxicos, álcool, bagaço, carvão vegetal, gás liquefeito de petróleo, gasolina, óleo combustível, óleo diesel, querosene, resíduos e energia elétrica.

Os dados foram obtidos no IBGE nos Censos Agropecuários de 1970, 1975, 1980, 1985 e 1995/1996, na Fundação Getúlio Vargas (preço médio de arrendamentos de terras de lavoura e de pastagem) e em Barros (1999) que estimou a quantidade utilizada de tratores por estado.

Os resultados encontrados por Gasques e Conceição (2000) indicam que nos últimos 25 anos a agricultura tem apresentado um expressivo crescimento na produtividade total dos fatores, passando de um índice de 100 em 1970 para 179 em 1995. A taxa anual média de crescimento de 1970-1995 foi de 2,33%, considerada elevada relativamente a países como Estados Unidos (Gasques e Conceição op. cit, p 27). Entretanto, observou-se que entre o período de 1985/1995 a taxa de crescimento reduziu-se para 2,27% ao ano.

Os autores também destacam que apesar de o ganho de produtividade ter sido um fato quase generalizado na agricultura brasileira, foram os estados não tradicionais em termos de produção agrícola que mais se sobressaíram, pertencentes à região Centro-oeste (Mato Grosso e Mato Grosso do Sul) e à região Nordeste (Rio Grande do Norte, Piauí e Ceará).

Gasques et al. (2004) obtêm estimativas da produtividade total dos fatores para a agricultura brasileira no período de 1975 a 2002 aplicando o índice de Tornqvist. Os autores também analisam a influência de variáveis como pesquisa, crédito rural e relação de troca na determinação do crescimento dessa produtividade aplicando-se o modelo de Auto-Regressão Vetorial (VAR).

Gasques et al (2004) consideraram na formação do índice produto a produção decorrente da lavoura e da pecuária e, para o índice insumo, os fatores de produção: terra, mão-de-obra, máquinas agrícolas, defensivos e fertilizantes. Foram utilizados os dados do

IBGE⁸, Fundação Getúlio Vargas (FGV)⁹ e Associação Nacional de Veículos Automotores (ANAVEA)¹⁰. Já para a análise da influencia da pesquisa, crédito rural e relação de troca sobre a PTF foram considerados, respectivamente, os dispêndios da Embrapa em pesquisa e desenvolvimento (1995-2002)¹¹; o desembolso em crédito rural pelos produtores, cooperativas e Pronaf¹² (1995-2002) e a relação entre preços recebidos pelos agricultores e preços pagos pelos insumos agrícolas adquiridos (1986-2002)¹³.

Os resultados encontrados pelos autores durante o período de 1975-2002 foi um crescimento de 160,66% no índice de produto e 21,12% no índice de insumo, resultando em uma taxa média de crescimento da PTF de 3,28 % ao ano. A análise desagregada pelos autores mostrou que os índices de quantidade de mão-de-obra e de quantidade de terra tiveram um crescimento negativo durante o período, (-0,09% a.a.) e (-0,57% a.a.), respectivamente, enquanto que o índice de quantidade de capital teve um crescimento de 0,57% aa.. Desta forma, os autores concluíram que o fator terra foi o principal responsável pelo crescimento da produtividade total.

Quanto ao modelo VAR, os resultados apontam que 1% com gasto em pesquisa e crédito rural resulta em um aumento de, respectivamente, 0,17% e 0,08% na PTF. Os resultados ainda apontam que os maiores efeitos dessas variáveis sobre a produtividade total ocorrem no segundo ano e desaparecem no terceiro. Já a análise da relação de troca e a PTF, mostrou-se não significativa estatisticamente.

Gasques et al. (2008) calcula a PTF para a agricultura brasileira no período de 1975 a 2005 e analisa seus fatores de crescimento. Trata-se de um estudo que complementa a séries de estimativas da produtividade total e que busca aprimorar o debate sobre os fatores relacionados ao crescimento agrícola. Os principais resultados encontrados são elevados aumentos na produtividade total dos fatores, 2,51% a.a. durante 1975-2005, sendo 2000-2005 o período de maior crescimento (3,87% ao ano). Outro resultado discutido foi a acentuada expansão do crédito rural e da pesquisa agropecuária que vem contribuindo para um crescente aumento da produtividade na agricultura.

⁸ Foram utilizadas as informações da Produção Agrícola Municipal (PAM), Produção da Pecuária Municipal (PPM), Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) e do anuário estatístico.

⁹ Foram utilizadas as informações de preços médios anuais recebidos pelos agricultores, preço recebido pelos produtores, preço anual dos arrendamentos, preços médios anual do arrendamento das terras para explorações de animais.

¹⁰ Como em Gasques e Conceição (1997), utilizou-se a informação do faturamento líquido desse setor como aproximação da venda de máquinas e peças de reposição.

¹¹ Disponibilizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

¹² Disponibilizado pelo Banco Central do Brasil (BACEN).

¹³ Disponibilizado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV).

Com a divulgação das informações do Censo Agropecuário de 2006, Gasques et al. (2010) atualizou o cálculo da PTF para a agricultura brasileira no período de 1975 a 2006, tomando como referência os censos de 1970, 1975, 1980, 1985, 1995-1996 e 2006. A metodologia utilizada foi o índice de Tornqvist, calculado para o Brasil e para cada Unidade Federativa.¹⁴

Apesar da grande diversidade de crescimento dos estados brasileiros, Gasques et al. (2010) verificam que no Brasil a PTF apresenta trajetória crescente nos últimos 36 anos com uma taxa média anual da PTF de 2,27% entre 1970 a 2006. Durante esse período, os estados que apresentaram taxas de crescimento anuais abaixo da média brasileira foram, na região norte, Acre (0,7%), Amazonas (-0,9%), Pará (0,83%) e Rondônia (1,13%), na região nordeste, Bahia (1,65%) e Sergipe (2,18%), na região sudeste, Minas Gerais (1,7%), Rio de Janeiro (1,6%) e São Paulo (1,7%), e na região Sul, apenas o estado do Rio Grande do Sul (1,4%). Na região centro-oeste todos os estados apresentaram crescimento anual acima da média brasileira.

Os resultados também indicam, conforme os autores, uma menor mudança na composição da produção agrícola no período de 1995-2006, apesar dos resultados em alguns estados do nordeste apresentarem redução na importância de atividades tradicionais (bovinos, cacau, leite, café, mandioca, cana, milho e arroz) e aumento da importância (em termos de valor) de novos produtos, como banana, uva, manga e melão. O aumento da produção dessas frutas e redução do valor relativo dos produtos tradicionais ocorre mais acentuadamente nos estados do Rio Grande do Norte, Bahia e Pernambuco.

Fonseca (2007) utiliza o Censo agropecuário de 1995-1996 e os Censos Demográficos de 1991-2000 para estimar a função de produção Cobb-Douglas e a produtividade total dos fatores na agricultura brasileira. São levados em conta fatores tradicionais (mão-de-obra, terra, capital e insumos químicos) e o capital humano (nível de escolaridade formal e conhecimento de mercado). A estimativa utilizada foi a de mínimos quadrados em três estágios (MQ3E) aplicada a 343 microrregiões geográficas. Na função de produção o autor encontra elasticidade da terra e capital superiores a da mão-de-obra e insumos químicos, 0,49, 0,25, 0,14 e 0,13, respectivamente, concluindo que para o caso das principais lavouras nacionais, os fatores produtivos de destaque são terra e capital.

De acordo com o mesmo, na comparação do valor observado e da função de produção estimada com fatores tradicionais, os estados de São Paulo, Rio Grande do Sul,

¹⁴ Trata-se da mesma abordagem de Gasques e Conceição (2000), incorporando apenas as informações relativas ao Censo Agropecuário de 2006.

Paraná e Minas Gerais são os que possuem maiores desvios (em módulo). Isso indica que outros fatores de produção que não foram considerados na função de produção tradicional (mão-de-obra, terra, capital e insumos químicos) estão afetando o produto, e isso é mais evidente nos estados descritos acima.

Ao introduzir na função de produção o capital humano, o autor conclui que no geral os resíduos são reduzidos e os estados de São Paulo, Rio Grande do Sul e Paraná são os que apresentam maiores desvios em relação à produção observada. Isso significa que fatores exógenos, e não somente os insumos considerados, afetam a produção.

No que se refere à direção desse desvio, São Paulo é o estado que apresenta o maior desvio positivo, indicando que outros fatores não descritos pelo modelo afetam positivamente a produção desse estado. Já os estados do Rio Grande do Sul e Paraná apresentaram desvios negativos, indicando que para o total de insumos considerados as produções deveriam ter sido maiores.

Desta forma, a explicação para esse resíduo, segundo o autor, ainda que parcialmente, é dada pelo capital humano, em especial, pelo nível de escolaridade, que apresentou maior contribuição relativa à produção estimada em quase todas as estimativas por estado. Já quanto à análise de eficiência, São Paulo foi o estado que mais se destacou. Enquanto estados como Rio Grande do Sul, Paraná, Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Santa Catarina mostraram-se ineficientes pois apresentaram subutilização dos insumos (desvio negativo).

Figueiredo (2007) aplica a metodologia não-paramétrica DEA-Malmquist para calcular a produtividade total dos fatores dos estados e regiões da economia brasileira durante o período de 1987/2002. Os principais resultados deste estudo apontam para um melhor desempenho em geral da região centro-oeste e um destaque de eficiência técnica para o Sudeste. Quanto aos estados, Rio Grande do Sul apresentou os maiores índices de Malmquist e Piauí¹⁵, maiores ganhos de PTF. A autora também destaca a cautela na análise e comparação dos resultados, tendo em vista que em muitos casos as variações não foram estatisticamente significantes.

Para identificar a evolução da produtividade do setor agrícola, Vicente et al. (2001) calculou a produtividade total dos fatores e as produtividades parciais da terra, trabalho, máquinas e insumos das Unidades de Federação durante o período de 1970-1995. Foram

¹⁵ A expansão da taxa de crescimento do estado do Piauí, segundo a autora, decorre dos resultados encontrados de mudanças de eficiência técnica e progresso tecnológico, adicionado ao acentuado movimento de aprofundamento de capital verificado entre os anos de 1994/1998.

utilizados dados do Instituto de Economia Agrícola (IEA), da Fundação Getúlio Vargas e do IBGE dos Censos Agropecuário de 1970, 1975, 1980, 1985 e 1995. A metodologia empregada no trabalho para calcular a PTF foi o Índice de Fisher e utilizou-se dados em painel para estimar a influência das produtividades parciais sobre a produtividade total.

Os principais resultados encontrados por Vicente et al. (2001) apontaram para uma taxa média de crescimento da PTF de 2,8% ao ano. Esse índice passou de 100 em 1970 para 195 em 1995 e os estados que apresentaram as maiores produtividades totais foram: São Paulo, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Distrito Federal, Mato Grosso e Minas Gerais. Outro resultado importante encontrado pelos autores foi o fato de as variações na PTF estarem positivamente associadas à variação nas produtividades parciais da terra, trabalho e dos fertilizantes.

Dando continuidade a este estudo, Vicente (2004) calcula a produtividade total dos fatores da agricultura brasileira no setor de lavouras durante o período de 1970-1995 utilizando o Índice de Malmquist a partir da abordagem DEA (Análise Envoltória de Dados). O índice de Malmquist foi decomposto em dois componentes, mudança técnica e mudança de eficiência, e os dados foram obtidos no Censo Agropecuário do IBGE, no IEA (Instituto de Economia Agrícola) e na Fundação Getúlio Vargas.

Os resultados de Vicente (2004) foram: crescimento de 71% na PTF da lavoura no Brasil durante o período de análise (1970-1995), sendo o Norte a única região a não apresentar crescimento. Os destaques no aumento da PTF foram nos estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraíba, São Paulo, Paraná, Goiás, Tocantins e Ceará. A tecnologia também foi apontada como o fator mais importante para o incremento da produtividade total nas regiões mais desenvolvidas, sudeste e sul, e os aumentos de eficiência técnica foram os efeitos dominantes nas outras regiões.

Vicente (2006) calcula a produtividade total dos fatores do setor de lavouras no Brasil durante o período de 1970-1995 aplicando o índice EKS. Adicionalmente, o autor utiliza a abordagem econométrica para avaliar a influencia dos efeitos do clima, solo e condições do tempo sobre o nível de produtividade total das Unidades Federativas, como também utiliza-se de procedimentos paramétricos e não-paramétricos para verificar diferença de produtividade entre regiões geográficas. As informações foram obtidas do IBGE no Censo Agropecuário, da Fundação Getúlio Vargas e do Instituto de Economia Agrícola.

Conforme Vicente (2006), durante todo o período de análise, São Paulo teve o maior nível de PTF, sendo a diferença entre o nível de produtividade paulista e seus demais seguidores, crescentes ao longo do tempo. Testes paramétricos e não-paramétricos também

demonstraram diferenças significativas entre o nível médio de produtividade das regiões geográficas.

O autor sugere que há grande possibilidade desses resultados de produtividade total começarem a convergir e se aproximarem dos encontrados em São Paulo nos próximos anos em razão de investimentos feitos pela EMBRAPA terem completados seu ciclo.

Os resultados encontrados por Vicente (2006) também indicam que restrições de solo, condições de tempo e clima são determinantes significativos nos níveis de produtividade total dos fatores.

Vicente (2012) calcula a produtividade total dos fatores e a eficiência técnica, alocativa e econômica no setor de lavoura da agricultura brasileira em 2006 a partir dos dados da Produção Agrícola Municipal (PAM) do IBGE. Para tal, utilizou o modelo de fronteira não-paramétrica DEA (Análise Envoltória de Dados), aplicando o índice de Fisher. O autor também buscou verificar se os índices de PTF e a eficiência econômica apresentavam grande diferença entre as Unidades Federativas.

Conforme Vicente (2012), os melhores resultados da PTF em 2006 foram: na região Nordeste o da Bahia (94,31), na região Norte foi o de Roraima (88,15), na região do Centro-Oeste o de Goiás (108,3), no Sul o de Santa Catarina (111,43) e no Sudeste foi o de São Paulo (162,65). Somente quatro estados exibiram níveis de produtividade acima da média nacional (100), que foram, respectivamente, São Paulo (162,65), Minas Gerais (112,65), Santa Catarina (111,43) e Goiás (108,3).

Quanto à eficiência alocativa, técnica e econômica, os melhores resultados foram encontrados na região Sul, Centro-oeste e Sudeste, respectivamente. As regiões Norte e Nordeste apresentaram-se resultados abaixo da média nacional

O autor também encontra resultados que apontam para um processo de convergência, tanto da produtividade, quanto da eficiência, em 2006 em relação aos encontrados em 1995, isto porque os resultados apresentaram uma amplitude de variação menor do que a ocorrida em 1995.

Para avaliar robustez e coerência dos resultados da produtividade total dos fatores, Araújo et al. (2002) calculam a PTF para o estado de São Paulo utilizando duas metodologias, a saber: a contabilidade do crescimento e o índice de Tornqvist. O período de análise foi 1960-1999 e os dados foram obtidos pelo IEA. Os resultados para as metodologias foram muito próximos e apontaram para um ganho expressivo da PTF ao longo desses anos de cerca de 1,71% ao ano (93% acumulado durante o período), concentrados, sobretudo, a partir da década de 70 (88% acumulado a partir desse período ou 2,01% ao ano).

Adicionalmente, Araújo et al. (2002) , aplicaram o procedimento adotado por Evenson, Pray e Rosegrant (1999) para calcular a elasticidade da PTF com relação ao estoque de pesquisa. O trabalho testou duas estruturas de retorno aos investimentos (20 e 15 anos). Os resultados foram significativos ao nível de 1 e 5% com coeficiente de correlação (R^2) entre 80% e 90% e indicaram que para cada real despendido em pesquisa houve um incremento no valor da produção da ordem de R\$ 10 a R\$ 12.

Brigatte e Teixeira (2011) investigam os efeitos de longo prazo dos investimentos em infraestrutura, crédito rural e educação dos trabalhadores agrícolas sobre o PIB e sobre a produtividade total dos fatores na agropecuária no Brasil, durante o período de 1974-2005.

Para calcular a PTF é utilizada a abordagem da contabilidade do crescimento, a partir de uma função de Cobb-Douglas que considera dois fatores de produção, trabalho e capital. O fator de produção trabalho refere-se ao número de trabalhadores na agricultura e o fator de produção capital agropecuário refere-se ao total de terras utilizadas na pastagem e na lavoura e investimentos realizados pelo setor na compra de máquinas agrícolas.

Como investimento em infraestrutura foram considerados os investimentos em transporte, energia elétrica, em pesquisa agrícola e armazenagem. Como crédito rural foi considerado o volume de crédito agrícola agropecuário. E como educação dos trabalhadores considerou-se o número médio de anos de estudo da população ocupada no setor agrícola.

Os principais resultados apontam que os investimentos em energia elétrica, pesquisa agrícola e armazenagem aumentam o produto agropecuário no longo prazo, sendo o impacto da variável pesquisa agrícola o mais significante. Não foi encontrada relação entre o produto agropecuário e os investimentos em rodovias, ferrovias, portos, irrigação e crédito rural.

Já quanto a PTF, Brigatte e Teixeira (2011), concluem que durante o período de análise, 1974-2005, esta produtividade apresentou uma taxa média 0,74%, tendo o período de 1980-1989 apresentado a maior crescimento da produtividade (2,53%). Investimentos em rodovias e irrigação foram as únicas variáveis que não apresentaram relação com a PTF, sendo também os efeitos da variável pesquisa agrícola o mais significante.

2.1.1 Lições do levantamento bibliográfico na literatura nacional

A análise empírica da produtividade total dos fatores no Brasil indica que, independente da metodologia utilizada (Índice de Tornqvist, Malmquist, Fisher bilateral,

EKS, pela estimação econométrica ou contabilidade do crescimento), existe um processo de crescimento da PTF na agricultura brasileira, que vem se intensificando nos últimos anos. Assim, apesar das diversas fontes de dados, os resultados apontam para uma taxa de crescimento anual acima de 2%.

Embora os resultados a respeito do crescimento para o Brasil sejam generalizados, eles não os são entre os estados. Os estados que mais tiveram destaque nesses ganhos de produtividade formam: São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

A análise dos resultados também nos leva a crer que fatores de produção como máquinas, defensivos e fertilizantes têm aumentado a sua participação na produção na agricultura e contribuído para o ganho de produtividade, já que grande parte das inovações tem sido incorporada nesses insumos. Como também variáveis como: restrição de solo, condições de tempo, clima, gasto com pesquisa, crédito rural, nível de escolaridade e conhecimento de mercado, se mostraram significativas no que se refere ao ganho de produtividade.

2.2 Abordagem da produtividade total dos fatores no contexto internacional

Conforme afirma Gasques e Conceição (1997), a preocupação com o cálculo da produtividade total dos fatores é antiga na literatura internacional. O departamento de agricultura dos Estados Unidos, por exemplo, calcula o índice da produtividade total dos fatores para o país desde 1947 e as estatísticas por estado passaram a ser divulgadas a partir de 1960.

O procedimento utilizado para calcular a produtividade total dos fatores na economia norte-americana é baseado na diferença entre o índice produto e o índice insumo, sendo este último constituído de capital, trabalho, terra e insumos intermediários (energia elétrica, combustíveis, pesticidas e fertilizantes). Atualmente o serviço de pesquisa econômica do departamento de agricultura dos Estados Unidos (Economic Research Service- ERS) publica rotineiramente a produtividade total dos fatores baseada em um sofisticado sistema estatístico, utilizando o índice EKS, calculado a partir do índice bilateral de Fisher.

De acordo com esses dados, a PTF da agricultura norte-americana apresentou uma taxa de crescimento anual entre o período de 1948-2009 de aproximadamente 1,52%, sendo 2007/2009 o período de maior crescimento (3,68% ao ano). Quando analisamos os dados por estados durante o período de 1960-2004, verificamos que Oregon teve a maior taxa de crescimento da PTF, apesar de o maior nível de produtividade total em 2004 ser na Califórnia (1,7979)¹⁶.

Um importante e recente estudo sobre a produtividade total dos fatores foi o de Avila e Evenson (2010). Esses autores fizeram um levantamento que permitiu a comparação do nível de produtividade total dos fatores entre diversos países.

Utilizando os dados da FAO, Avila e Evenson (2010), calculam a produtividade total dos fatores para países em desenvolvimento e comparam o crescimento da PTF com o que os autores denominam de capital tecnológico. A amostra consistiu de 20 países da América Latina, 21 países da Ásia e 37 países da África, estimados em dois períodos, 1961-1980 e 1980-2001, e divididos em três grupos, lavoura, pecuária e total. A metodologia empregada neste trabalho para a determinação da taxa de crescimento da PTF consistiu da diferença entre a taxa de crescimento do produto e a taxa de crescimento dos insumos.

¹⁶ O nível da produtividade total dos fatores calculado pelo departamento de agricultura dos Estados Unidos leva em consideração o valor da produtividade total dos fatores do estado do Alabama em 1996. Isto é, o valor da PTF do estado do Alabama em 1996 é considerado igual a 1 (um) e, a partir desse valor, constitui-se o valor relativo dos demais estados em cada ano.

Os principais resultados indicam que na América Latina apenas três países tiveram taxa média de crescimento da PTF inferior a 1% (Uruguai, Panamá e Guatemala), sendo os resultados em geral, bastante similares com outros autores latino-americanos como Avila e Evenson (1995) e Gasquesz e Conceição (2000) para o Brasil, Lema e Parrellada (2000) para a Argentina, e Romano (1993) para a Colômbia. O quadro um abaixo mostra os principais resultados encontrados pelo autor para a América Latina e Caribe.

TABELA 1 - Taxa de crescimento da PTF nos países da América Latina e Caribe durante o período de 1961-2001.

Países	Lavoura		Pecuária		Agregado		
	1961-1980	1981-2001	1961-1980	1981-2001	1961-1980	1981-2001	Média
Argentina	1,49	3,14	0,72	2,51	1,02	2,81	1,92
Brasil	0,38	3,00	0,71	3,61	0,49	3,22	1,86
Chile	1,08	2,22	0,24	1,87	0,69	2,05	1,37
Paraguai	3,97	-1,01	-0,36	1,29	2,63	-0,30	1,17
Uruguai	1,29	2,02	-0,32	0,53	0,01	0,87	0,44
Bolívia	1,73	3,14	2,81	1,39	2,30	2,33	2,31
Colômbia	2,01	1,27	0,49	2,24	1,37	1,73	1,35
Equador	-0,74	2,24	0,98	2,51	-0,16	2,34	1,09
Peru	-0,83	1,83	1,86	2,14	0,36	1,98	1,17
Venezuela	2,42	0,87	3,41	1,07	3,03	0,99	2,01
Costa Rica	2,83	2,09	1,10	0,75	1,74	1,19	1,47
El salvador	1,22	-0,87	1,99	1,00	1,77	0,32	1,05
Guatemala	3,31	0,53	0,90	-0,28	1,38	-0,08	0,65
Honduras	1,54	-0,39	2,07	1,91	1,91	1,25	1,58
México	1,53	1,43	3,02	1,63	2,26	1,51	1,89
Nicarágua	1,33	-0,70	2,94	1,92	2,25	0,99	1,62
Panamá	2,29	-1,33	1,61	1,49	1,93	0,02	0,97
Caribe	0,66	-0,89	2,60	2,06	2,07	0,87	1,47
República Dominicana	0,99	-1,15	1,88	2,60	1,62	0,89	1,25
Haiti	0,60	-1,04	3,44	1,80	2,73	1	1,87
Jamaica	-0,65	1,32	3,28	-0,35	2,07	0,29	1,18
Taxa média	1,46	2,40	1,42	2,21	1,39	2,31	1,85

Fonte: Avila e Evenson (2010)

Os resultados da PTF para os países da Ásia também apresentam semelhanças com os trabalhos desenvolvidos na Índia (Evenson et al. 1999), Tailândia (Krasachat, 2002), Malásia (Shamsudin et al.1999), e Vietnã (Ngoc qe e Goletti, 2001). Apesar de sete países apresentarem taxa média de crescimento da PTF inferior a 1% (Afeganistão, Iraque, Bangladesch, Sri Lanka, Camboja, Filipinas e Mongólia), a taxa média do continente asiático é maior do que a taxa média do continente latino-americano. A explicação para esse contraste entre as taxas de crescimento da PTF na Ásia, segundo os autores, decorre do excelente crescimento da China (3,26 na média), que tem puxado a PTF do continente, e do baixo

crescimento de alguns países que estão envolvidos em processo de guerra civil¹⁷. O quadro dois mostra os principais resultados para as regiões da Ásia.

TABELA 2 - Taxa de crescimento da PTF nas regiões da Ásia durante o período de 1961-2001.

Regiões	Lavoura		Pecuária		Agregado		
	1961-1980	1981-2001	1961-1980	1981-2001	1961-1980	1981-2001	Média
Oriente Médio ¹⁸	2,68	0,79	1,76	1,23	2,39	0,98	1,68
Sul da Ásia ¹⁹	1,42	2,14	2,34	2,76	1,71	2,34	2,03
Sul do Oriente Médio ²⁰	2,16	0,34	1,61	2,13	2,37	0,61	1,49
Leste da Ásia ²¹	1,39	3,49	2,56	6,52	1,75	4,70	3,22
Taxa média	1,71	2,02	2,20	3,45	1,92	2,50	2,21

Fonte: Avila e Evenson (2010)

Já na África, dos 37 países, 16 apresentam uma taxa média de crescimento da PTF inferior a 1%, sendo que em sete países essa taxa é negativa²². Os autores também destacam que os trabalhos desenvolvidos para o cálculo da produtividade total dos fatores para países africanos, como os trabalhos de Wiebe et al. (2002) e Piese et al. (2001), são consistentes com os resultados encontrados. O quadro três abaixo mostra os principais resultados para a África.

TABELA 3 - Taxa de crescimento da PTF nas regiões da África durante o período de 1961-2001.

Regiões	Lavoura		Pecuária		Agregado		
	1961-1980	1981-2001	1961-1980	1981-2001	1961-1980	1981-2001	Média
Norte ²³	0,78	1,88	2,20	2,12	1,29	1,98	1,63
Leste ²⁴	0,35	0,62	0,75	0,97	0,68	0,95	0,82
Central ²⁵	0,97	0,54	1,18	1,32	1,09	0,68	0,89
Ocidental ²⁶	0,99	3,22	1,73	1,13	1,19	2,93	2,06
Sudeste ²⁷	2,06	1,12	1,60	0,26	1,80	0,79	1,30
Sul ²⁸	4,11	2,74	3,05	1,91	3,61	2,32	2,96
Taxa média	1,03	1,74	1,49	1,09	1,20	1,68	1,44

Fonte: Avila e Evenson (2010)

¹⁷ Os sete países apontados como tendo produtividades totais abaixo de 1% estavam em guerra civil.

¹⁸ Afeganistão, Iraque, Irã, Arábia Saudita, Síria, Turquia e Líbano.

¹⁹ Bangladesh, Índia, Nepal, Paquistão e Sri Lanka.

²⁰ Camboja, Indonésia, Laos, Malásia, Filipinas, Tailândia e Vietnã.

²¹ China e Mongólia.

²² República Dominicana do Congo, República do Congo, Ruanda, Serra Leoa, Botswana, Malavi, Zimbábue.

²³ Argélia, Egito, Líbia, Marrocos e Turquia.

²⁴ Etiópia, Sudão, Uganda, Quênia e Madagascar

²⁵ Camarões, Chade, Rep. Democ. do Congo, República do Congo, Rep. da África Central e Ruanda.

²⁶ Benin, Guiné, Gana, Togo, Mauritânia, Níger, Burkina Faso, Costa do Marfim, Mali, Nigéria, Senegal e Serra Leoa.

²⁷ Angola, Botswana, Malavi, Moçambique, Zimbábue

²⁸ Zâmbia, Namíbia e Tanzânia.

Sendo assim, segundo os autores, os resultados apontam que as maiores taxas de crescimento encontram-se no leste da Ásia, seguida do sul da Ásia e sul da América-Latina. E as piores taxas estão no leste e centro do continente africano. A explicação para estes resultados reside no que os autores denominaram de “revolução verde”. A proporção desta revolução está relacionada ao alto e baixo crescimento na PTF.

Os autores também recalculam para todos os países analisados a produtividade total incorporando dois ajustamentos no fator de produção trabalho (escolaridade da força de trabalho e o índice de suficiência energética, disponibilizados, respectivamente, pelo Banco Mundial e pela FAO). Os resultados indicam que o ajustamento modifica a forma da PTF e sugere uma explicação para seu o crescimento.

A conclusão principal é que essas variáveis conhecidas como capital humano e capital social²⁹ são necessárias para a compreensão do crescimento da PTF e para a compreensão da redução dos custos.

Em um estudo um pouco mais abrangente, Coelli e Rao (2003), calcularam a produtividade total dos fatores da agricultura de 96 países durante o período de 1980-2000. Essa amostra, segundo os autores, representa o cálculo de aproximadamente 97% da produção agrícola mundial e está distribuído nas diversas regiões do mundo, entre elas: 26 países no continente africano, dois países na América do Norte, 19 países na América do Sul e Central, 23 países no continente asiático, 20 países da Europa e três países no continente australiano.

A metodologia utilizada por Coelli e Prasada Rao (2003) consistiu no índice de Malmquist, aplicado a partir da técnica DEA (Data Envelopment Analysis). Foram utilizados os dados da FAO e da organização internacional do trabalho (ILO) durante o período de 1980-2000. A produção agrícola foi dividida em lavoura e pecuária, e para o cálculo do insumo foram consideradas seis variáveis: trabalho, trator, terra, fertilizantes, irrigação (variável proxy para infraestrutura de capital) e animais.

Os principais resultados deste trabalho apontam que a PTF desses 96 países apresentou uma taxa de crescimento de 2,1%, sendo 0,9% em termos de variação de eficiência e 1,2% de variação tecnológica. Em termos de performance individual, a China teve o melhor desempenho durante todo o período, com uma taxa de crescimento média anual de aproximadamente 6%. Outros países como Camboja, Argélia, Burundi, Arábia Saudita e Angola também tiveram um ótimo desempenho, com as respectivas taxas de crescimento:

²⁹ O capital humano é geralmente associado aos anos de escolaridade e representa a quantidade da força de trabalho. Já o capital social é um conceito novo na literatura que, apesar de não ter uma medida padronizada, está associado ao relacionamento entre comunidades e países (AVILA E EVENSON, 2010).

5,7%, 4,6%, 4,6%, 4,2% e 3,7%. Os EUA ocupou a posição 17^a no ranking de crescimento com uma taxa de 2,6% e o Brasil ocupou a 32^a posição com taxa de 2%. O continente que apresentou o melhor resultado foi o Asiático, com taxa de crescimento de 2,9% e o continente que apresentou o pior resultado foi o Africano, com uma taxa de 0,6%. O quadro quatro apresenta os principais resultados encontrados pelo autor.

TABELA 4 - Variação Tecnológica, variação de eficiência e variação na PTF durante o período de 1980-2000.

Posição	País	Variação de eficiência	Variação tecnológica	Variação na PTF
1	China	1,044	1,015	1,060
2	Camboja	1,024	1,033	1,057
3	Argélia	1,033	1,013	1,046
7	Burundi	1,015	1,030	1,046
8	Arábia Saudita	1,031	1,010	1,042
9	Angola	1,061	0,978	1,037
10	Nigéria	1,016	1,020	1,037
11	África do Sul	1,014	1,023	1,037
12	Laos	1,022	1,011	1,034
13	Canadá	1,000	1,033	1,033
14	Dinamarca	1,009	1,022	1,032
15	Costa Rica	1,003	1,026	1,028
16	Mongólia	1,000	1,028	1,028
17	Estados Unidos	1,000	1,026	1,026
18	Portugal	1,019	1,007	1,026
19	Austrália	1,000	1,026	1,026
20	Cuba	1,005	1,020	1,025
21	Sudão	1,016	1,008	1,024
22	Bangladesh	1,007	1,017	1,024
23	Vietnã	1,027	0,997	1,024
24	Paquistão	1,012	1,011	1,023
25	Romênia	1,008	1,015	1,023
26	Gana	1,010	1,012	1,022
27	Malavi	1,013	1,009	1,002
28	Holanda	1,000	1,022	1,022
29	Senegal	1,008	1,013	1,021
30	Polônia	1,015	1,007	1,021
31	Suíça	1,000	1,021	1,021
32	Brasil	1,001	1,019	1,020
33	Irã	1,013	1,008	1,020
34	Bulgária	1,014	1,006	1,020
35	França	1,000	1,020	1,020
36	Moçambique	1,031	0,988	1,019
37	Tunísia	1,011	1,008	1,018
38	Nicarágua	1,014	1,004	1,018
39	Mianmar	1,008	1,011	1,018
40	Grécia	1,007	1,010	1,017
41	Marrocos	1,004	1,012	1,016
42	México	1,011	1,004	1,015
43	Peru	1,011	1,004	1,015
44	Costa do Marfim	1,000	1,014	1,014
45	Colômbia	1,001	1,013	1,014

continua

Posição	País	Variação de eficiência	Variação tecnológica	Variação na PTF
46	Índia	1,008	1,006	1,014
47	Austrália	1,000	1,014	1,014
48	Reino Unido	1,001	1,013	1,014
49	Alemanha	1,003	1,011	1,013
50	Egito	1,000	1,012	1,012
51	Bolívia	1,000	1,011	1,011
52	Chile	0,998	1,013	1,011
53	Finlândia	1,002	1,009	1,011
54	Irlanda	1,000	1,011	1,011
55	República Dominicana	1,000	1,010	1,010
56	Nepal	1,010	1,000	1,010
57	Espanha	1,009	1,001	1,010
58	Camarões	1,000	1,009	1,009
59	Turquia	1,005	1,004	1,009
60	Itália	1,000	1,009	1,009
61	Zimbabué	0,997	1,011	1,008
62	El Salvador	1,000	1,008	1,008
63	Filipinas	1,000	1,008	1,008
64	Venezuela	0,997	1,009	1,006
65	Quênia	1,000	1,005	1,005
66	Guatemala	1,000	1,005	1,005
67	Israel	1,000	1,004	1,004
68	Malásia	1,000	1,004	1,004
69	Nova Zelândia	1,000	1,004	1,004
70	Tanzânia	1,013	0,990	1,003
71	Honduras	1,000	1,003	1,003
72	Equador	1,000	1,003	1,003
73	Hungria	1,000	1,003	1,003
74	Suécia	0,992	1,012	1,003
75	Siri Lanka	1,004	0,998	1,002
76	Japão	0,993	1,009	1,002
77	Uruguai	1,000	1,000	1,000
78	Madagascar	1,008	0,990	0,998
79	Níger	0,995	1,004	0,998
80	Burkina Faso	0,990	1,007	0,997
81	Bel-lux	1,000	0,996	0,996
82	República da Correea	1,000	1,000	0,995
83	Tailândia	0,994	1,000	0,995
84	Noruega	0,986	1,010	0,995
85	Nova Guiné	1,000	0,992	0,992
86	Síria	0,982	1,007	0,899
87	Paraguai	1,000	0,984	0,984
88	Mali	0,982	1,001	0,983
89	Indonésia	0,978	1,003	0,981
90	Uganda	1,000	0,977	0,977
91	Iraque	0,968	1,008	0,976
92	Argentina	1,000	0,973	0,973
93	Ruanda	1,000	0,967	0,967
94	Guiné	1,006	0,958	0,964
95	Haiti	1,000	0,957	0,957
96	Chade	1,000	0,947	0,947
	Média	1,005	1,006	1,011

Fonte: Coelli e Prasada Rao (2003)

Nin et al.(2003) calcula a produtividade parcial e total dos fatores do setor agrícola de 115 países (92 em desenvolvimento e 23 desenvolvidos) durante o período de 1965-1994. A metodologia empregada foi o Índice de Malmquist usando a função de distância produto de Shephard. Foram utilizados os dados da FAOSTAT e foram considerados dois tipos de produto (pecuária e lavoura) e sete fatores de produção (fertilizante, trator, trabalho, terra para a lavoura, pasto, estoque de animais e ração). As medidas utilizadas para avaliar a produtividade parcial da pecuária e da lavoura foram, respectivamente, o produto da pecuária por cabeça de animais e o produto da lavoura por hectare de área arada.

Os principais resultados encontrados por Nin et al.(2003) indicam que a maioria dos países teve um maior crescimento da produtividade total no setor de lavoura, com exceção da China, que apresentou maior crescimento no setor pecuário. Os autores também concluem que utilizando o cálculo da produtividade parcial dos fatores, os países em desenvolvimento tendem a ter taxas de crescimento da agricultura superestimadas, enquanto que os países europeus apresentam taxas de crescimento da agricultura subestimadas. Isto é, países europeus tendem a apresentar taxas de PTF para a lavoura e para a pecuária acima dos indicadores de produtividades parciais da pecuária (produto por cabeças de animais) e da lavoura (produto por hectare de terra arada), diferentemente dos países em desenvolvimento. Isso sugere que os agricultores dos países europeus incorporam outros fatores de produção que são responsáveis pelos ganhos de produtividade. O quadro cinco ilustra esse resultado.

TABELA 5- Taxa de crescimento da PTF e da produtividade parcial entre 1965-1994

Região	PTF			Parcial	
	Agricultura	Pecuária	Lavoura	Pecuária	Lavoura
Oriente Médio ³⁰	0,05	0,01	0,20	1,81	2,67
África subsaariana ³¹	-0,26	-0,01	-0,32	0,20	0,82
Sul da África ³²	0,28	-0,45	2,24	1,09	2,14
Ásia ³³	0,36	1,32	-0,53	3,22	2,66
América do Sul ³⁴	0,53	0,52	0,98	1,52	2,06
América Central ³⁵	0,37	0,83	0,03	1,80	1,65
Leste da Europa ³⁶	0,67	0,63	1,55	1,19	0,12
Europa Ocidental ³⁷	0,96	1,19	2,50	1,40	1,08
Taxa média	0,30	0,51	0,63	1,27	1,43

Fonte: Nin et al.(2003)

³⁰ Argélia, Líbia, Marrocos, Irã, Tunísia, Iraque e Turquia.

³¹ Zimbabué e Sudão.

³² Serra Leoa, Tanzânia, Malavi, Zâmbia, Botswana, Guiné, Moçambique, Angola e Chade.

³³ China e Índia.

³⁴ Bolívia, Chile, Peru, Venezuela e Brasil.

³⁵ Costa Rica, Guatemala, México, El Salvador e Honduras.

³⁶ Bulgária, Romênia, Polônia e Rússia.

³⁷ Reino Unido, Espanha, Itália, Suíça, Alemanha, Áustria e Portugal.

Headey et. al (2010) também buscou calcular a PTF para um grande número de países. Esse estudo estimou o crescimento da PTF de 88 países durante o período de 1970-2001 usando a metodologia de Malmquist a partir de dois métodos diferentes, a análise envoltória de dados (Data Envelopment Analysis - DEA) e o método de fronteira estocástica (stochastic frontier analysis - SFA). Os dados foram obtidos na FAOSTAT, sendo considerados dois tipos de produto (pecuária e lavoura) e cinco tipos de insumos (terra, trator, trabalho, fertilizantes e animais).

Os resultados de Headey et. al (2010) apontam um maior crescimento da PTF nos países da OCDE, nos países do Oriente Médio³⁸ e Norte da África e nas regiões da Ásia Ocidental, enquanto que nos países do Sul da Ásia houve um baixo. Ao testar a correlação entre o crescimento da PTF e condições biofísicas, sociais e econômicas, os autores encontraram uma correlação significativa apenas em relação às condições sociais e econômicas. Desta forma, concluem que guerras e instabilidade nos preços estão negativamente relacionadas com o crescimento da PTF. Outra correlação testada foi o crescimento da PTF e a distância dos países menos desenvolvidos com relação aos países da OCDE. O resultado encontrado foi uma forte correlação que, segundo os autores, é explicada pela facilidade na disseminação de tecnologias agrícolas.

Outros estudos como os de Fulginiti e Perrin (1993), (1997) e (1998) e Trueblood e Coggins (2003) também buscaram calcular a produtividade total dos fatores na agricultura para um conjunto de países, contudo, o principal resultado encontrado nesses trabalhos é uma redução da PTF durante todo ou parte do período de análise.

Fulginiti e Perrin (1993), (1997) e (1998) calculam a PTF de 18 países³⁹ em desenvolvimento no período de 1961-1985. Em Fulginiti e Perrin (1993) utiliza-se a abordagem paramétrica estimando-se uma função de Cobb-Douglas para calcular a produtividade total. Os principais resultados deste trabalho apontam para uma redução de 1,4% na produtividade durante este período, sendo que apenas quatro países apresentaram crescimento (Chile, Colômbia Filipinas e Marrocos). Já em Fulginiti e Perrin (1997) a metodologia utilizada foi a aplicação do índice de Malmquist com conclusões semelhantes (redução de 1,6% na produtividade), embora oito países passem a apresentar ganho de

³⁸ Os países que compõe o Oriente Médio são: Afeganistão, Arábia Saudita, Bahrein, Chipre, Egito, Emirados Árabes, Líbano, Irã, Iraque, Israel, Jordânia, Kuwait, Líbia, Líbia, Omã, Palestina, Qatar, Síria, Sudão, Sudão do Sul e Turquia. O autor exclui da análise Israel.

³⁹ Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, República Dominicana, Egito, Gana, Costa do Marfim, Coreia, Malásia, Marrocos, Paquistão, Filipinas, Portugal, Sri Lanka, Tailândia, Peru, Zâmbia

produtividade (Chile, Colômbia, Egito, Filipinas, República Dominicana, Malásia, Sri Lanka e Peru). E, finalmente Fulginiti e Perrin (1998) fazem uma avaliação de ambas as abordagens (paramétrica e não paramétrica) e concluem que os resultados são robustos com relação as técnicas adotadas e que o fenômeno da produtividade negativa não decorre do método utilizado, ainda que os resultados não estejam em consonância com o fenômeno da ocorrência da revolução verde⁴⁰.

Trueblood e Coggins (2003) calculam a PTF da agricultura durante o período de 1961-1991 para 115 países utilizando o índice de Malmquist a partir da abordagem DEA. De forma geral, os resultados indicam uma redução na PTF durante os anos 60 e 70, e a partir dos anos 80, os resultados apontam para uma recuperação dessas produtividades totais.

Os autores também concluíram que países em desenvolvimento apresentaram redução da PTF durante o período, isto porque, segundo os mesmos, apesar do rendimento e da produção terem aumentado, o uso do insumo cresceu mais acentuadamente. Por outro lado, países desenvolvidos tiveram crescimento na PTF durante todo o período, levando a uma ampliação da diferença entre a produtividade de países em desenvolvimento. Essa diferença entre produtividades também foi notável entre regiões geográficas, países como América do Norte e Europa Ocidental apresentaram elevado crescimento, enquanto que a Ásia e a África Subsaariana tiveram um crescimento negativo. A América Latina apresentou crescimento da PTF negativo entre 1960/1970 e positivo em 1980/1990.

Tentando desmistificar os baixos resultados do crescimento da produtividade total dos fatores e também contradizer a afirmação de que existiria uma grande diferença entre essas produtividades, Fuglie (2010) se propôs a recalcular a PTF na agricultura durante o período de 1961-2007.

A amostra consistiu em 163 países e os dados foram obtidos também pela FAO. A metodologia empregada foi o índice de Tornqvist, e em função da insuficiência de dados homogêneos a respeito da participação de cada fator de produção no custo total em cada país, optou-se por estimar essa variável para nove⁴¹ países e assumir esses valores como sendo representativos para os demais.

Apesar dessa aproximação, Fuglie (2010) destaca a qualidade de estimação desse índice frente aos outros. A autora destaca três benefícios na metodologia: (i) permite

⁴⁰ O fenômeno da revolução verde é um consenso na literatura e refere-se a invenção e disseminação de novas semente e práticas agrícolas a partir da década de 50 em países menos desenvolvidos. Trata-se de um novo modelo tecnológico de produção agrícola baseado no uso intensivo de insumos químicos e instrumentos mecânicos (Albergoni e Pelaez, 2007).

⁴¹ Essa estimativa foi feita para cinco países em desenvolvimento: China, Índia, Indonésia, Brasil e México, e para quatro países desenvolvidos: Japão, África do Sul, Reino Unido, e Estados Unidos.

empregar um número mais rico de dados a respeito dos países envolvidos (especialmente usando preços nacionais ao invés do preço mundial); (ii) permite que as receitas e a participação nos custos variem ao longo do tempo (ao invés de manter elasticidades fixas) e; (iii) usa um conjunto mais desagregado de insumos para controlar as mudanças na qualidade dos insumos.

Assim, Fuglie (2010) conclui que há duas tendências gerais na agricultura mundial, uma aceleração na taxa de crescimento na PTF e uma desaceleração no crescimento dos insumos. A combinação desses dois efeitos reforça a taxa crescimento da PTF de um pouco mais de 2% ao ano. Com relação aos dados agregados por categoria, a autora conclui que os países desenvolvidos tiveram uma taxa média de crescimento da PTF de 1,48% entre 1961-2007, apresentado um baixo crescimento apenas em 2000-2007 (0,9%). Já os países em desenvolvimento apresentaram uma taxa de crescimento da PTF acelerada a partir de 1980, sendo a taxa média do período de 1961-2007 de 1,35%. Também segundo a mesma, dois países em desenvolvimento têm sustentado altas taxas, a saber, Brasil e China. Esses países têm apresentado altas taxas de crescimento a partir de 1980, cerca de 2,8% ao ano. O quadro seis abaixo apresenta os principais resultados encontrados pela autora.

TABELA 6 - Taxa de crescimento da PTF durante o período de 1961-2007.

	1961-69	1970-79	1980-89	1990-99	2000-07	1961-2007
Países Desenvolvidos						
América do Norte ⁴²	1,17	1,31	1,22	1,63	0,59	1,21
Norte da Europa ⁴³	1,56	1,46	1,91	2,03	0,82	1,59
Sul da Europa ⁴⁴	0,84	1,19	0,97	1,74	0,91	1,15
Oceania ⁴⁵	0,93	1,29	1,26	0,53	-0,53	0,74
Ásia ⁴⁶	-7,47	-0,86	0,39	1,59	1,80	-0,74
África do Sul	0,50	1,53	1,80	2,75	3,09	1,95
Países em transição						
Europa Oriental ⁴⁷	0,63	0,38	0,60	1,92	-0,12	0,72
Ex-União Soviética	0,73	-0,58	0,20	0,18	3,28	0,65

Continua

⁴² Estados Unidos da América e Canadá.

⁴³ Áustria, Bélgica-Lux, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Islândia, Irlanda, Holanda, Noruega, Suécia, Suíça, Reino Unido

⁴⁴ Chipre, Grécia, Itália, Malta, Portugal e Espanha.

⁴⁵ Austrália e Nova Zelândia.

⁴⁶ Japão, Coreia do Sul, Taiwan e Cingapura.

⁴⁷ Albânia, Bulgária, Tchecoslováquia, Hungria, Polônia, Romênia e Iugoslávia.

	1961-69	1970-79	1980-89	1990-99	2000-07	1961-2007
Países em Desenvolvimento						
África Subsaariana ⁴⁸	0,36	-0,07	0,57	1,17	1,08	0,62
América Latina e Caribe ⁴⁹	0,29	0,70	1,20	2,54	2,60	1,47
Ásia (exceto oeste) ⁵⁰	-0,02	0,63	1,95	2,60	2,37	1,53
Oeste da Ásia e Norte da África ⁵¹	0,57	0,43	1,80	1,69	1,29	1,17

Fonte: Fuglie (2010)

2.1.1 Lições do levantamento bibliográfico na literatura internacional

A revisão da literatura internacional a respeito do tema PTF não se mostrou tão homogênea quanto à literatura levantada no Brasil. Alguns autores como Fulginiti e Perrin (1993) e (1997) e Trueblood e Coggins (2003) encontram resultados que apontam redução da produtividade ou redução no crescimento da produtividade. Já autores como Coelli e Prasada Rao (2003), Fuglie (2010) e Avila e Evenson (2010) encontram resultados contrários, isto é, crescimento da PTF nos países envolvidos.

No entanto, o que todos esses trabalhos apontam é para o fato de que países desenvolvidos não só possuem um nível de produtividade total dos fatores maior, como também crescerem mais dos que países em desenvolvimento ou subdesenvolvidos. A explicação reside do fato dos países desenvolvidos possuírem maior estoque de capital (humano e de máquinas) e maior capacidade tecnológica. Apesar disso, os resultados também apontam para uma convergência nesse crescimento da PTF entre países em função da disseminação do conhecimento e desenvolvimento da agropecuária em todo o mundo, especialmente a partir do fenômeno da revolução verde.

O quadro sete sumariza os principais resultados desses autores.

⁴⁸ Nigéria, Camarões, Burundi, Djibuti, Burkina, Faso, Angola, Benin, Costa Rica, Quênia, Etiópia, Cabo Verde, Botswana, Costa do Marfim, Congo, Ruanda, Somália, Chade, Comores, Gana, Congo, Seychelles, Sudão, Gâmbia, Lesoto, Guiné, Tanzânia, Mali, Madagascar, Guiné-Bissau, Gabão, Uganda, Mauritânia, Malavi e Libéria.

⁴⁹ Brasil, Guiana francesa, Guiana, Bolívia, Colômbia, Equador, Peru, Venezuela, Argentina, Chile, Paraguai, Uruguai, Belize, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicarágua, Panamá, Bahamas, Cuba, Rep. Dom, Haiti, Jamaica, Porto Rico e Lesse Anilhes.

⁵⁰ China, Coreia do Norte, Mongólia, Camboja, Indonésia, Laos, Malásia, Filipinas, Mianmar, Tailândia, Timor Leste, Vietnã, Afeganistão, Nepal, Sri Lanka, Índia, Paquistão, Bangladesh, Butão e Brunei.

⁵¹ Argélia, Egito, Líbia, Marrocos, Tunísia, Irã, Iraque, Israel, Jordânia, Kuwait, Líbano, Omã, Arábia Saudita, Síria, Turquia, Iêmen e Bahrein

TABELA 7 - Análise entre países da PTF na agricultura no mundo

Autor	Metodologia	Amostra	Período analisado	Principais resultados
Avila e Evenson (2010)	Contabilidade do crescimento	78 países em desenvolvimento	1961-1980 e 1981-2001	Os resultados apontam que as maiores taxas de crescimento encontram-se no leste da Ásia, seguida do sul da Ásia e sul da América-Latina. E as piores taxas estão no leste e centro do continente africano.
Coelli e Rao (2003)	Índice de Malmquist	93 países	1980-2000	Em geral, o crescimento da PTF foi 2,1% a.a. O continente que apresentou o melhor resultado foi o Asiático, com taxa de crescimento de 2,9% e o continente que apresentou o pior resultado foi o Africano, com uma taxa de 0,6%.
Nin et al. (2003)	Índice de Malmquist	115 países (92 em desenvolvimento e 23 desenvolvidos)	1965-1994	A maior parte dos países apresentou crescimento na lavoura, sendo este crescimento maior do que o da pecuária. Apenas a China teve maior crescimento na pecuária.
Headey et al. (2010)	Índice de Malmquist	88 países	1970-2001	Maior crescimento da PTF nos países da OCDE, nos países do Oriente Médio e Norte da África e nas regiões da Ásia Ocidental.
Fulginiti e Perrin (1993)	Abordagem paramétrica a partir de uma função Cobb-Douglas	18 países*	1961-1985	De maneira geral, houve redução de 1,4% na PTF durante este período, sendo que apenas quatro países apresentaram crescimento (Chile, Colômbia Filipinas e Marrocos).
Fulginiti e Perrin (1997)	Índice de Malmquist	18 países*	1961-1985	No geral houve redução de 1,6% na PTF, embora oito países passem a apresentar ganho de produtividade (Chile, Colômbia, Egito, Filipinas, República Dominicana, Malásia, Siri Lanka e Peru).
Trueblood e Coggins (2003)	Índice de Malmquist	115 países	1961-1991	Países em desenvolvimento tiveram um baixo crescimento ou redução da PTF, enquanto que países desenvolvidos apresentaram crescimento durante todo o período.
Fuglie (2010)	Índice de Tornqvist	163 países	1961-2007	Crescimento da PTF tanto em países desenvolvidos quanto em desenvolvimento

* Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, República Dominicana, Egito, Gana, Costa do Marfim, Coreia, Malásia, Marrocos, Paquistão, Filipinas, Portugal, Sir Lanka, Tailândia, Peru, Zâmbia.

3 O MERCADO DO MILHO

Esta seção tem por objetivo justificar a escolha do milho para o estudo da produtividade total dos fatores. Assim, apresenta-se o mercado de milho no Brasil, os aspectos da sua produção, suas perspectivas e o mercado internacional.

3.1 Aspectos da cultura do milho

O milho ocupa a posição de maior cereal produzido no mundo. Segundo os dados da FAO, em 2010 foram produzidos cerca de 844 milhões de toneladas, onde os maiores produtores foram Estados Unidos, China e Brasil, produzindo cerca de 316, 177 e 56 milhões de toneladas respectivamente, o que representa aproximadamente 65% da produção mundial.

Outros países como México, Indonésia, Índia, França, Argentina e África do Sul contribuem, cada um, com cerca de 2% da produção mundial. Desta forma, apesar de ser uma cultura praticada em 163 países, 78% da produção mundial de milho está concentrada nos países descritos acima. A figura abaixo mostra a participação dos principais produtores de milho do mundo.

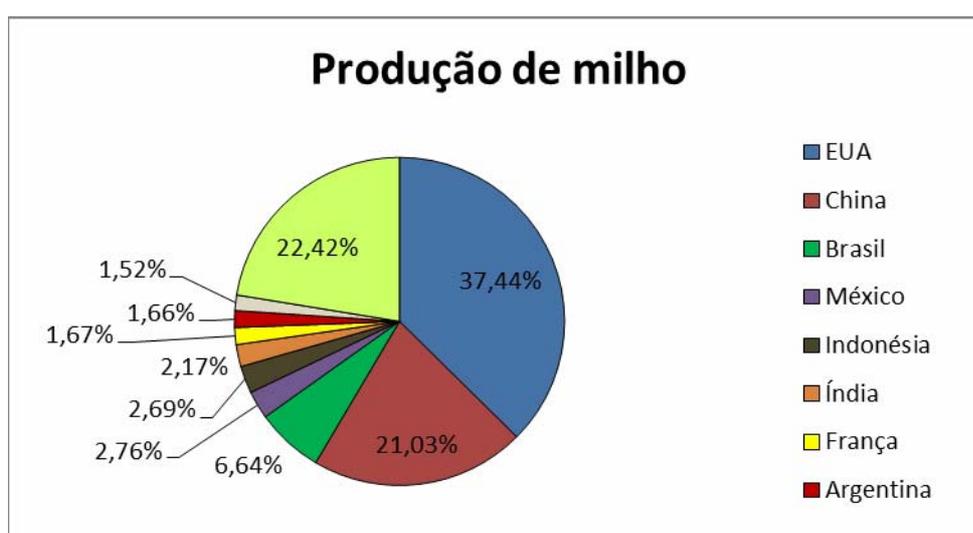


Figura 3 - Participação dos principais produtores de milho no mundo em 2010.

Fonte: FAO.

Quando analisamos a produção de milho por continente verificamos que a América lidera a posição, respondendo com aproximadamente 53% do total, seguida da Ásia (29%), Europa (10%), África (8%) e a Oceania (com menos 0,1%).

Em relação ao comércio, o levantamento da FAO em 2009 identificou uma movimentação de cerca de 22 bilhões de dólares, onde se destacam no grupo dos importadores: Japão, República da Coreia, México e China, com respectivamente 17%, 8%, 8% e 5% da quantidade total importada. Já no grupo dos exportadores se destacam: Estados Unidos, Argentina, Brasil e França, com respectivamente 48%, 9%, 8% e 7% da quantidade total exportada. As figuras abaixo mostram, respectivamente, os países que mais importam e exportam milho no mundo em bilhões de dólares⁵².

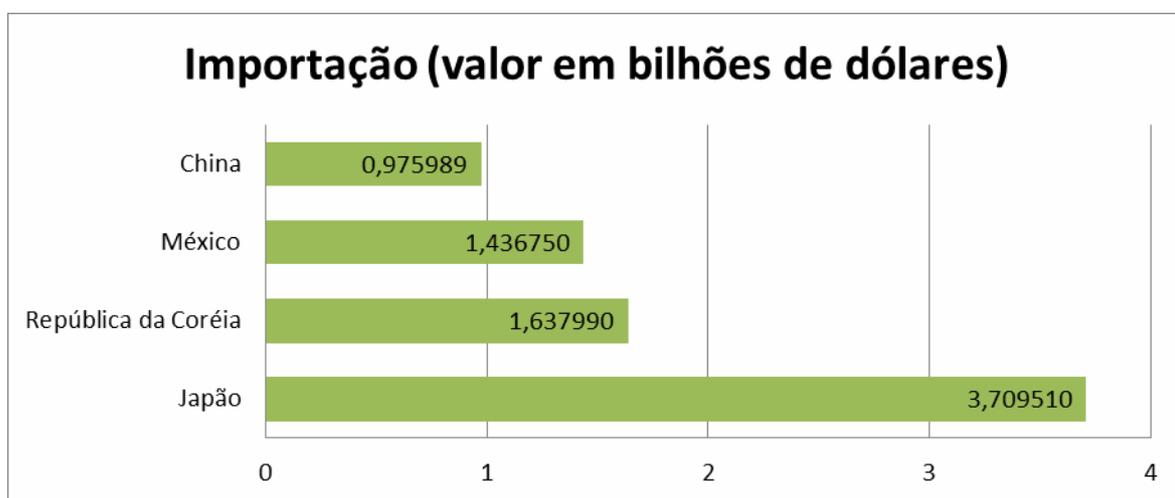


Figura 4 - Principais importadores de milho no mundo em 2009.

Fonte: FAO.

⁵² A posição da França é alterada quando comparamos o valor da importação em virtude do elevado valor unitário da produção de milho nessa região, cerca de 274 \$/ton. em contraste com os Estados Unidos (190 \$/ton.), Argentina (189 \$/ton.) e Brasil (167 \$/ton.). Veja no anexo as tabelas completas de importação e exportação disponibilizada pela FAO.



Figura 5 - Principais exportadores de milho no mundo em 2009.

Fonte: FAO.

O desenvolvimento da produção mundial do milho também pode ser avaliado pelos dados da produtividade da terra. De acordo com a FAO, entre o período de 1961/2010, este indicador cresceu cerca de 170%. Os dados também apontam para um aumento na quantidade produzida de milho no mundo de 320%, enquanto a área plantada teve um crescimento de apenas 52%, confirmando o expressivo ganho de produtividade da terra e o esgotamento do modelo extensivo.

Quando avaliamos a produtividade da terra dos 20 maiores produtores de milho no mundo, a partir dos dados da FAO de 2010, verificamos a liderança do Canadá, seguidos dos Estados Unidos, Itália, França e Argentina. O Brasil, apesar da boa colocação na produção mundial e nas exportações, ocupa da 13ª posição.

TABELA 8 - Classificação da produtividade dos 20 maiores produtores de milho do mundo - Ano 2010.

Classificação	País	Produção (toneladas)	Área (ha)	Produtividade (ton./ha)
1	Canadá	11.714.500	1.202.900	9,74
2	Estados Unidos	316.165.000	32.960.400	9,59
3	Itália	8.827.810	925.967	9,53
4	França	13.975.000	1.571.000	8,90
5	Argentina	22.676.900	2.902.750	7,81
6	Egito	7.041.100	968.519	7,27
7	Hungria	6.967.170	1.060.610	6,57
8	Sérvia	7.207.190	1.223.580	5,89
9	China	177.548.600	32.519.900	5,46
10	África do Sul	12.815.000	2.742.000	4,67
11	Ucrânia	11.953.000	2.647.600	4,51
12	Indonésia	18.364.400	4.143.250	4,43
13	Brasil	56.060.400	12.814.800	4,37
14	Romênia	9.042.030	2.094.250	4,32
15	Vietnã	4.606.800	1.126.390	4,09
16	México	23.301.900	7.148.050	3,26
17	Filipinas	6.376.800	2.499.040	2,55
18	Nigéria	7.305.530	3.335.860	2,19
19	Índia	14.060.000	7.180.000	1,96
20	Republica da Tanzânia	4.475.420	3.100.000	1,44

Fonte: FAO

Em um nível mundial, em 2010, a área correspondente à produção de milho foi 161 milhões de hectares, sendo a maior parte localizada na América, aproximadamente 39%, seguida da Ásia (33,19%), África (19,04%), Europa (8,72%) e Oceania (0,05%).

E finalmente, um fato importante que deve ser destacado é a crescente demanda do milho para a produção de etanol. Segundo USDA, a alta recente nos preços verificados da gasolina irá impulsionar ainda mais a demanda por milho. Os dados apontam que, durante o período de 2008/2011, o consumo de milho nos EUA para produção do etanol cresceu 37,5% em contraste com um crescimento da oferta de milho nos EUA durante o mesmo período de apenas 0,01%. A explicação para a sustentação dessa demanda foi a redução de cerca de 45% nos estoques de milho.

O gráfico abaixo mostra a trajetória da demanda do milho para a produção do etanol dos EUA entre o período de 2008/2011 em milhões de toneladas:

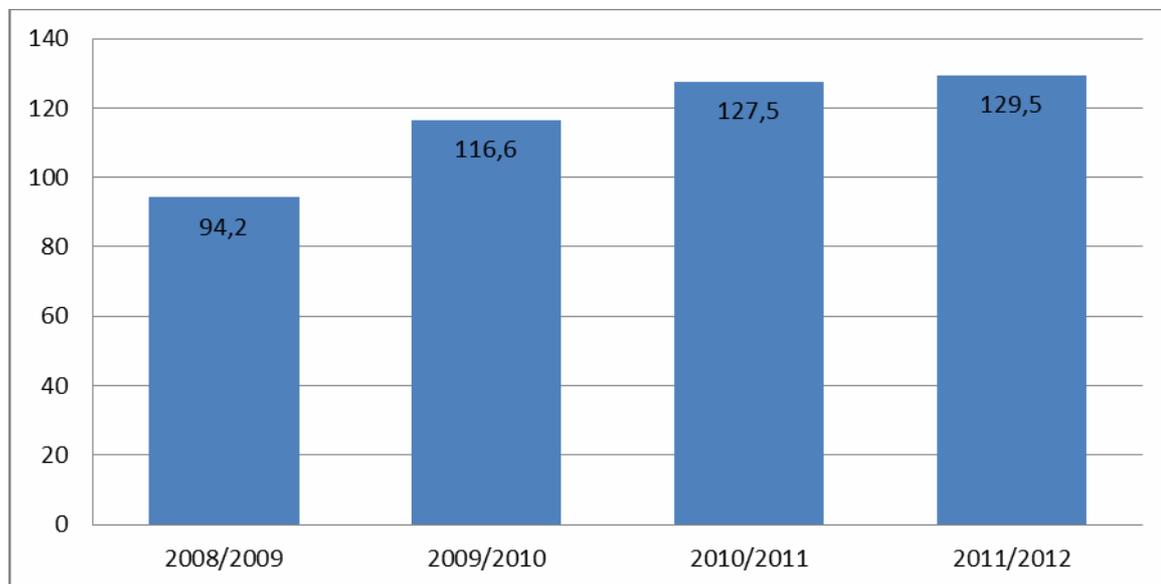


Figura 6 - Demanda por milho para produção do etanol nos EUA entre 2008/2011 em milhões de toneladas.

Fonte: USDA.

Também segundo os dados da USDA, em 2009 os seis maiores produtores de biocombustível do mundo - Estados Unidos, Brasil, Canadá, Argentina, China e União Europeia – foram responsáveis por 87% da produção de biocombustível e 98% da produção do etanol. Suas projeções indicam que em um período de 10 anos a produção nesses países deve crescer em 20% para biocombustíveis e em 25% a produção do etanol.

3.2 Situação geral da cultura de milho no Brasil

A produção de milho no Brasil é dividida em duas épocas de plantio. A primeira safra, também conhecida como safra de verão, realizada entre os meses mais chuvosos (agosto na região Sul e em outubro/novembro no sudeste e centro-oeste). E a segunda safra, também conhecida como safrinha, realizada em fevereiro ou março, especialmente na região do centro-oeste, Paraná, São Paulo e Minas Gerais.

Segundo os dados da CONAB, o que se percebe é um crescimento substancial do milho de segunda safra em torno de 51,6% a.a. entre os períodos de 1980-2011, em contraste

com um crescimento de cerca de 2,6% a.a. para o milho de primeira safra. Em virtude desse expressivo crescimento da produção da safrinha, nos últimos cinco anos, sua produção tem representado cerca de 36% da produção total de milho no país. O que demonstra que embora a época do plantio da segunda safra seja desfavorável, sua produção está se aprimorando e tornando-se cada vez mais rentável.

A partir dos mesmos dados, verificamos que a região Sul foi a maior produtora de milho do país, tanto no que diz respeito à produção total, quanto à produção da primeira safra. Já quando consideramos a produção da safrinha, verificamos que o predomínio dessa produção é dividido em três fases: 1980-1988 entre as regiões nordeste e sul; 1989-2001 entre as regiões sul e centro-oeste; e 2002-2011 pela região centro-oeste.

Atualmente, a contribuição de cada região na produção total de milho é apresentada na figura 6 abaixo.

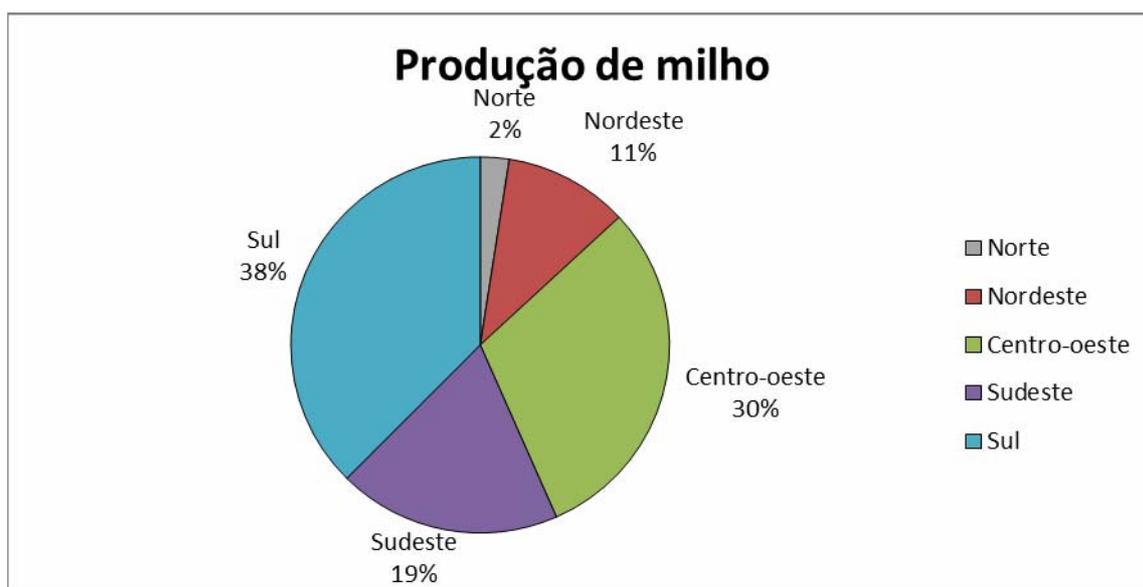


Figura 7- Participação da produção de milho entre as regiões do Brasil em 2011.

Fonte: CONAB.

Quando analisamos a produção total de milho por estado verificamos que, entre o período de 1976-1991, Paraná, Rio Grande do Sul e São Paulo, representaram, respectivamente, os três maiores produtores de milho. A partir de 1992 o estado de Mato Grosso foi se destacando tomando a terceira posição até que em 2002 passou a disputar com Paraná e Rio Grande do Sul a primeira e a segunda colocação, como pode ser observado na figura 7.

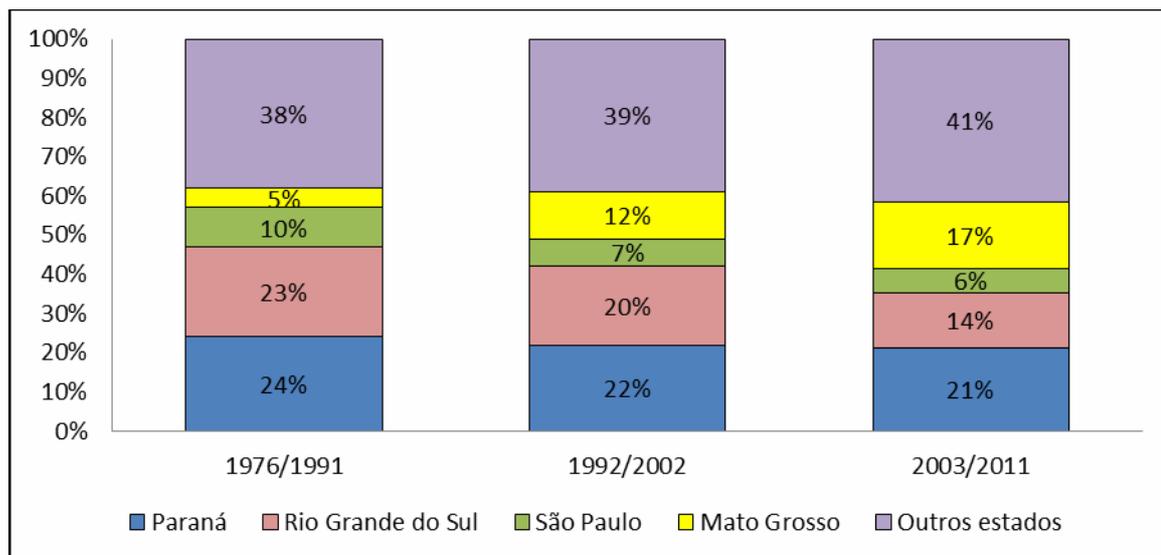


Figura 8- Participação na produção de milho no país entre os principais estados durante 1976/2011.

Fonte: CONAB.

Um dos fatores explicativos para esse aumento expressivo na produção do milho no estado do Mato Grosso pode ser atribuído ao crescimento da produção da safrinha, uma vez que, a partir 2003, este estado se tornou o maior produtor da segunda safra.

Apesar da concentração da produção de milho em alguns estados, essa cultura é praticada em todo o território nacional. No Brasil, em 2011, existiam cerca de 12,7 milhões de hectares ocupados por milho, dividindo-se em 7,3 milhões de hectares ocupados na primeira safra e 5,4 milhões de hectares ocupados na segunda safra.

Ainda segundo os dados da CONAB, verifica-se que entre 1976-2011 a produção do milho registrou um aumento da quantidade produzida de 174%, enquanto a área plantada teve um aumento de apenas 7,5%, o que indica um ganho produtividade da terra de 154%. De fato, a produtividade da terra teve um aumento nesse período de 154%. No entanto, é uma produtividade média da terra ainda baixa em termos comerciais, em torno de 4,1 ton/ha. Isto porque, a produção de milho no país é caracterizada por um cultivo heterogêneo, com diferentes sistemas de cultivos e finalidades.

O gráfico abaixo mostra a produtividade da terra para a lavoura do milho durante a primeira e a segunda safra no país entre o período de 1977/2011.

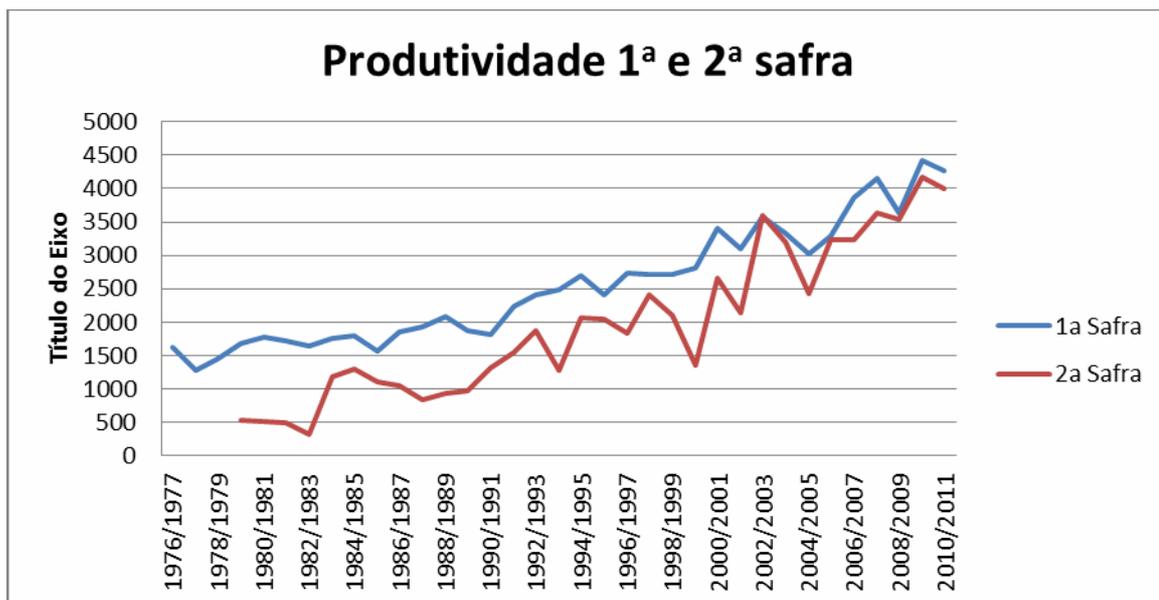


Figura 9- Produtividade da terra para a lavoura do milho no país entre 1976/2011 - 1ª e 2ª safra.

Fonte: CONAB.

Apesar da atual convergência na produtividade do milho de 1ª e 2ª safra, as produtividades entre as regiões produtoras ainda são bastante destoantes. Segundo a CONAB, em 2011, nas regiões nordeste e norte a produtividade em média foi de 1,6 ton/ha e 2,5 ton/ha respectivamente, enquanto que nas regiões sudeste, sul e centro-oeste a produtividade foi de respectivamente 5,1 ton/ha, 5,1 ton/ha, 4,5 ton/ha.

Da mesma forma, quando analisamos a produtividade da terra por estado verificamos uma disparidade muito grande, sendo os estados do Rio Grande do Norte, Pernambuco e Alagoas os que apresentaram um pior desempenho, com uma produtividade da terra de cerca de 0,6 ton/ha, em contraste com uma produtividade de cerca de 6,8 ton/ha, 6,1 ton/ha e 5,5 ton/ha do Distrito Federal, Santa Catarina e Goiás.

Em razão da grande diversidade nas condições de cultivo de milho, podemos traçar, conforme a Embrapa, três principais sistemas de produção: i) do produtor comercial de grãos que normalmente produz soja e milho em rotação com fins comerciais e que por isso utiliza lavouras maiores e a melhor tecnologia disponível, predominando o cultivo direto; ii) do produtor de grãos e pecuária que geralmente não produz soja, apenas milho com a intenção de renovar a pastagem (sistema de integração lavoura-agropecuária), por este motivo as lavouras são de pequeno e médio porte e com um nível médio de tecnologia em função dos custos de produção; e iii) do pequeno produtor que consome a maior parte da produção e que produz com baixo nível tecnológico e sem melhoramento de sementes.

Em relação ao destino do milho, no Brasil o principal setor consumidor é o da alimentação animal, cerca de 70% do milho é destinado a este fim, o resto serve para abastecer o consumo humano, a produção industrial, exportações, semente entre outros. A figura abaixo apresenta a evolução do consumo de milho entre o período de 2001-2011 no país.

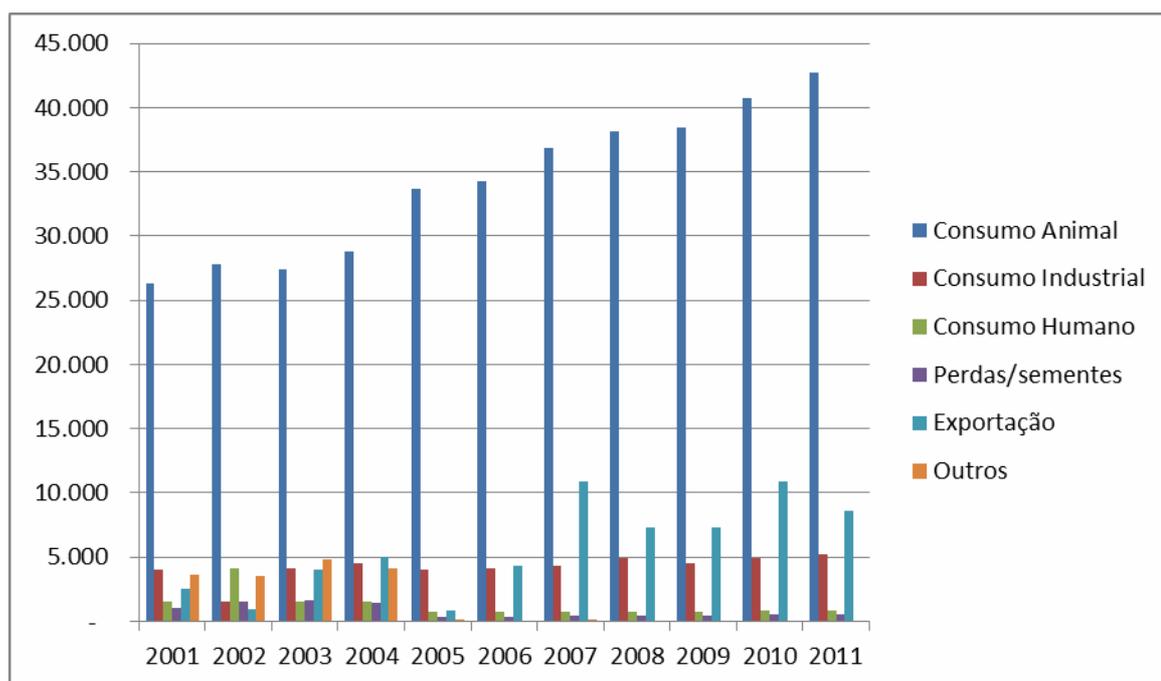


Figura 10 - Distribuição do consumo de milho no Brasil entre 2001/2011 em toneladas.

Fonte: ABIMILHO.

A expressiva contribuição da produção do milho para a alimentação animal fica mais evidente quando analisamos a evolução do mercado de rações. O crescimento da produção e competitividade nessa atividade tem aumentado cada vez mais a demanda por milho e impulsionado o crescimento de sua produção. Segundo o Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES), a produção de rações entre o ano de 2010-2011 teve um crescimento de 4,2%, o que resultou em uma demanda de milho de 37,96 milhões de toneladas em 2011, em contraste com 36,46 milhões de toneladas alcançados em 2010. Abaixo segue a evolução do consumo anual brasileiro de milho e farelo de soja para a produção de rações.

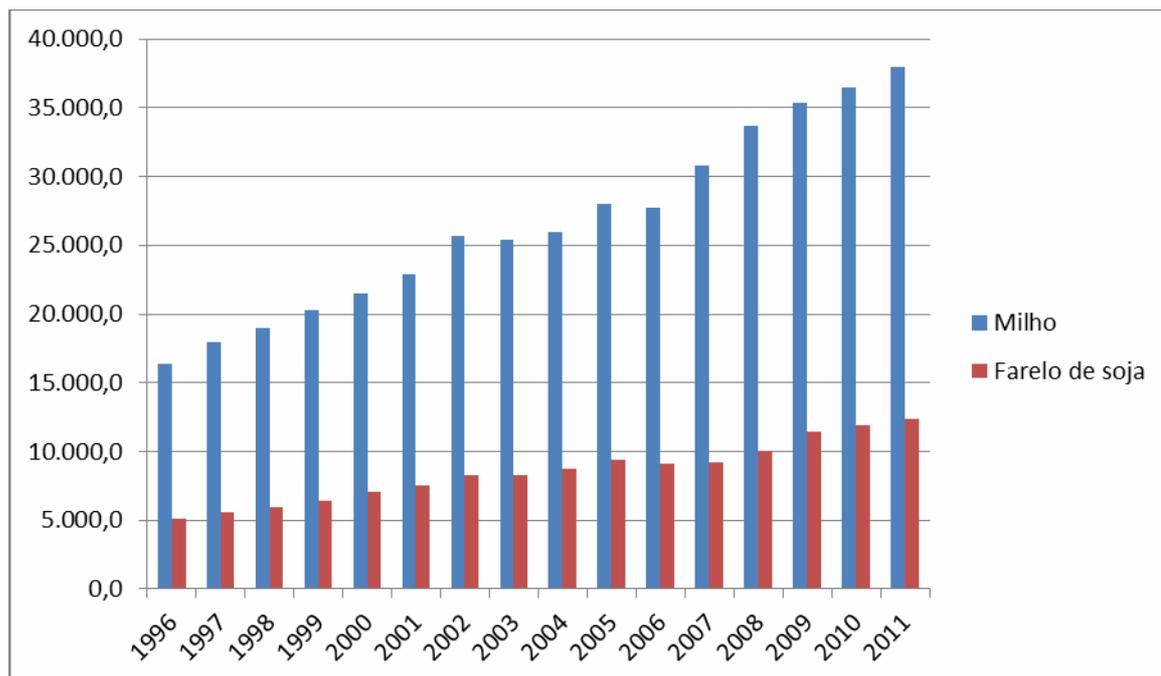


Figura 11 - Evolução do consumo de milho e farelo de soja no Brasil para a produção de rações durante o período de 1996/2011 em mil toneladas.

Fonte: SINDIRAÇÕES.

Já quanto ao consumo humano temos além de snacks e farinhas um grande potencial de crescimento na alimentação brasileira sob a forma de novos pratos. No uso industrial são conhecidas mais de 150 utilizações do milho, tais como no processamento de têxteis, papéis, medicamentos, cosméticos, fluídos, bebidas e outros artigos.

Em relação às exportações, segundo a FAO, de 2001 à 2009 as exportações brasileiras de milho aumentaram aproximadamente 38%, passando de quase 6 milhões de toneladas em 2000 para quase 8 milhões de toneladas em 2009. O gráfico abaixo descreve a trajetória das exportações de milho brasileira.



Figura 12 - Evolução das exportações de milho do Brasil durante o período de 2001/2009.

Fonte: FAO.

A importância da participação do Brasil no mercado internacional do milho é reforçada a partir de 2007, quando alcança a posição de terceiro maior exportador mundial. A partir daí, o embarque de milho tem sido de cerca de 8 milhões de toneladas por ano. Esse bom desempenho da economia brasileira também pode ser verificado na figura abaixo, onde é apresentada a trajetória dos principais países exportadores do mundo.

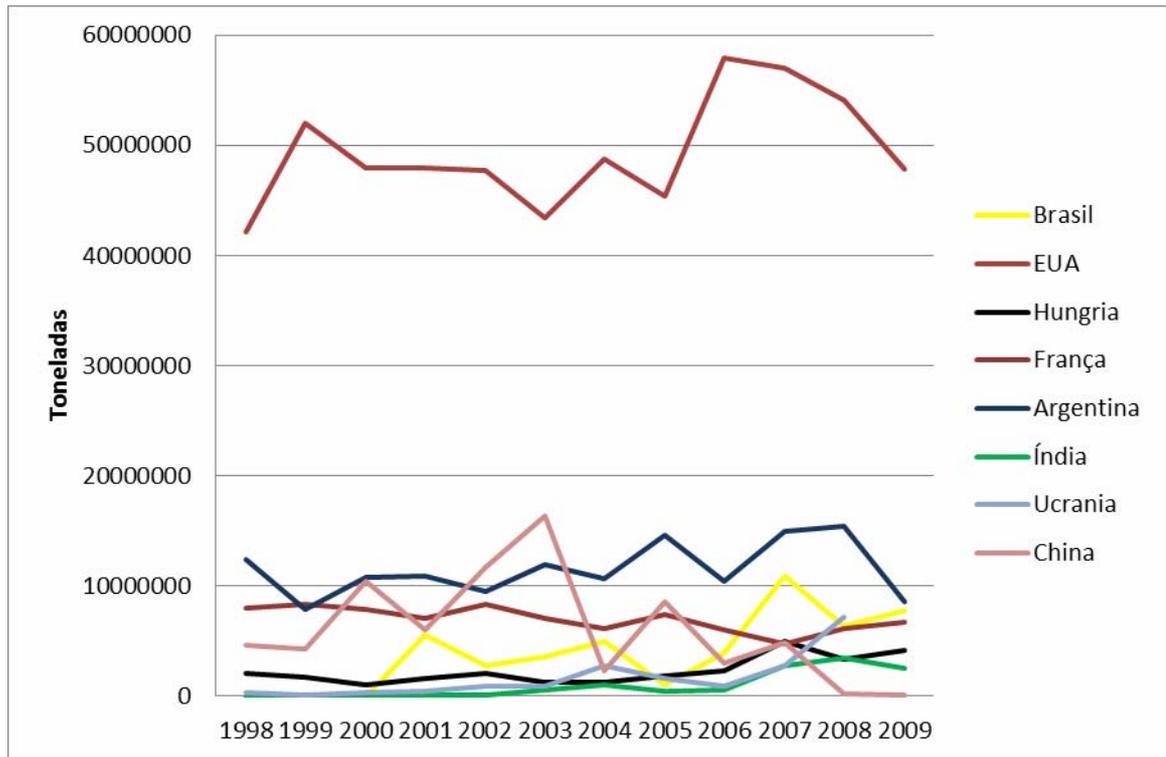


Figura 13 – Principais exportadores de milho durante o período de 1998/2009 em toneladas.

Fonte: FAO.

Segundo Menezes (2011) o crescimento tanto da demanda do mercado de rações quanto das exportações tem provocado reduções nos estoques finais de milho nos últimos anos. Conforme o mesmo, as estimativas para 2012 indicam permanência desse quadro, já que a oferta total de milho não tem acompanhado a demanda total. O gráfico abaixo mostra a trajetória semestral do estoque de milho no Brasil.

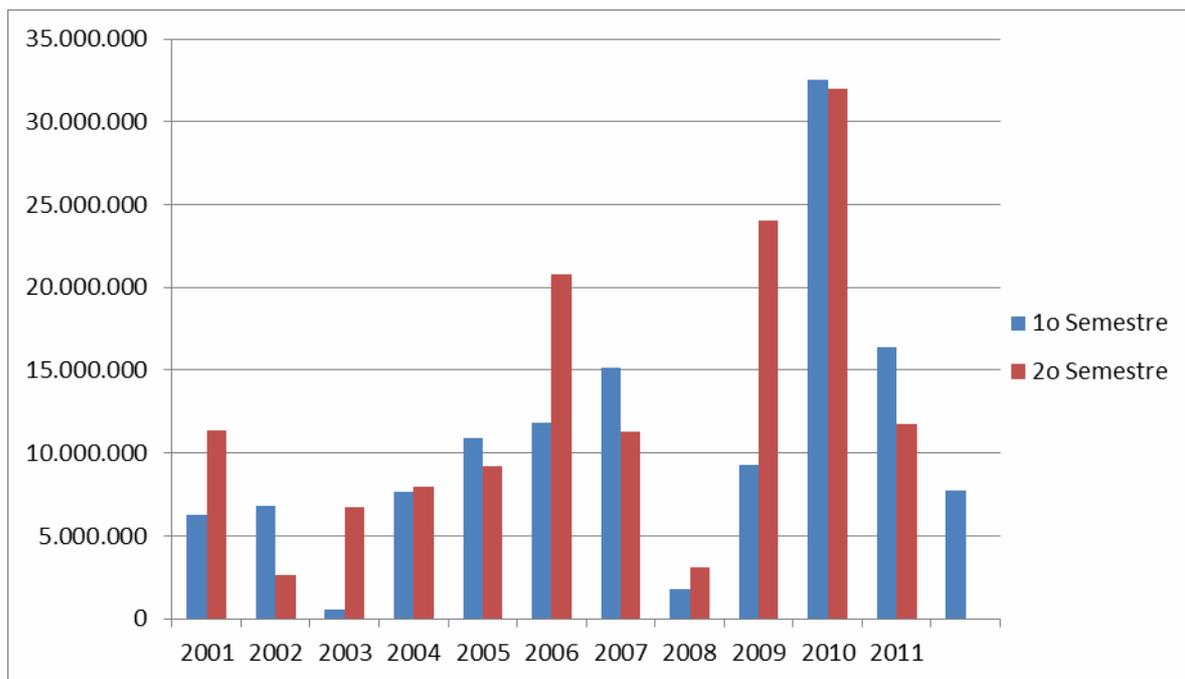


Figura 14 – Estoque de milho no país entre 2006-2010.

Fonte: IBGE

Segundo a CONAB, o estoque de milho representa em média 7% da sua produção total e é um dos produtos agrícolas estocado em maior quantidade. Atualmente, do total de milho em grãos estocados no país a maior parte encontra-se na região centro-oeste, sendo o maior responsável por esse estoque a iniciativa privada, seguida das cooperativas e do governo.

3.3 Perspectivas

A previsão da produção de milho no país para a safra de 2011/2012 é de 59.651 mil toneladas, o que representa uma variação de 3,7% em relação à safra passada, quando foram colhidas 57.514,1 mil toneladas, conforme os dados da CONAB.

Essa produção deverá atender a um aumento na demanda de milho para o mercado de rações de 37.956,5 mil toneladas para 39.807 mil toneladas e a um aumento das exportações de 9,5%, segundo as projeções da Associação Brasileira da indústria de milho (ABIMILHO).

As projeções do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento é de que em 2021/2022 a produção de milho aumente 10,7 milhões de toneladas em relação à safra de 2011/2012, o que representa um aumento de 18% na produção de milho para os próximos 10 anos.

Essas projeções apontam para um consumo em 2021/2022 de 58,8 milhões de toneladas, indicando um excedente de cerca de 11,6 milhões de toneladas que deverão ser exportados.

Também de acordo com o relatório do MAPA de janeiro de 2012, em 2021/2022 enquanto que a produção deverá crescer a uma taxa de cerca de 1,7% ao ano, a área plantada deverá aumentar apenas 0,4%.

De acordo com Gasques e Vila Verde (1998) o Brasil tem potencial para se tornar um grande exportador de milho devido ao fato não ter restrição tecnológica. No entanto, conforme os mesmos, a maior parcela dos produtores não foi capaz de incorporar esses ganhos tecnológicos que gerariam reduções dos custos e aumento da produção. Sendo assim, apenas algumas regiões do Brasil estariam em condições de competir, como é o caso de algumas regiões do Paraná e Santa Catarina.

Além disso, conforme ressalta Cuenca et. al (2005) a preocupação mundial em produzir bioenergia, especialmente aquela derivada de milho como é o caso dos Estados Unidos, trará, com certeza, modificações no mercado internacional de milho, favorecendo as exportações brasileiras nos próximos anos, estimulando a produção e a produtividade dessa cultura.

Segundo o USDA, projeções quanto ao uso de fonte renováveis de energia nos diversos países para os próximos anos tem tornado a produção de milho cada vez mais atraente, apontando países como Estados Unidos, Argentina, Brasil e Rússia como os principais fornecedores. O gráfico abaixo mostra as projeções feitas pelo departamento de agricultura dos Estados Unidos até o ano de 2020.

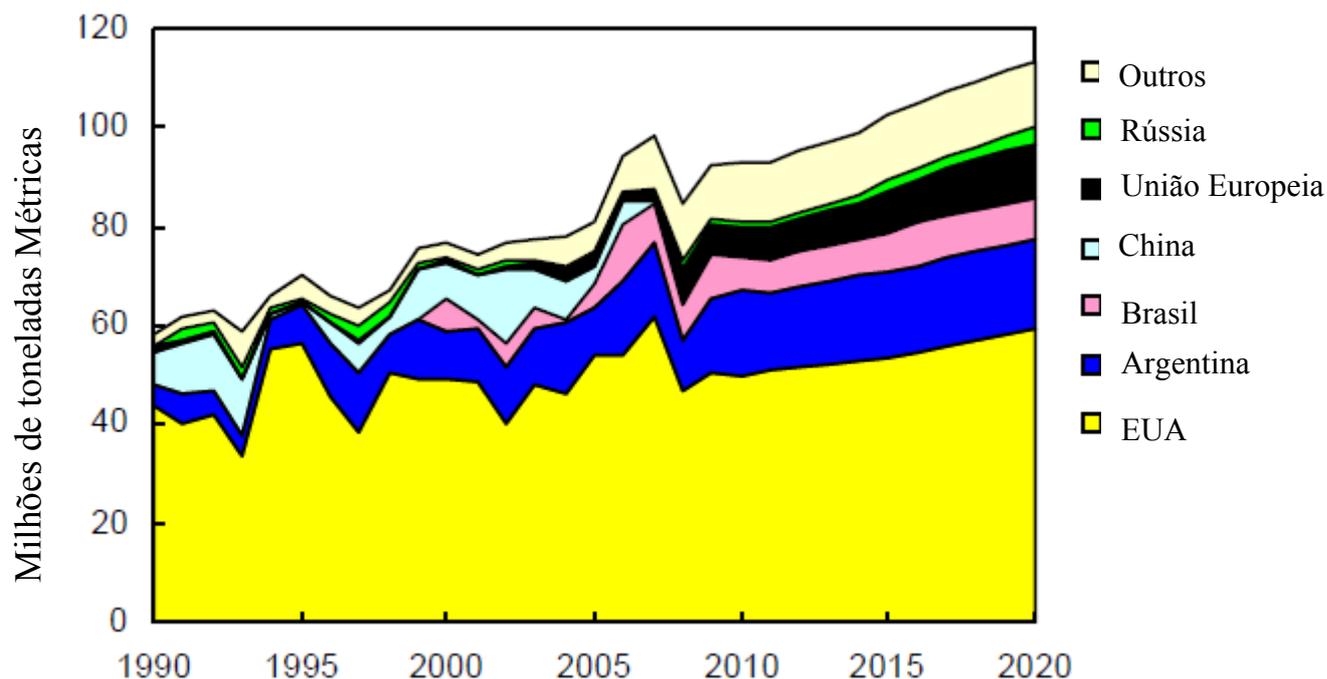


Figura 15: Exportação mundial de milho entre o período de 1990-2020.

Fonte: USDA

Conforme o relatório, estima-se que a produção de milho para 2020 chegue a 908,8 milhões de toneladas e que a importação mundial cresça a uma taxa de 1,02% a.a. para atender a essa demanda por milho. Para o Brasil, as projeções da USDA também seriam de contínuo aumento da produção e da demanda, chegando a um total de exportações de 18,483 milhões de toneladas.

De acordo com Menezes (2011), nos últimos anos dois fatores têm criado um ambiente favorável para a produção de milho no Brasil, que foram: a reversão do excedente da China em virtude do aumento em seu consumo e a produção de etanol nos EUA que tem quase triplicado o uso do milho para a sua fabricação.

Além disso, conforme as projeções das Nações Unidas, o crescimento tanto da renda per capita quanto da população mundial vai prover aos mercados agropecuários um cenário otimista de incentivo a produção de alimentos.

4 PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES: METODOLOGIA

4.1 Mensuração da produtividade total dos fatores: Procedimento metodológico

Como apresentado no capítulo um, existem vários procedimentos metodológicos para se calcular a produtividade total dos fatores como o modelo da contabilidade do crescimento, o enfoque de natureza econométrica a partir da função de produção e de custo ou através da abordagem do número-índice. O índice de Tornqvist será o método empregado neste trabalho para mensurar a produtividade total dos fatores na cultura do milho.

A utilização do índice de Tornqvist requer a disponibilidade de preços e quantidades de todos os insumos envolvidos no processo de produção para cada período de tempo.

De forma simples, o cálculo desse índice constitui-se da diferença entre o índice produto e o índice insumo. O índice produto é composto pela produção de milho e, para a construção do índice de insumo, os insumos foram agrupados em cinco categorias: mão de obra, máquinas e equipamentos, insumos diretos, terra e energia elétrica. Segue abaixo a descrição desses dados.

4.2 Fonte e descrição dos dados

Diante das dificuldades para encontrar dados sobre as despesas e quantidades de insumos na produção de milho no país, utilizou-se a tabela de despesa segundo a atividade econômica fornecida pelo IBGE dos censos de 1995-1996 e 2006. Esses dados fornecem os principais gastos auferidos pelos produtores segundo cada estado brasileiro.

Como os dados estão apresentados em unidades monetárias, fizemos a conversão dos insumos em quantidade deflacionando por índices de preços específicos. Abaixo segue a descrição de cada componente do índice de insumo e o método de conversão utilizado.

4.2.1 Mão-de-obra

Como despesa com mão-de-obra, considerou-se as despesas com salários e serviços de empreitada. Para transformar essa despesa em quantidade, dividiu-se esses gastos com empregados e serviços de empreitada pela remuneração anual do mensalista para os anos de 1996 e 2006, sendo a remuneração anual o resultado da multiplicação do salário médio mensal por 13. Os dados foram obtidos no site do IEA (www.iea.sp.gov.br) e apesar destes descreverem o comportamento de preços para o estado de São Paulo, considerou-se como representativo para o Brasil.

4.2.2 Máquinas e equipamentos

A despesa com máquinas e equipamentos consistiu da soma entre os gastos com aluguel com máquinas próprias e de terceiros mais os gastos com combustível. As despesas com aluguel de máquinas de terceiros e os gastos com combustível foram disponibilizadas pelo IBGE nos censos agropecuários de 1995-1996 e 2006. As despesas com máquinas próprias foram estimadas conforme descrito a seguir.

Para 2006 o procedimento foi o seguinte: utilizou-se como parâmetro a tabela 831 fornecida no censo agropecuário de 2006 que descreve o valor dos bens nos estabelecimentos na lavoura temporária⁵³. Aplicou-se uma proporção da área plantada de milho com relação à área plantada na lavoura temporária como uma aproximação para encontrar o valor dos bens nos estabelecimentos agropecuários na cultura do milho. E, finalmente, considerou-se que 6% desse valor corresponderiam à despesa com aluguel de máquinas próprias.

Como não havia disponibilidade dessa tabela 831 para o ano de 1996, foi feito um cálculo para encontrar esses valores usando a proporção do número de tratores entre os anos de 1996 e 2006. Ou seja, considerou-se que o crescimento no número de tratores foi proporcional ao crescimento do valor dos bens nos estabelecimentos agropecuários. Sendo assim, aplicou-se o mesmo procedimento anterior para determinar a despesa com aluguel de máquinas próprias, isto é, aplicou-se a proporção entre a área plantada do milho e a área

⁵³ Os tipos de bens considerados pelo IBGE nesse cálculo são foram veículos, tratores, máquinas e implementos.

plantada da lavoura e, após esse procedimento, calculou-se 6% desse valor como sendo o correspondente ao aluguel de máquinas próprias.

A conversão do aluguel de máquinas e equipamentos foi feita através da divisão dessa despesa pelo índice de preços por atacado (IPA – DI) para máquinas, veículos e equipamentos. Esse dado é calculado pela FGV e foi obtido no site do IPEA (www.ipeadata.gov.br).

4.2.3 Insumos diretos

Como despesa com insumos diretos consideraram-se os gastos com adubos e corretivos, sementes e mudas e os gastos com agrotóxicos. Todas essas despesas foram disponibilizadas pelo IBGE nos censo agropecuários de 1995-96 e 2006⁵⁴.

Considerando os coeficientes técnicos sugeridos pela Embrapa milho e sorgo, utilizou-se o seguinte índice de preços para fazer a conversão em quantidade de adubos e corretivos: corretivo dolomítico com participação de 45%, adubo 4-14-8 para plantio com participação de 40% e ureia como adubo para cobertura com participação de 15%. Ou seja, dividiu-se o gasto com adubos e corretivos por esse índice de preço ponderado. Os dados dos preços desses fatores para os anos de 1996 e 2006, necessários para o cálculo desse índice, foram obtidos no IEA.

Para a conversão das despesas de semente e mudas em quantidade utilizou-se as médias de preço da semente de milho nos anos de 1996 e 2006 fornecidas pelo IEA. Aplicou-se a divisão do gasto com semente e mudas de cada ano do censo agropecuário por estas médias para se mensurar a quantidade utilizada deste insumo na produção do milho.

E, finalmente, para transformar os gastos com defensivos em quantidade utilizou-se o preço do herbicida *round up*. Os dados para 1996 e 2006 também foram obtidos pelo IEA.⁵⁵

⁵⁴ Essas informações foram obtidas no site do IBGE no seguinte portal:
<http://www.ibge.gov.br/home/download/estatistica.shtm>

⁵⁵ Como esses produtos que compõe as despesas com insumos diretos estavam em diferentes unidades de medida em função da diferença de fator de correção utilizado, optou-se por coloca-los em toneladas. Isto é, como os adubos estavam medidos em toneladas, as sementes em quilo e os agrotóxicos por embalagem de 50 quilos, dividiu-se a quantidade de sementes por 1000 e a quantidade de agrotóxicos por 20.

4.2.4 Terra

Como o censo agropecuário não disponibilizava claramente os gastos com esse fator, somente os gastos com o arrendamento de terras, considerou-se o gasto com terra como sendo o resultado da multiplicação da parcela do gasto da terra em relação ao custo de produção vezes o gasto da produção de milho em cada estado⁵⁶. A parcela do gasto com a terra em relação ao custo de produção foi disponibilizada pela CONAB para os estados: Bahia, Goiás, Maranhão, Minas Gerais, Paraná, Mato Grosso e Rio Grande do Sul.

Como não havia dados para todos os estados do Brasil, utilizou-se o critério de proximidade e nível de produção para replicar a participação do gasto com a terra em relação ao custo de produção. Isto é, para os estados de Santa Catarina e São Paulo a participação do Rio Grande do Sul foi a participação de referência. Já para Ceará e Pernambuco, a participação de referência foi a da Bahia. Para o estado do Mato Grosso do Sul e para o Distrito Federal, utilizou-se, respectivamente, a participação de Mato Grosso e de Goiás. E, finalmente, para os demais estados, que apresentam um nível de produção inferior a 180 mil toneladas, utilizou-se a participação do estado do Maranhão.

Para este fator não foi necessária a transformação da despesa em quantidade através da divisão do preço (ou índice de preço) sugerido. Como quantidade de terras utilizou-se simplesmente a área colhida na produção de milho. Esses dados foram obtidos no Censo Agropecuários de 1996 e 2006.

⁵⁶ Sendo X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 as despesas na produção de milho com, respectivamente, mão-de-obra, máquinas e equipamentos, insumos diretos, terra e energia elétrica. Então, o gasto total na produção de milho será dado por:

$$X = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5$$

A participação do gasto com terra será:

$$X_2 = kX$$

Logo:

$$X_2 = k(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5)$$

$$X_2 = kX_2 + (X_1 + X_3 + X_4 + X_5)$$

$$X_2 = \frac{k}{1-k} (X_1 + X_3 + X_4 + X_5)$$

4.2.5 Energia elétrica

As despesas com energia elétrica foram disponibilizadas pelo IBGE no censo agropecuário de 1995-96 e 2006. Para fazer a conversão do gasto de energia elétrica em unidade, foi utilizado indicador a tarifa média de energia elétrica por região segundo o tipo de consumo. Ou seja, dividiu-se os gastos com energia de 1996 e 2006 pela tarifa elétrica de seus respectivos anos. Os dados foram obtidos na agência nacional de energia elétrica no site (www.aneel.gov.br) e optou-se pela utilização do consumo rural.

4.3 Cálculo da produtividade parcial

No intuito de promover um maior entendimento a respeito do comportamento da produtividade, aplicou-se o cálculo das produtividades parciais. Segue abaixo a descrição de cada produtividade e sua unidade de medida:

Produtividade parcial da terra

Foi calculada como a razão da quantidade produzida e da área colhida. Os resultados foram descritos em tonelada de milho por hectare.

Produtividade parcial da mão-de-obra

Foi calculada como a razão da quantidade produzida de milho e da mão-de obra empregada na produção do milho. A mão de obra empregada constituiu da soma dos dados de salário e do serviço de empreitada dividida pela remuneração anual, conforme descrito na última seção. Os resultados foram descritos por tonelada de milho por trabalhador.

Produtividade parcial das máquinas

Foi calculada como a razão da quantidade produzida de milho e quantidade de tratores utilizados na produção de milho. Os dados foram disponibilizados pelo IBGE no censo agropecuário. Os resultados foram descritos por tonelada de milho por máquina.⁵⁷

Produtividade parcial dos insumos diretos

Foi calculada como a razão da quantidade produzida de milho e da quantidade de insumos diretos. Como descrito na última seção, como insumos diretos foram considerados adubos e corretivos, sementes e mudas e agrotóxicos. Os resultados são descritos em tonelada de milho por tonelada de insumos diretos.

Produtividade parcial da energia

Foi calculada como a razão da quantidade produzida de milho e o consumo de energia elétrica. Os resultados foram descritos em tonelada de milho por MWh.

Produtividade parcial do combustível

Foi calculada como a razão da quantidade produzida de milho e a quantidade consumida de combustível. Os resultados foram descritos em tonelada de milho por litro.

⁵⁷ A produtividade das máquinas não seguiu a mesma metodologia descrita no gasto com máquinas (despesa com aluguel de máquinas de terceiro e próprias + despesa com combustível), pois optou-se pelo método que preservasse a unidade de medida e, portanto, facilitasse a interpretação da mesma.

5 PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES: RESULTADOS E LIMITAÇÕES

Foi calculada a produtividade total dos fatores e também foram calculadas as produtividades parciais da terra, da mão-de-obra, das máquinas, dos insumos diretos, da energia e do combustível para os anos de 1996 e 2006. Contudo, infelizmente, os resultados encontrados apresentaram pouco sentido econômico. Foram feitas diversas tentativas com medições diferentes das variáveis para se tentar chegar a um resultado que fizesse algum sentido econômico. Não obstante, os valores finais encontrados foram muito heterogêneos e frequentemente de difícil interpretação econômica.

Apesar dos inúmeros problemas encontrados e da pouca relevância dos resultados, sua apresentação tem o objetivo de relatar o trabalho feito e mostrar as dificuldades para realização do cálculo do índice de produtividade total dos fatores para um produto com base nos dados dos Censos Agropecuários.

A evolução da produtividade entre 1996 e 2006, está apresentada na Tabela 3. Os resultados mostram crescimento desmesuradamente elevado nos estados do Ceará, Roraima, Goiás, Pernambuco e Rio Grande do Norte. Taxas de crescimento da PTF destas magnitudes não são razoáveis sob nenhuma hipótese. Na revisão da literatura feita anteriormente o maior crescimento da produtividade ocorreu em Mato Grosso, onde a taxa anual de crescimento foi 5,03%⁵⁸.

As taxas de crescimento da PTF encontradas para os estados de Alagoas, Espírito Santo, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo têm valores um pouco mais razoáveis. A tabela abaixo apresenta esses resultados.

⁵⁸ Resultado encontrado em Gasques e Conceição (2000)

TABELA 9 - Produtividade total dos fatores - Brasil e estados em 1996 e 2006.

STADO	TAXA DE CRESCIMENTO DA PTF NO PERÍODO	TAXA DE CRESCIMENTO DA PTF ANUAL
ACRE	370,20%	16,74%
ALAGOAS	105,21%	7,45%
AMAPA	-78,58%	-14,28%
AMAZONAS	46,65%	3,90%
BAHIA	120,84%	8,24%
CEARA	725,48%	23,50%
DISTRITO FEDERAL	81,98%	6,17%
ESPIRITO SANTO	32,08%	2,82%
GOIAS	188,22%	11,17%
MARANHÃO	140,50%	9,17%
MATO GROSSO DO SUL	185,74%	11,07%
MATO GROSSO	-7,62%	-0,79%
MINAS GERAIS	52,11%	4,28%
PARA	-53,06%	-7,28%
PARAIBA	68,80%	5,38%
PARANA	45,18%	3,80%
PERNAMBUCO	184,74%	11,03%
PIAUI	114,64%	7,94%
RIO DE JANEIRO	105,91%	7,49%
RIO GRANDE DO NORTE	148,54%	9,53%
RIO GRANDE DO SUL	58,14%	4,69%
RONDONIA	71,67%	5,55%
RORAIMA	197,21%	11,51%
SANTA CATARINA	36,18%	3,14%
SÃO PAULO	58,80%	4,73%
SERGIPE	-31,00%	-3,64%
TOCANTINS	-17,78%	-1,94%
BRASIL	77,03%	5,88%

Fonte: Elaboração do próprio autor com base nas fontes indicadas no texto.

A produtividade parcial da terra no Brasil, para o ano de 1996 foi de 2,44 toneladas por hectare. Sendo mais expressiva no Distrito Federal, Goiás, Paraná, Mato Grosso do Sul e Santa Catarina.

Em 2006, a produtividade parcial da terra apresentou para o Brasil um valor de 3,6 toneladas por hectare, sendo mais expressiva no estado de São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, respectivamente.

As maiores taxas de crescimentos da produtividade parcial da terra entre os anos de 1996 e 2006 foram nos estados do Maranhão, Rio Grande do Norte, Pará, Rio de Janeiro e Sergipe.

Parte da explicação para o resultado no crescimento da produtividade da terra é conhecida como “efeito alcance”. Isto é, estados que apresentam uma produtividade bem abaixo da média têm maior possibilidade de crescimento da mesma, tendo em vista a existência de retornos marginais decrescentes.

Conforme verificado na tabela três abaixo, a taxa de crescimento da produtividade parcial da terra no Brasil foi em torno de 48% e 9 (nove) estados brasileiros apresentaram um crescimento inferior a este, sendo que apenas um, o estado do Amazonas, apresentou redução nesta produtividade.

TABELA 10 - Produtividade da terra - Brasil e estados em 1996 e 2006.

ESTADO	PRODUTIVIDADE DA TERRA EM 1996	PRODUTIVIDADE DA TERRA EM 2006	TAXA DE CRESCIMENTO DA PRODUTIVIDADE DA TERRA
ACRE	1,218196	2,814979	131,08%
ALAGOAS	1,036476	1,499042	44,63%
AMAPA	0,738595	1,393713	88,70%
AMAZONAS	1,288350	1,266487	-1,70%
BAHIA	1,095620	2,386454	117,82%
CEARA	0,790146	1,684893	113,24%
DISTRITO FEDERAL	4,429655	6,094544	37,59%
ESPIRITO SANTO	1,374893	1,757029	27,79%
GOIAS	3,868798	4,731862	22,31%
MARANHÃO	0,619765	2,653712	328,18%
MATO GROSSO DO SUL	2,566693	3,667578	42,89%
MATO GROSSO	3,187145	3,507212	10,04%
MINAS GERAIS	2,542441	4,680752	84,10%
PARA	0,858563	2,394990	178,95%
PARAIBA	0,560781	0,597292	6,51%
PARANA	3,390660	4,533927	33,72%
PERNAMBUCO	0,611450	1,355242	121,64%
PIAUI	0,654990	1,491337	127,69%
RIO DE JANEIRO	1,417447	3,884426	174,04%
RIO GRANDE DO NORTE	0,418040	1,493994	257,38%
RIO GRANDE DO SUL	2,365458	4,113168	73,88%
RONDONIA	1,273095	2,353757	84,88%
RORAIMA	1,291385	2,281159	76,64%
SANTA CATARINA	3,053302	4,636611	51,86%
SÃO PAULO	3,205495	5,107458	59,33%
SERGIPE	0,869147	1,989016	128,85%
TOCANTINS	1,463563	2,898595	98,05%
BRASIL	2,441538	3,606320	47,71%

Fonte: Elaboração do próprio autor com base nas fontes indicadas no texto.

A produtividade parcial da mão-de-obra, calculada como a razão entre a produção e a quantidade de trabalhadores, apresentou para no Brasil um valor de 283,75 toneladas de milho por trabalhador no ano de 1996 e 471,73 toneladas de milho por trabalhador em 2006, tendo, portanto, um crescimento em torno de 66%.

Para esta produtividade, os estados que mais se destacaram em 1996 foram, respectivamente, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Rondônia, Mato Grosso e Alagoas. Já em 2006⁵⁹, foram: Maranhão, Mato Grosso, Alagoas, Ceará e Rondônia.

Em relação à taxa de crescimento da produtividade da mão-de-obra, as maiores taxas observadas foram no Ceará, Maranhão, Roraima, Pernambuco e Rio Grande do Norte. Quanto aos demais estados, sete tiveram uma redução nesta produtividade entre os anos de 1996 e 2006. A tabela quatro descreve esses valores.

Uma observação importante que deve ser feita em relação aos resultados encontrados é que o crescimento espetacular do Ceará é também explicado pelo fenômeno “efeito alcance”. Assim, estados que partem de um patamar mais baixo tem maior chance de crescimento do que estados analisados a partir patamar mais alto, como é o caso do Paraná e Goiás que tiveram um crescimento mediano.

⁵⁹ Três estados foram desconsiderados por apresentar resultados muito fora do padrão, que foram: Acre, Amazonas e Mato Grosso do Sul. Esses estados apresentaram quantidades muito inferiores com as condizentes com a realidade. A tabela 18 em anexo mostra esses valores.

TABELA 11 - Produtividade da mão-de-obra - Brasil e estados em 1996 e 2006.

ESTADO	PRODUTIVIDADE DA MÃO-DE-OBRA EM 1996	PRODUTIVIDADE DA MÃO-DE-OBRA EM 2006	TAXA DE CRESCIMENTO DA PRODUTIVIDADE DA MÃO-DE-OBRA
ACRE	319,017104	1.155,864911	262,32%
ALAGOAS	501,789567	827,747342	64,96%
AMAPA	184,638188	30,846496	-83,29%
AMAZONAS	445,475181	1.443,248445	223,98%
BAHIA	218,127097	319,208027	46,34%
CEARA	50,789620	795,018468	1465,32%
DISTRITO FEDERAL	161,277446	142,943278	-11,37%
ESPIRITO SANTO	280,893728	238,993016	-14,92%
GOIAS	322,417751	596,903405	85,13%
MARANHÃO	256,039261	957,960495	274,15%
MATO GROSSO DO SUL	344,045719	2.894,551330	741,33%
MATO GROSSO	624,530123	838,184494	34,21%
MINAS GERAIS	175,246577	240,971408	37,50%
PARA	192,779160	275,238435	42,77%
PARAIBA	192,852095	299,815737	55,46%
PARANA	354,165230	692,484008	95,53%
PERNAMBUCO	158,736575	455,284800	186,82%
PIAUI	223,984971	411,818509	83,86%
RIO DE JANEIRO	164,069620	146,172333	-10,91%
RIO GRANDE DO NORTE	148,021941	373,352318	152,23%
RIO GRANDE DO SUL	829,924232	422,285127	-49,12%
RONDONIA	765,059027	701,590205	-8,30%
RORAIMA	62,802534	184,772837	194,21%
SANTA CATARINA	813,316363	676,463096	-16,83%
SÃO PAULO	173,016239	232,967491	34,65%
SERGIPE	231,333114	273,916863	18,41%
TOCANTINS	194,395723	308,047509	58,46%
BRASIL	283,755935	470,731118	65,89%

Fonte: Elaboração do próprio autor com base nas fontes indicadas no texto.

A produtividade das máquinas, calculada como a relação entre a produção de milho e a quantidade de tratores nesta cultura, apresentou para o Brasil um valor de 535 toneladas por trator no ano de 1996. Já em 2006 esse valor saltou para 794 toneladas por trator, o que significou um crescimento de mais de 48%.

Em 1996 os estados que apresentaram as maiores produtividades foram, respectivamente, Maranhão, Alagoas, Rondônia, Mato Grosso e Ceará. E em 2006 foram: Mato Grosso do Sul, Alagoas, Maranhão, Ceará e Mato Grosso.⁶⁰

A explicação para a maior parte desses estados, que têm um baixo nível de produção, apresentarem uma alta produtividade neste insumo é justificada justamente pela baixa utilização de máquinas e equipamentos na produção de milho, fazendo com que o

⁶⁰ Foram descartados os estados que tinham menos de 50 máquinas, por considerar essas informações pouco relevantes à análise. Desta forma, foram retirado os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rio de Janeiro e Roraima.

denominador do cálculo seja pequeno e, portanto, o resultado seja expressivo, sem que isso represente realmente uma escala alta de eficiência.

Quanto à taxa de crescimento da produtividade parcial de máquinas das Unidades Federativas, as maiores taxas observadas foram em Mato Grosso do Sul, Goiás, Pernambuco, Distrito Federal e Minas Gerais, como mostra a tabela cinco abaixo. Novamente cabe a ressalva da presença do chamado “efeito alcance” nos dados do crescimento desta produtividade, especialmente no estado do Mato Grosso do Sul.

TABELA 12 - Produtividade de máquinas - Brasil e estados em 1996 e 2006.

ESTADO	PRODUTIVIDADE DAS MÁQUINAS EM 1996	PRODUTIVIDADE DAS MÁQUINAS EM 2006	TAXA DE CRESCIMENTO DA PRODUTIVIDADE DAS MÁQUINAS
ACRE	0,662465	4,979469	651,66%
ALAGOAS	4,295497	10,118582	135,56%
AMAPA	15,699473	8,185722	-47,86%
AMAZONAS	15,001570	13,224082	-11,85%
BAHIA	4,695908	13,561466	188,79%
CEARA	10,892916	28,468175	161,35%
DISTRITO FEDERAL	2,685037	8,527005	217,57%
ESPIRITO SANTO	7,485874	9,927543	32,62%
GOIAS	3,290913	17,088219	419,25%
MARANHÃO	7,383083	21,772490	194,90%
MATO GROSSO DO SUL	2,256804	16,434824	628,23%
MATO GROSSO	3,121925	13,466293	331,35%
MINAS GERAIS	6,256995	16,424363	162,50%
PARA	24,880046	13,156221	-47,12%
PARAIBA	9,345323	11,538969	23,47%
PARANA	4,282973	12,398069	189,47%
PERNAMBUCO	6,896629	13,395253	94,23%
PIAUI	2,632856	6,667802	153,25%
RIO DE JANEIRO	4,874587	16,898422	246,66%
RIO GRANDE DO NORTE	8,651645	14,176251	63,86%
RIO GRANDE DO SUL	3,772968	10,379770	175,11%
RONDONIA	1,434463	3,857152	168,89%
RORAIMA	4,234969	16,826289	297,32%
SANTA CATARINA	5,176767	9,965494	92,50%
SÃO PAULO	3,488526	10,729196	207,56%
SERGIPE	17,782479	9,672065	-45,61%
TOCANTINS	1,077856	4,273790	296,51%
BRASIL	3,877651	12,539575	223,38%

Fonte: Elaboração do próprio autor com base nas fontes indicadas no texto.

A produtividade dos insumos diretos – calculada como a relação entre a produção de milho e a quantidade de adubos, mudas, sementes, fertilizantes e agrotóxicos – apresentou para o ano de 1996 um valor de 18,53 milhos por insumo no Brasil. E em 2006 esse valor foi de 14,18 milhos por insumo, representando uma queda de aproximadamente 23,45%.

Em 1996 os estados que apresentaram os melhores resultados desta produtividade foram, respectivamente, Alagoas, Paraíba, Pará, Rio Grande do Norte e Amazonas. E em 2006 os estados Amazonas, Ceará, Pará, Pernambuco e Rio Grande do Norte, fora os que tiveram, respectivamente, as maiores produtividades.

Como na outra produtividade apresentada acima, os estados que utilizaram uma quantidade muito pequena deste insumo, responderam com uma alta produtividade parcial, embora isso não represente um bom desempenho.

Como mostra a tabela abaixo, apenas em sete Unidades Federativas houve crescimento dessa produtividade que foram, respectivamente, no Amazonas, Ceará, Pernambuco, Bahia, Espírito Santo, Roraima e Distrito Federal.

A explicação está no substancial crescimento do consumo dos insumos, ou, mais especificamente, no crescente consumo de agrotóxicos, cerca de 358% no período de 1996-2006 segundo os dados do Censo Agropecuário do IBGE, o que representa um crescimento de aproximadamente 16% ao ano. De acordo com o dossiê de 2012 da ABRASCO (Associação Brasileira de Saúde Coletiva), em 2008 o Brasil passou a ser o país que mais consome agrotóxico no mundo, o que representa um crescimento no consumo de 190% nos últimos 10 anos.

Também de acordo com esse dossiê, o milho é a segunda cultura que mais utiliza herbicidas, inseticidas, fungicidas, acaricidas e outros (adjuvantes, surfactantes e reguladores), cerca de 15% do consumo total, perdendo apenas para a produção da soja, que consome aproximadamente 40%.

TABELA 13 - Produtividade dos insumos diretos - Brasil e estados em 1996 e 2006.

ESTADO	PRODUTIVIDADE DOS INSUMOS DIRETOS EM 1996	PRODUTIVIDADE DOS INSUMOS DIRETOS EM 2006	TAXA DE CRESCIMENTO DA PRODUTIVIDADE DOS INSUMOS DIRETOS
ACRE	3.352,741528	56,028864	-98,33%
ALAGOAS	560,942593	94,224337	-83,20%
AMAPA	47,818328	3,867321	-91,91%
AMAZONAS	215,632737	539,521048	150,20%
BAHIA	11,304176	17,703567	56,61%
CEARA	179,123917	426,384009	138,04%
DISTRITO FEDERAL	5,099225	6,919064	35,69%
ESPIRITO SANTO	37,229665	27,776107	-25,39%
GOIAS	12,108776	18,210349	50,39%
MARANHÃO	200,455266	71,984033	-64,09%
MATO GROSSO DO SUL	13,809971	13,004271	-5,83%
MATO GROSSO	32,304079	6,039382	-81,30%
MINAS GERAIS	14,196022	11,828407	-16,68%
PARA	383,397667	22,132380	-94,23%
PARAIBA	455,643148	344,326137	-24,43%
PARANA	20,748824	13,419087	-35,33%
PERNAMBUCO	172,796747	288,617894	67,03%
PIAUI	203,542680	56,912115	-72,04%
RIO DE JANEIRO	91,821801	77,890157	-15,17%
RIO GRANDE DO NORTE	255,366846	218,817082	-14,31%
RIO GRANDE DO SUL	24,205807	17,618530	-27,21%
RONDONIA	177,232160	23,620152	-86,67%
RORAIMA	41,413927	58,079859	40,24%
SANTA CATARINA	24,054741	17,125741	-28,81%
SÃO PAULO	16,324371	11,348217	-30,48%
SERGIPE	131,663874	26,182027	-80,11%
TOCANTINS	23,532687	2,004750	-91,48%
BRASIL	18,530700	14,185465	-23,45%

Fonte: Elaboração do próprio autor com base nas fontes indicadas no texto.

Na produtividade do fator de produção energia, os estados que mais se destacaram em 1996 foram, respectivamente, Amazonas, Roraima, Mato Grosso, Tocantins e Maranhão. E em 2006, os estados que apresentaram as melhores produtividades foram: Acre, Roraima, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Amazonas.

Mais uma vez, os resultados parecem estar incoerentes com a lógica esperada e, novamente, parte da justificativa decorre da baixa utilização desses insumos nos estados que produzem pouco milho.

Conforme descrito na tabela sete abaixo, houve taxa de crescimento da produtividade da energia em apenas três Unidades Federativas (Mato Grosso do Sul, Ceará e no Distrito Federal), os demais estados apresentaram uma redução nesta produtividade, o que significa que para a maior parte do Brasil o consumo desse insumo cresceu mais do que a quantidade produzida.

A justificativa para esses estados não apresentarem crescimento na produtividade decorre do fato da distribuição de energia elétrica ter se expandido significativamente a partir de 1997, quando a ANEEL (Agência Nacional de energia elétrica) foi criada. Segundo os dados fornecidos pelo IPEA, de 1997 até 2006 o consumo total de energia elétrica cresceu cerca de 35%. Deduzindo deste consumo a demanda do setor industrial e de serviços e a demanda residencial, os dados apontam para um crescimento de 38,97%.⁶¹

TABELA 14 - Produtividade da energia - Brasil e estados em 1996 e 2006.

ESTADO	PRODUTIVIDADE DA ENERGIA EM 1996	PRODUTIVIDADE DA ENERGIA EM 2006	TAXA DE CRESCIMENTO DA PRODUTIVIDADE DA ENERGIA
ACRE	280,087294	259,360988	-7,40%
ALAGOAS	132,526600	32,998610	-75,10%
AMAPA	148,195200	5,399779	-96,36%
AMAZONAS	659,267368	102,739842	-84,42%
BAHIA	130,886897	10,342917	-92,10%
CEARA	22,588600	23,509865	4,08%
DISTRITO FEDERAL	11,772902	12,036774	2,24%
ESPIRITO SANTO	25,232014	18,376378	-27,17%
GOIAS	53,477147	6,367031	-88,09%
MARANHÃO	313,270479	72,090207	-76,99%
MATO GROSSO DO SUL	132,190939	166,026190	25,60%
MATO GROSSO	375,971733	172,798835	-54,04%
MINAS GERAIS	37,815626	32,282766	-14,63%
PARA	1.519,201090	78,904480	-94,81%
PARAIBA	57,504019	12,456858	-78,34%
PARANA	59,137893	49,940503	-15,55%
PERNAMBUCO	28,433967	16,454208	-42,13%
PIAUI	214,535238	22,921088	-89,32%
RIO DE JANEIRO	45,598869	15,055104	-66,98%
RIO GRANDE DO NORTE	29,306227	17,139679	-41,52%
RIO GRANDE DO SUL	61,214222	32,780211	-46,45%
RONDONIA	267,208024	58,811169	-77,99%
RORAIMA	408,274239	208,318229	-48,98%
SANTA CATARINA	48,118595	31,145559	-35,27%
SÃO PAULO	30,990524	30,847530	-0,46%
SERGIPE	175,890186	42,096841	-76,07%
TOCANTINS	316,620974	41,450307	-86,91%
BRASIL	52,070340	26,741739	-48,64%

Fonte: Elaboração do próprio autor com base nas fontes indicadas no texto.

A produtividade do fator de produção combustível apresentou para o Brasil um valor de 0,34 toneladas de milho por litro em 1996 e os estados que apresentaram um maior nível de produtividade foram, respectivamente, Pará, Espírito Santo, Sergipe, Rondônia e Maranhão.

⁶¹ O IPEA chama esse consumo de energia elétrica como “consumo de outros setores”.

Em 2006, os resultados sugerem que no Brasil a produtividade do combustível foi de 0,37 toneladas por litros. Os estados que apresentaram os melhores resultados foram Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Roraima, Rondônia e Goiás.

Como as demais produtividades parciais calculadas, a produtividade do combustível foi bastante significativa em estados que não tem a tradição na produção de milho e este fato se justifica pelo baixo emprego desse insumo no processo produtivo.

Conforme descrito na tabela abaixo, a taxa de crescimento foi maior, respectivamente, em Roraima, Mato Grosso, Tocantins, Distrito Federal e Goiás. Da mesma forma, a explicação do crescimento de Tocantins, Distrito Federal e é dada pelo “efeito alcance”. Ou seja, um maior grau no crescimento é mais facilmente verificado em lugares que partem de um patamar de produtividade mais baixo.

TABELA 15 - Produtividade do combustível - Brasil e estados em 1996 e 2006.

ESTADO	PRODUTIVIDADE DO COMBUSTÍVEL EM 1996	PRODUTIVIDADE DO COMBUSTÍVEL EM 2006	TAXA DE CRESCIMENTO DA PRODUTIVIDADE DO COMBUSTÍVEL
ACRE	0,321	0,18	-44,71%
ALAGOAS	1,140	0,05	-95,75%
AMAPA	0,652	0,83	27,96%
AMAZONAS	0,131	0,28	114,08%
BAHIA	0,196	0,29	46,92%
CEARA	0,177	0,20	13,20%
DISTRITO FEDERAL	0,126	0,29	127,09%
ESPIRITO SANTO	1,021	0,44	-56,73%
GOIAS	0,248	0,51	106,37%
MARANHÃO	0,663	0,26	-60,37%
MATO GROSSO DO SUL	0,288	0,96	233,26%
MATO GROSSO	0,588	1,12	89,98%
MINAS GERAIS	0,270	0,38	39,41%
PARA	1,489	0,37	-75,25%
PARAIBA	0,302	0,14	-53,96%
PARANA	0,363	0,40	11,26%
PERNAMBUCO	0,304	0,07	-75,82%
PIAUI	0,462	0,11	-77,25%
RIO DE JANEIRO	0,973	0,71	-27,45%
RIO GRANDE DO NORTE	0,671	0,10	-85,32%
RIO GRANDE DO SUL	0,549	0,31	-43,27%
RONDONIA	0,706	0,77	9,61%
RORAIMA	0,152	0,76	400,15%
SANTA CATARINA	0,544	0,23	-58,13%
SÃO PAULO	0,276	0,34	22,36%
SERGIPE	0,968	0,11	-88,26%
TOCANTINS	0,113	0,28	148,74%
BRASIL	0,334	0,37	9,64%

Fonte: Elaboração do próprio autor com base nas fontes indicadas no texto.

CONCLUSÕES

O levantamento feito da literatura dentro do Brasil indica que, independentemente da metodologia empregada (Índice de Tornqvist, Malmquist, Fisher bilateral, EKS, pela estimação econométrica ou contabilidade do crescimento), o que se verifica é um crescimento da produtividade total dos fatores na agricultura brasileira, sobretudo nos últimos anos.

A literatura também aponta para um destaque da PTF nos estados do Mato Grosso do Sul, São Paulo e Paraná. E, na maioria desses trabalhos o que se verifica é que a produtividade total dos fatores é explicada, em grande parte, pela educação, pesquisa e crédito.

Quanto ao principal país produtor de milho no mundo, os Estados Unidos da América, dados da USDA apontam para um crescimento de 1,52% a.a. entre o período de 1948/2009, sendo esse crescimento maior nos últimos anos, 3,86% a.a. entre 2007/2009. Ou seja, assim como no Brasil, na agricultura Norte-Americana a PTF tem apresentado tendência à aceleração no seu crescimento nos últimos anos.

Há um extenso material bibliográfico internacional que busca estudar a PTF para um grupo de países. De forma geral, esses estudos utilizam os dados da FAO e, a partir deles, calculam a produtividade total dos fatores. As principais metodologias utilizadas são o índice Malmquist e a contabilidade do crescimento e os resultados encontrados não são unânimes quanto à direção de crescimento da PTF na agricultura desses países.

Autores como Coelli e Prasada Rao (2003), Fuglie (2010) e Avila e Evenson (2010) utilizam, respectivamente, as metodologias Malmquist, Tornqvist e a contabilidade do crescimento, e encontram resultado de crescimento da PTF na agricultura dos principais países estudados. Já Fulginiti e Perrin (1993) e (1997) e Trueblood e Coggins (2003) encontram resultados opostos utilizando a metodologia econométrica e o índice de Malmquist.

Contudo, em geral, o que se verifica na literatura internacional é uma tendência ao crescimento maior da produtividade total dos fatores na agricultura dos países desenvolvidos, em função de sua capacidade tecnológica, embora essa diferença de crescimento nos últimos anos esteja sendo reduzida, já que há uma tendência de incremento da PTF na agricultura mundial em razão da disseminação de conhecimento e do desenvolvimento da agropecuária.

A análise do levantamento dessa literatura também nos leva a crer que o desenvolvimento do capital humano, social e tecnológico e a estabilização da atividade

macroeconômica são importantes determinantes para o ganho de produtividade total dos fatores. Isso abre margem para um importante debate a respeito do papel atual das políticas governamentais em países em desenvolvimento, não apenas no setor rural, mas em toda a economia, que é incentivar à educação, pesquisa e desenvolvimento, já que a maior parte do incremento da produtividade decorre dessas variáveis.

Com relação ao posicionamento da agricultura brasileira no ranking mundial, percebe-se que o desempenho da produtividade total dos fatores tem estado acima da média, contudo, ainda encontra-se muito distante de alguns países europeus, Estados Unidos e China.

Quanto ao cálculo sugerido da PTF para a cultura do milho, infelizmente não foi possível chegar a resultados satisfatórios. Acredita-se que a utilização de dados de diversas fontes tenha contribuído sobremaneira para que isto acontecesse. Os Censos Agropecuários não permitem que este tipo de cálculo seja feito para produtos individuais e, em consequência, outras fontes de dados foram utilizadas e, em alguns casos, hipóteses foram necessárias para suprir lacunas nas informações. Além disso, acredita-se que a característica essencialmente heterogênea da cultura escolhida também tenha colaborado para inviabilizar o cálculo. Ao final do estudo verificou-se a impossibilidade de realizar a tarefa inicialmente proposta.

Ressalte-se uma vez mais que grande parte do problema não foi em relação à metodologia empregada, mas sim a falta de dados compatíveis que permitissem esse cálculo.

Nesta dissertação também foi aplicado o cálculo das produtividades parciais na tentativa de ampliar o entendimento sobre o desempenho da produção do milho entre as Unidades Federativas. Contudo, apesar da sua contribuição, a baixa utilização de alguns insumos levou a performances inapropriadas de alguns estados.

Quanto às limitações, a principal delas é a enorme dificuldade empírica relacionada à aplicação dos dados. Os dados deram origem a resultados muito heterogêneos que não permitiram que fossem feitas conclusões razoáveis sobre a produtividade total dos fatores na cultura do milho.

Este estudo não teve a intenção de esgotar a discussão do tema, mas sim de dar início ao debate da necessidade de construção de modelos que busquem calcular a produtividade total dos fatores para culturas específicas. Mais ainda, a intenção foi a de se dar início à discussão de um assunto que parece não ter sido bem explorado na literatura nacional e internacional, que é a análise não apenas da produtividade da agricultura em geral, mas de uma análise mais particular, para poder-se compreender mais completamente a evolução da produção no campo.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Informações técnicas**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/tarifamedia/Default.cfm>>. Acesso em: 02 de fev. 2012.

ARAÚJO, P. F. C., et.al. **O crescimento da agricultura paulista e as instituições de ensino, pesquisa e extensão numa perspectiva de longo prazo**. Relatório final do projeto contribuição da Fapesp à agricultura do Estado de São Paulo. São Paulo: FAPESP, 2002. p. 172.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MILHO. **Um alerta sobre os impactos dos Agrotóxicos na Saúde**. Dossiê, 2012. Disponível em: <<http://www.abrasco.org.br>>. Acesso em: 20 jun. 2012.

_____. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.abimilho.com.br/estatistica>>. Acesso em: 12 jan. 2012 .

ALBERGONI, L.; PELAEZ, V. Da Revolução Verde à agrobiotecnologia: ruptura ou continuidade de paradigmas?. **Revista de Economia**, v. 33, n. 1, 2007.

AVILA, A. F. D.; EVENSON, R. E. Total factor productivity growth in agriculture: the role of technological capital. In: HANDBOOK of Agricultural Economics. Burlington: Academic Press, 2010. p. 3769-3822.

AVILA, A. F. D., & EVENSON, R. E. Total factor productivity growth in brazilian agriculture and the role of agricultural research. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 33., 1995, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SOBER, jul. 1995. v. 1, p. 631–657.

BARROS, A. L. M. **Capital, produtividade e crescimento da agricultura: O Brasil de 1970 a 1995**. 1999. 149f. Tese (Doutorado em Ciências Econômicas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

BRAGA, H.; J., ROSSI. A produtividade total dos fatores de produção na indústria brasileira: 1970/83. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 19, n. 2, 1989.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Estatísticas e dados básicos de Economia Agrícola**, Jul. 2012. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/vegetal/Estatistica/Estat%C3%ADticas%20e>

20Dados%20B%C3%A1sicos%20de%20Economia%20Agr%C3%ADcola/Pasta%20-%20Julho%20%202012.pdf >. Acesso em 20 de julho de 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. **Brasil projeções do agronegócio 2011/2012 a 2021/2022**. Resumo executivo. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em 20 de julho de 2012.

BRIGATTE, H; TEIXEIRA, E, C. Determinantes de Longo Prazo do produto e da Produtividade Total dos Fatores da Agropecuária Brasileira no período 1974-2005. **Revista de Economia e Sociologia Rural (RESR)**. Piracicaba, SP, v. 49, n. 4, p. 815-836, out/dez 2011.

CAVES, D.W.; CHRISTENSEN, L.; DIEWERT, W.E. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity. **Econometrica**, v. 50, n. 6, p. 1393-1414, nov. 1982.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Conjuntura Agropecuária**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1272&t=2>>. Acesso em: 10 dez. 2011.

_____. **Estoques**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=530&t=2>>. Acesso em: 10 jul. 2012.

_____. **Indicadores da Agropecuária**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=543&t=2>>. Acesso em: 10 dez. 2011.

CONTINI E., et. al. Dinamismo da agricultura brasileira. **Revista de política agrícola**, Brasília, ano 19, p. 42-64, 2010. Edição Especial: Aniversário do Mapa – 150 anos.

CHRISTENSEN, L. R. Concepts and measurement of agricultural productivity. **American Journal of Agricultural Economics**, Lexington, v.57, n.5, p.910-15, Dez. 1975.

COELLI, T. J.; PRASADA RAO, D.S. Total Factor Productivity Growth in Agriculture: A Malmquist Index Analysis of 93 Countries, 1980-2000. **Centre for Efficiency and Productivity Analysis**. Working Paper Series. N. 2, Set. 2003.

CUENCA M. A. G., et. al. **Aspectos da cultura do milho**: características e evolução da cultura no estado do Maranhão entre 1990 e 2003. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2005. (Documentos, 85).

CUNHA, A. S.; DAGUER, R. J. Crescimento agrícola: área versus produtividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 20., 1982, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SOBER, jul. 1982.
DENISON, E. The sources of economic growth in the United States and the alternatives before us. **Committee for Economic Development**, New York, 1962.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Embrapa milho e sorgo**. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/>>. Acesso em: 10 dez. 2011.

EVENSON, R. E.; PRAY, C. E.; ROSEGRANT, M. W. Agricultural research and productivity growth in india. **Research Report**, Washington, n. 109, 1999.

FAO. **FAOSTAT**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 08 jan. 2012

FÄRE, R., et. al. Multilateral Productivity Comparisons When Some Outputs are Undesirable: A Nonparametric Approach. **Review of Economics and Statistics**. v. 71, p. 90-98, Fev. 1989.

FÄRE, R., et. al. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. **American Economic Review**, v. 84, n. 1, p. 66-83, mar.1994.

FERREIRA, C. M. C.; Gomes, A. P. **Introdução à Análise Envoltória de Dados: teoria, modelos e aplicações**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2009. 389 p.

FERREIRA, L. R. Sources of Growth in Brazilian Agriculture Revisited: The Crop Sector. International Association of Agricultural Economists. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ECONOMISTS, 21., 1991, Tokyo. **Anais...** Japan, Aug. 1991.

FERREIRA, M. O; RAMOS, L. M.; ROSA, A. L. T. Crescimento da agropecuária cearense: comparação entre as produtividades parciais e total. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.44, n.3, Jul/Set. 2006.

FARREL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of Royal Statistic Society**, v. 120, p. 253-290, 1957. Series A, part 3.

FIGUEIREDO, A. T. Mensuração e análise da produtividade total dos fatores agregada no Brasil: aplicação da abordagem de *bootstrap* ao índice de Malmquist. 2007. 115f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Econômicas) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2007.

FONSECA, R. M. Função de produção para a agricultura e produtividade total dos fatores – Brasil, 1995-96. 2007. 52f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Econômicas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, SP, 2007.

FULGINITI, L.E.; PERRIN, R.K. Prices and Productivity in Agriculture, **Review of Economics and Statistics**, 75, 471-482. Ago. 1993

FULGINITI, L.E.; PERRIN, R.K. LDC agriculture: Nonparametric Malmquist productivity indexes, **Journal of Development Economics**, 53, 373-390. Ago. 1997.

FULGINITI, L.E.; PERRIN, R.K. Agricultural productivity in developing countries, **Journal of Agricultural Economics**, 19, 45-51.fev. 1998.

FUGLIE, K. Total factor productivity in the global agricultural economy: evidence from FAO Data. In: THE SHIFTING Patterns of Agricultural Production and Productivity Worldwide, the Midwest Agribusiness Trade Research and Information Center. Iowa: Iowa State University, 2010. p. 63–95.

GASQUES, José Garcia ; BASTOS, E. T. ; BACCHI, M. R. P. . Produtividade e fontes de crescimento da agricultura brasileira. In: DE NEGRI, João Alberto; KUBOCA, Luiz Cláudio. (Org.). **Políticas de incentivo à inovação tecnológica no Brasil**. Brasília: IPEA, 2008. p. 435-462.

GASQUES, J. G., et. al. Produtividade total dos fatores e transformações da agricultura brasileira: análise dos dados dos censos agropecuários. In: Gasques, J. G.; Vieira Filho, J. E.; Navarro, Z.. (Org.). **A agricultura brasileira: desempenho, desafios e perspectivas**. Brasília: IPEA, 2010. p. 19-64.

GASQUES, J. G., et. al. Condicionantes da produtividade na agropecuária brasileira. **Revista de Política Agrícola**, Ano 13, n. 3, Jul./Set. 2004.

GASQUES, J. G.; CONCEIÇÃO, J. C. P. R. **Crescimento e Produtividade da Agricultura Brasileira**. Brasília: IPEA, jul. 1997. (Texto para Discussão, 502).

_____. **Transformações estruturais da Agricultura Total dos Fatores**. Brasília: IPEA, nov. 2000, (Texto para Discussão, 768).

GASQUES, J.C. e VILLA VERDE. Competitividade de grãos. In: COMPETITIVIDADE de grãos e de cadeias selecionadas do agrobusiness. Brasília: IPEA, jan. 1998 (Texto para Discussão, n. 538).

_____. **Crescimento da agricultura brasileira e política agrícola nos anos oitenta**. Brasília: IPEA, nov 1990 (Texto para Discussão, 204).

HEADEY D.; M. ALAUDDIN,; D.S. PRASADA RAO. Explaining agricultural productivity growth: an international perspective. **Agricultural Economics**, n.4, p.1-14, 2010.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Banco de dados**. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/index.php#>>. Acesso em: 02 de fev. de 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agroecário**. Disponível em: <<ftp://ftp.ibge.gov.br/Estoque>>. Acesso em: 10 de jan. 2011.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Ipeadata**: Macroeconômico. Disponível em; <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 20 de julho de 2012.

JORGENSON, D; GRILICHES, Z. The explanation of productivity change. **The Review of Economic Studies**, London, v. 34, n.3, p. 249-283, 1967.

KRASACHAT, W. **Deforestation and productivity growth in thai agriculture**. Paper presented in the International Symposium on Sustaining Food Security and Managing Natural resources in South East Asia about Challenges for the 21st century, Thailand, 2002.

LEMA, D.; PARELLADA, G. **Productivity and competitive advantage of the argentinean agriculture**: INTA. Buenos Aires: Instituto de Economia y Sociología, 2000.

LUCAS, Robert E. Jr. On the Mechanics of Development Planning. **Journal of Monetary Economics**, New York, v. 22, n. 1, p. 3-42, Jun. 1988.

MACEDO, M. A. S., et. al. Análise do grau de atratividade de fundos de renda fixa: uma abordagem multicriterial da estrutura de oferta utilizando DEA. Contextus. **Revista Contemporânea de Economia e Gestão**, v. 8, n. 1, p. 71-82, Jan./Jun., 2010.

MANKIW, N. Gregory. **Macroeconomia**. São Paulo: LCT, 2004. 379 p.

MENEZES, L. V. Tendências e perspectivas do Mercado internacional. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 10, p. 20-24. Out. 2011.

NGOC QE, N.; GOLETTI, F. Explaining Agricultural Growth in Vietnam. **Agrifood Consulting International**, Jun. 2001.

NIN, A., et. al. Bridging the Gap between Partial and Total Factor Productivity Measures Using Directional Distance Functions. **American Journal of Agricultural Economic**. v. 85, N. 4, p. 928-942, Nov. 2003.

PATRICK, G. F. Fontes de crescimento da agricultura brasileira: o setor de culturas. In: CONTADOR, C. R. **Tecnologia e Desenvolvimento Agrícola**. Rio de Janeiro: IPEA/INPES, 1975, p. 89-110.

PIESE, J.; LUSIGE, A.; SUHARIHANTO, Q.; THIRTLE, C. Multi-factor agricultural productivity and convergence in botswana, 1981–96. **Journal of Development Economics**. v. 71. n. 2. p. 605–624, 2001.

ROMANO, L. O. Productividad Agropecuaria: Evolución, Estado Actual y Tendencias Futuras. Boletim Técnico. **ICA, División Planeación Estratégica**, 1993

ROMER, Paul. Increasing Returns and Long-Run Growth. **Journal of Political Economy**, v. 94, n. 5, p. 1002-1037, out. 1986.

SANT'ANNA, A. P.; OLIVEIRA, C. A. Análise da produtividade do setor odontológico do sistema de saúde da marinha utilizando o índice de Malmquist. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22., 2002, Curitiba. **Anais...** Curitiba, PR: ANEGEP, Out. 2002.

SHAMSUDIN, M. N.; RADAM, A.; ABDLATIF, I. Productivity in the Malaysian Agriculture Sector. In: SEMINAR ON REPOSITIONING THE AGRICULTURE INDUSTRY IN THE NEXT MILLENNIUM, 1999. **Anais...** Department of Agribusiness and Information System. Faculty of Agriculture, UPM, Jul. 1999.

SILVA, N. M. G. da; CESARIO, A. V.; CAVALCANTI, I. R. Relevância do agronegócio para economia brasileira atual. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA, 10., 2007, Paraíba. **Anais...** Paraíba: UFPB; PRG, 2007.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. **Boletim informativo**. Disponível em: < <http://sindiracoes.org.br/produtos-e-servicos/boletim-informativo-do-setor>>. Acesso em: 18 de março de 2012.

_____. **Histórico de grão na alimentação animal**. Disponível em: <<http://sindiracoes.org.br/>>. Acesso em: 18 de março de 2012.

SOLOW, R. Technological change and the aggregate production function. **Review of Economics and Statistics**, Cambridge, v. 39, n. 3, p. 312-320, Aug. 1957.

TRUEBLOOD, M. A., COGGINS J. **Intercountry agricultural efficiency and productivity: A Malmquist Index Approach**. Washington, DC: World Bank, 2003.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Data and Statistics**. Disponível em: <http://www.nass.usda.gov/Data_and_Statistics/index.asp>. Acesso em: 9 de jan. de 2012.

_____. **Publication**. Disponível em: <<http://www.nass.usda.gov/Publications/index.asp>>. Acesso em: 9 de jan. de 2012.

_____. **Economic Research Service (ERS)**. Documentation and Methods. Disponível em: <<http://www.ers.usda.gov/data-products/agricultural-productivity-in-the-us/documentation-and-methods.aspx>>. Acesso em: 16 de jul. de 2012.

VICENTE, J.R. Mudança Tecnológica, eficiência e produtividade total dos fatores na agricultura brasileira, 1970-1995. **Economia Aplicada**, v. 8 , n. 4, p. 729-760, out/dez. 2004.

_____. Comparação de produtividade agrícola entre as Unidades de Federação, 1970-1995. **Agricultura em São Paulo**, v. 53 , n. 2, p. 69-83, 2006.

_____. Produtividade total dos fatores no setor de lavoura da agricultura brasileira. **Revista de Economia e Agronegócio (REA)**, v. 9 , n. 3, p. 303-24, set/dez. 2012.

VICENTE, J.R.; ANEFALOS, L.C.; CASER, D.V. Produtividade agrícola no Brasil, 1970-95. **Agricultura em São Paulo**, v. 48 , n. 2, p. 33-55, 2001.

WEIBE, K. D., SOULE, M. J.; SCIMMELPFENNING, D. E. Agricultural Productivity for Sustainable Food Security in Sub-Saharan Africa. In ZEPEDA, L. (Org.). **Agricultural Investments and Productivity in Developing Countries**. Madison: University of Wisconsin; FAO, 2002. (FAO Economic and Social Development, 148)

ANEXO A – Quantidade produzida do milho em 1996 e 2006 em toneladas e sua taxa de crescimento

TABELA 16 - Quantidade produzida do milho em 1996 e 2006 em toneladas e sua taxa de crescimento

Brasil e unidade de federação	Produção em toneladas em 1996	Produção em toneladas em 2006	Taxa de Crescimento da produção
Acre	28.675	56.612	97,43%
Alagoas	42.408	38.664	-8,83%
Amapá	790	1.530	93,67%
Amazonas	12.770	37.069	190,28%
Bahia	740.214	1.124.206	51,88%
Ceará	384.982	760.231	97,47%
Distrito Federal	105.284	234.242	122,49%
Espírito Santo	138.682	78.377	-43,48%
Goiás	3.403.839	3.297.193	-3,13%
Maranhão	175.485	426.203	142,87%
Mato Grosso	1.514.658	4.228.423	179,17%
Mato Grosso do Sul	1.471.871	2.342.619	59,16%
Minas Gerais	3.329.006	5.152.200	54,77%
Pará	467.413	576.579	23,36%
Paraíba	130.848	156.854	19,87%
Paraná	7.933.209	11.239.987	41,68%
Pernambuco	236.306	195.573	-17,24%
Piauí	153.400	229.533	49,63%
Rio de Janeiro	38.884	25.786	-33,68%
Rio Grande do Norte	70.488	51.647	-26,73%
Rio Grande do Sul	3.028.323	4.528.143	49,53%
Rondônia	166.124	264.430	59,18%
Roraima	14.525	24.000	65,23%
Santa Catarina	2.332.337	2.886.139	23,74%
São Paulo	3.544.100	4.378.380	23,54%
Sergipe	109.845	184.908	68,34%
Tocantins	78.325	142.149	81,49%
Brasil	29.652.791	42.661.677	43,87%

Fonte: IBGE/ Censo agropecuário

ANEXO B – Área colhida de milho em 1996 e 2006 por hectare e sua taxa de crescimento

TABELA 17 - Área colhida de milho em 1996 e 2006 por hectare e sua taxa de crescimento

Brasil e unidade de federação	Área colhida de milho em 1996 (ha)	Área colhida de milho em 2006 (ha)	Taxa de Crescimento da área colhida
Acre	22.817	41.579	82,23%
Alagoas	64.938	107.480	65,51%
Amapá	486	668	37,43%
Amazonas	10.128	16.316	61,10%
Bahia	544.098	725.913	33,42%
Ceará	469.754	947.352	101,67%
Distrito Federal	24.161	20.033	-17,08%
Espírito Santo	54.768	29.522	-46,10%
Goiás	768.086	622.974	-18,89%
Maranhão	287.793	236.361	-17,87%
Mato Grosso	471.246	1.123.795	138,47%
Mato Grosso do Sul	416.684	620.068	48,81%
Minas Gerais	1.204.473	1.093.485	-9,21%
Pará	160.380	122.998	-23,31%
Paraíba	226.436	344.547	52,16%
Paraná	1.945.906	2.028.135	4,23%
Pernambuco	338.551	359.074	6,06%
Piauí	229.613	223.010	-2,88%
Rio de Janeiro	23.741	5.477	-76,93%
Rio Grande do Norte	130.256	93.331	-28,35%
Rio Grande do Sul	1.219.778	1.272.574	4,33%
Rondônia	105.041	66.164	-37,01%
Roraima	11.247	6.900	-38,65%
Santa Catarina	754.966	886.463	17,42%
São Paulo	851.764	584.480	-31,38%
Sergipe	63.346	104.331	64,70%
Tocantins	48.083	36.369	-24,36%
Brasil	10.448.537	11.724.362	12,21%

Fonte: IBGE/ Censo agropecuário

ANEXO C – Quantidade dos fatores de produção utilizados na produção de milho em 1996 e 2006 e sua taxa de crescimento

TABELA 18 - Quantidade de mão-de-obra no milho em 1996 e 2006 e sua taxa de crescimento

Brasil e unidade de federação	Quantidade de mão-de-obra 1996	Quantidade de mão-de-obra em 2006	Taxa de Crescimento da mão-de-obra
Acre	87,13	101,26	16,22%
Alagoas	134,13	194,65	45,11%
Amapá	1,94	30,18	1452,28%
Amazonas	29,29	14,32	-51,12%
Bahia	2.732,93	5.427,05	98,58%
Ceará	7.308,07	2.007,74	-72,53%
Distrito Federal	663,60	854,13	28,71%
Espírito Santo	268,07	217,04	-19,04%
Goiás	9.216,52	4.938,53	-46,42%
Maranhão	696,63	654,76	-6,01%
Mato Grosso	3.515,65	1.423,92	-59,50%
Mato Grosso do Sul	2.126,45	2.594,55	22,01%
Minas Gerais	17.474,25	21.240,41	21,55%
Pará	714,27	1.070,27	49,84%
Paraíba	658,44	686,40	4,25%
Paraná	18.629,45	13.278,89	-28,72%
Pernambuco	1.304,09	1.068,85	-18,04%
Piauí	671,45	807,60	20,28%
Rio de Janeiro	205,10	145,55	-29,04%
Rio Grande do Norte	367,86	373,47	1,52%
Rio Grande do Sul	3.476,62	12.395,21	256,53%
Rondônia	174,79	221,97	26,99%
Roraima	231,26	85,19	-63,17%
Santa Catarina	2.834,25	6.075,99	114,38%
São Paulo	15.780,74	12.813,84	-18,80%
Sergipe	238,00	757,59	218,32%
Tocantins	362,01	342,22	-5,47%
Brasil	89.902,99	89.821,55	-0,09%

Fonte: Elaboração do próprio autor com base nas fontes indicadas no texto.

TABELA 19 - Quantidade de tratores na produção de milho em 1996 e 2006 e sua taxa de crescimento

Brasil e unidade de federação	Número de tratores em 1996	Número de tratores em 2006	Taxa de Crescimento do número de tratores
Acre	12	13	8,33%
Alagoas	31	51	64,52%
Amapá	1	12	1100,00%
Amazonas	1	4	300,00%
Bahia	828	1833	121,38%
Ceará	260	797	206,54%
Distrito Federal	269	208	-22,68%
Espírito Santo	78	104	33,33%
Goiás	4.047	2215	-45,27%
Maranhão	62	155	150,00%
Mato Grosso	1.585	762	-51,92%
Mato Grosso do Sul	750	1179	57,20%
Minas Gerais	5.153	5910	14,69%
Pará	31	258	732,26%
Paraíba	92	146	58,70%
Paraná	14.819	14444	-2,53%
Pernambuco	257	376	46,30%
Piauí	115	227	97,39%
Rio de Janeiro	45	35	-22,22%
Rio Grande do Norte	127	349	174,80%
Rio Grande do Sul	5.213	8027	53,98%
Rondônia	67	113	68,66%
Roraima	6	6	0,00%
Santa Catarina	4.407	7594	72,32%
São Paulo	9.252	7765	-16,07%
Sergipe	52	471	805,77%
Tocantins	137	207	51,09%
Brasil	47.697	53261	11,67%

Fonte: IBGE/ Censo agropecuário

TABELA 20 - Quantidade de adubos utilizados na produção de milho por toneladas em 1996 e 2006 e sua taxa de crescimento

Brasil e unidade de federação	Quantidade de adubos em 1996 (toneladas)	Quantidade de adubos em 2006 (toneladas)	Taxa de Crescimento dos adubos
Acre	2	1.939	83561,47%
Alagoas	96	1.529	1493,41%
Amapá	6	240	3791,83%
Amazonas	45	33	-27,21%
Bahia	47.945	82.226	71,50%
Ceará	1.522	2.113	38,81%
Distrito Federal	19.292	13.869	-28,11%
Espírito Santo	1.826	1.735	-4,95%
Goiás	224.460	130.915	-41,68%
Maranhão	762	7.319	860,82%
Mato Grosso	78.424	303.085	286,47%
Mato Grosso do Sul	37.442	322.792	762,12%
Minas Gerais	200.254	369.107	84,32%
Pará	144	11.753	8037,00%
Paraíba	112	224	99,00%
Paraná	279.314	538.575	92,82%
Pernambuco	926	1.181	27,60%
Piauí	648	4.819	644,17%
Rio de Janeiro	330	245	-25,73%
Rio Grande do Norte	132	495	274,93%
Rio Grande do Sul	109.536	254.763	132,58%
Rondônia	580	5.120	783,03%
Roraima	331	268	-19,10%
Santa Catarina	87.215	203.787	133,66%
São Paulo	153.301	213.785	39,45%
Sergipe	358	7.267	1927,39%
Tocantins	2.857	51.917	1716,88%
Brasil	1.247.859	2.531.101	102,84%

Fonte: Elaboração do próprio autor com base nas fontes indicadas no texto.

TABELA 21 - Quantidade de fertilizantes utilizados na produção de milho por quilo em 1996 e 2006 e sua taxa de crescimento

Brasil e unidade de federação	Quantidade de fertilizantes em 1996(por Kg)	Quantidade de fertilizantes em 2006 (por Kg)	Taxa de Crescimento dos fertilizantes
Acre	4.912	7.793	58,65%
Alagoas	10.760	20.380	89,40%
Amapá	702	-	-100,00%
Amazonas	9.229	1.825	-80,23%
Bahia	1.084.490	798.419	-26,38%
Ceará	87.240	85.180	-2,36%
Distrito Federal	381.611	301.135	-21,09%
Espírito Santo	48.702	33.080	-32,08%
Goiás	6.215.859	2.346.649	-62,25%
Maranhão	56.083	93.434	66,60%
Mato Grosso	2.588.251	750.485	-71,00%
Mato Grosso do Sul	1.010.423	1.851.790	83,27%
Minas Gerais	4.679.853	6.378.819	36,30%
Pará	179.208	257.474	43,67%
Paraíba	21.686	17.886	-17,52%
Paraná	11.302.044	12.778.916	13,07%
Pernambuco	54.860	44.952	-18,06%
Piauí	20.565	59.569	189,66%
Rio de Janeiro	22.521	5.801	-74,24%
Rio Grande do Norte	21.712	11.072	-49,00%
Rio Grande do Sul	3.694.487	4.716.806	27,67%
Rondônia	49.997	72.839	45,69%
Roraima	8.125	664	-91,83%
Santa Catarina	2.826.608	4.437.806	57,00%
São Paulo	4.793.351	4.402.595	-8,15%
Sergipe	9.630	115.317	1097,47%
Tocantins	90.975	126.988	39,59%
Brasil	39.273.884	7.793	1,13%

Fonte: Elaboração do próprio autor com base nas fontes indicadas no texto.

TABELA 22 - Quantidade de agrotóxicos utilizados na produção de milho por embalagem de 5kg em 1996 e 2006 e sua taxa de crescimento

Brasil e unidade de federação	Quantidade de agrotóxicos em 1996(por embalagem de 5Kg)	Quantidade de agrotóxicos em 2006(por embalagem de 5Kg)	Taxa de Crescimento dos agrotóxicos
Acre	21	2.851	13340,59%
Alagoas	266	3.220	1110,58%
Amapá	13	22	72,12%
Amazonas	132	79	-40,12%
Bahia	74.118	296.579	300,15%
Ceará	9.259	30.914	233,87%
Distrito Federal	26.282	69.506	164,46%
Espírito Santo	2.963	1.981	-33,12%
Goiás	294.616	572.303	94,25%
Maranhão	1.439	26.018	1708,14%
Mato Grosso	131.458	262.133	99,40%
Mato Grosso do Sul	53.165	708.896	1233,39%
Minas Gerais	215.627	1.144.581	430,82%
Pará	710	25.992	3560,58%
Paraíba	2.891	7.120	146,30%
Paraná	547.468	2.677.903	389,14%
Pernambuco	4.346	9.196	111,58%
Piauí	1.414	19.299	1264,71%
Rio de Janeiro	280	446	59,09%
Rio Grande do Norte	1.188	2.615	120,17%
Rio Grande do Sul	119.386	752.224	530,08%
Rondônia	2.493	28.001	1023,00%
Roraima	235	54	-77,11%
Santa Catarina	115.756	635.505	449,00%
São Paulo	183.201	897.352	389,82%
Sergipe	1.002	10.877	985,41%
Tocantins	840	10.816	1187,82%
Brasil	1.790.569	8.196.484	357,76%

Fonte: Elaboração do próprio autor com base nas fontes indicadas no texto.

TABELA 23 - Consumo de energia elétrica utilizados na produção de milho por MWh em 1996 e 2006 e sua taxa de crescimento

Brasil e unidade de federação	Consumo de energia elétrica em 1996 (KWh)	Consumo de energia elétrica em 2006 (KWh)	Taxa de Crescimento de energia elétrica
Acre	99	451	354,75%
Alagoas	508	4.883	861,37%
Amapá	2	172	7017,27%
Amazonas	20	201	916,23%
Bahia	4.555	167.492	3577,51%
Ceará	16.432	67.894	313,19%
Distrito Federal	9.091	10.143	11,58%
Espírito Santo	2.984	2.823	-5,42%
Goiás	55.567	462.983	733,20%
Maranhão	569	8.701	1428,15%
Mato Grosso	9.150	24.825	171,31%
Mato Grosso do Sul	3.532	12.585	256,29%
Minas Gerais	81.484	158.547	94,57%
Pará	91	3.733	4019,02%
Paraíba	2.208	16.521	648,14%
Paraná	111.568	184.127	65,04%
Pernambuco	7.280	29.575	306,23%
Piauí	701	14.510	1969,82%
Rio de Janeiro	738	1.413	91,49%
Rio Grande do Norte	1.858	8.135	337,84%
Rio Grande do Sul	47.135	159.679	238,77%
Rondônia	500	2.648	429,12%
Roraima	36	76	112,39%
Santa Catarina	47.905	131.967	175,47%
São Paulo	88.102	96.773	9,84%
Sergipe	313	4.929	1474,82%
Tocantins	222	2.543	1044,26%
Brasil	489.924	1.581.116	222,73%

Fonte: Elaboração do próprio autor com base nas fontes indicadas no texto.

TABELA 24 - Quantidade de combustíveis utilizados na produção de milho por litro em 1996 e 2006 e sua taxa de crescimento

Brasil e unidade de federação	Quantidade de combustíveis em 1996 (por litros)	Quantidade de combustíveis em 2006 (por litros)	Taxa de Crescimento dos combustíveis
Acre	89.374	319.111	257,05%
Alagoas	37.186	798.334	2046,87%
Amapá	1.212	1.834	51,35%
Amazonas	97.614	132.359	35,59%
Bahia	3.785.596	3.913.203	3,37%
Ceará	2.174.854	3.793.878	74,44%
Distrito Federal	833.390	816.491	-2,03%
Espírito Santo	135.893	177.502	30,62%
Goiás	13.715.316	6.437.740	-53,06%
Maranhão	264.782	1.622.835	512,89%
Mato Grosso	5.116.308	2.443.454	-52,24%
Mato Grosso do Sul	2.574.412	3.782.973	46,95%
Minas Gerais	12.344.317	13.703.646	11,01%
Pará	313.879	1.564.200	398,34%
Paraíba	433.150	1.127.697	160,35%
Paraná	21.857.935	27.833.811	27,34%
Pernambuco	776.401	2.657.537	242,29%
Piauí	332.124	2.183.996	557,58%
Rio de Janeiro	39.969	36.535	-8,59%
Rio Grande do Norte	105.058	524.481	399,23%
Rio Grande do Sul	5.516.058	14.538.888	163,57%
Rondônia	235.346	341.781	45,23%
Roraima	95.600	31.583	-66,96%
Santa Catarina	4.284.569	12.662.190	195,53%
São Paulo	12.852.548	12.976.671	0,97%
Sergipe	113.516	1.627.011	1333,28%
Tocantins	694.633	506.812	-27,04%
Brasil	88.821.040	116.556.552	31,23%

Fonte: Elaboração do próprio autor com base nas fontes indicadas no texto.

ANEXO D – Informações sobre importação e exportação de milho no mundo em 2009

TABELA 25 - Informações sobre as importação de milho em 2009.

Classificação	País	Quantidade importada (toneladas)	Valor das Importações (em mil dólares)	Valor Unitário (\$/ton)	Participação na quantidade importada	Participação no valor das importações
1	Japão	3.709.510	16.192.600	229	17%	17%
2	República da Coreia	1.637.990	7.334.320	223	7%	8%
3	México	1.436.750	7.260.620	198	6%	8%
4	China	975.989	4.676.032	209	4%	5%
5	Espanha	930.467	4.049.130	230	4%	4%
6	Egito	833.724	1.935.440	431	4%	2%
7	Holanda	770.131	3.146.330	245	3%	3%
8	Colômbia	671.171	3.245.040	207	3%	3%
9	Irã	652.278	3.735.010	175	3%	4%
10	Alemanha	620.698	1.963.720	316	3%	2%
11	Malásia	567.636	2.628.050	216	3%	3%
12	Itália	499.810	2.202.370	227	2%	2%
13	Quênia	439.246	1.508.410	291	2%	2%
14	Argélia	407.494	1.994.810	204	2%	2%
15	Canadá	391.991	1.948.680	201	2%	2%
16	Arábia Saudita	377.929	1.544.640	245	2%	2%
17	Síria	366.919	2.062.790	178	2%	2%
18	Marrocos	357.385	1.703.700	210	2%	2%
19	França	332.917	345.820	963	1%	0%
20	Peru	324.101	1.510.520	215	1%	2%
Total		16.304.136	70.988.032		73%	74%
Total do Mundo		22.419.884	95.396.056			

Fonte: FAO

TABELA 26 - Informações sobre as Exportações de milho em 2009.

Classificação	País	Quantidade exportada (toneladas)	Valor das exportações (em mil dólares)	Valor Unitário (\$/ton)	Participação na quantidade exportada	Participação no valor das exportações
1	Estados Unidos	9.086.410	47.813.400	190	45,66%	47,61%
2	França	1.847.590	6.733.150	274	9,28%	6,71%
3	Argentina	1.612.530	8.535.940	189	8,10%	8,50%
4	Brasil	1.302.150	7.781.900	167	6,54%	7,75%
5	Ucrânia	1.012.750	7.178.630	141	5,09%	7,15%
6	Hungria	849.909	4.176.160	204	4,27%	4,16%
7	Índia	527.884	2.600.820	203	2,65%	2,59%
8	África do Sul	453.462	1.659.660	273	2,28%	1,65%
9	România	347.678	1.686.410	206	1,75%	1,68%
10	Sérvia	288.129	1.602.070	180	1,45%	1,60%
11	Tailândia	242.919	1.081.040	225	1,22%	1,08%
12	Paraguai	234.162	1.868.900	125	1,18%	1,86%
13	Alemanha	201.399	687.280	293	1,01%	0,68%
14	Chile	195.369	76.663	2.548	0,98%	0,08%
15	Rússia	188.278	1.358.030	139	0,95%	1,35%
16	Áustria	150.634	455.298	331	0,76%	0,45%
17	Holanda	120.985	242.953	498	0,61%	0,24%
18	Eslováquia	118.399	343.957	344	0,59%	0,34%
19	Bulgária	98.794	572.003	173	0,50%	0,57%
20	Canadá	96.725	232.056	173	0,49%	0,23%
Total		18.976.156	96.686.320		94,86%	96,06%
Total do Mundo		19.902.290	100.417.030			

Fonte: FAO

ANEXO E - Dados responsáveis pela formação do índice que converteu o custo de produção em quantidade.

TABELA 27 -IPA-DI – Máquinas e Equipamentos- índice (ago. 1994 = 100) em 1996.

Mês	Ano	Índice
01	1996	122,369
02	1996	122,318
03	1996	122,944
04	1996	122,718
05	1996	122,323
06	1996	122,141
07	1996	122,934
08	1996	122,52
09	1996	122,737
10	1996	122,595
11	1996	124,669
12	1996	122,263
Média	1996	122,7943

Fonte: FGV através do IPEADATA

TABELA 28 - IPA-DI - Máquinas e Equipamentos - índice (ago. 1994 = 100) em 2006.

Mês	Ano	Índice
01	2006	307,177
02	2006	306,635
03	2006	306,829
04	2006	306,79
05	2006	307,046
06	2006	308,007
07	2006	310,772
08	2006	310,966
09	2006	311,343
10	2006	310,927
11	2006	311,061
12	2006	312,214
Média	2006	309,1473

Fonte: FGV através do IPEADATA

TABELA 29 - Tarifas Médias por Classe de Consumo e por região em 1996 por MWh.

Classe de Consumo	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro - Oeste
Residencial	115,07	101,3	108,06	104,16	105,99
Industrial	27,75	46,62	52,86	61,84	57,45
Comercial	117,41	98,1	98,08	101,31	101,42
Rural	82,56	62,6	64,22	58,64	64,62
Poder Público	112,93	100,62	93,62	103,37	99,95
Iluminação Pública	68,49	63	59,98	57,04	59,28
Serviço Público	70,88	60,54	54,83	65,38	52,96
Consumo Próprio	115,85	101,3	47,19	70,56	106,84
Tarifa Média Total	51,75	72,98	75,32	79,89	86,64

Fonte: ANEEL

TABELA 30 - Tarifas Médias por Classe de Consumo e por região em 2006 por MWh.

Classe de Consumo	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro - Oeste
Residencial	286,66	271,12	304,55	287,63	297,27
Industrial	224,46	204,57	211,83	196,17	221,64
Comercial	289,63	288,18	273,03	257,65	282,99
Rural	208,08	172,9	195,86	151,41	192,05
Poder Público	302,61	309,87	286,06	277,31	293,14
Iluminação Pública	165,54	170,96	169,28	149,38	161,37
Serviço Público	193,3	178,38	190,45	180,54	183,63
Consumo Próprio	292,96	299,74	302,3	248,9	302,09
Tarifa Média Total	262,78	245,42	259,04	227,59	259,33

Fonte: ANEEL

TABELA 31 - Salários Rurais - Remuneração do mensalista em São Paulo em 1996.

Produto	Unidade	Município	Ano	Mês	Menor	Maior	Médio	Moda	Mediana
Mensalista	R\$	Andradina	1996	4	120	200	158,46	150	150
Mensalista	R\$	Aracatuba	1996	4	120	210	170	210	180
Mensalista	R\$	Araraquara	1996	4	125	250	177,08	200	180
Mensalista	R\$	Assis	1996	4	125	250	172,6	180	180
Mensalista	R\$	Avare	1996	4	100	220	166,36	150	180
Mensalista	R\$	Barretos	1996	4	135	300	181,56	200	183
Mensalista	R\$	Bauru	1996	4	100	230	133,57	100	130
Mensalista	R\$	Botucatu	1996	4	120	250	192,73	200	200
Mensalista	R\$	Brg.Paulista	1996	4	100	300	150,88	100	125
Mensalista	R\$	Campinas	1996	4	100	250	169,62	150	150
Mensalista	R\$	Catanduva	1996	4	100	250	191,11	200	200
Mensalista	R\$	Dracena	1996	4	100	210	144,8	150	150
Mensalista	R\$	Fernandópolis	1996	4	150	250	166,36	150	150
Mensalista	R\$	Franca	1996	4	100	200	156,15	150	150
Mensalista	R\$	Gen.Salgado	1996	4	100	260	153	150	150
Mensalista	R\$	Guaratingueta	1996	4	100	150	117,35	100	100
Mensalista	R\$	Itapetininga	1996	4	105	200	162,69	200	170
Mensalista	R\$	Itapeva	1996	4	100	150	130,38	150	140
Mensalista	R\$	Jaboticabal	1996	4	140	300	198,46	180	180
Mensalista	R\$	Jales	1996	4	130	240	160,5	150	150
Mensalista	R\$	Jau	1996	4	116	300	173,85	156	156
Mensalista	R\$	Limeira	1996	4	140	454,5	210,38	200	200
Mensalista	R\$	Lins	1996	4	100	150	135,77	150	140
Mensalista	R\$	Marília	1996	4	110	200	126,58	120	120
Mensalista	R\$	Mogi das Cruzes	1996	4	100	225	137,5	100	125
Mensalista	R\$	Mogi-Mirim	1996	4	120	250	155	150	140
Mensalista	R\$	Orlandia	1996	4	100	250	166,67	150	150
Mensalista	R\$	Ouro Preto	1996	4	100	200	127,31	112	117,5
Mensalista	R\$	Pindamonhangaba	1996	4	100	190	128,16	150	125
Mensalista	R\$	Piracicaba	1996	4	100	225	166,54	150	168,47
Mensalista	R\$	Pres.Prudente	1996	4	120	200	153	150	150
Mensalista	R\$	Pres.Venceslau	1996	4	100	200	144	150	150
Mensalista	R\$	Registro	1996	4	100	210	146,45	150	150
Mensalista	R\$	Rib.Preto	1996	4	100	300	174,69	150	170
Mensalista	R\$	S.J.Boa Vista	1996	4	100	220	134,67	120	120
Mensalista	R\$	S.J.Rio Preto	1996	4	100	280	173,87	200	180
Mensalista	R\$	Sao Paulo	1996	4	100	320	156,52	150	150
Mensalista	R\$	Sorocaba	1996	4	112	250	180,71	200	180
Mensalista	R\$	Tupa	1996	4	100	150	128,33	150	130
Mensalista	R\$	Votuporanga	1996	4	120	180	156,36	150	150
Média							158,25		

Fonte: Instituto de Economia Agrícola, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

TABELA 32 - Salários Rurais - Remuneração do mensalista em São Paulo em 2006.

Produto	Unidade	Município	Ano	Mês	Menor	Maior	Médio	Moda	Mediana
Mensalista	R\$	Andradina	2006	4	300	650	442,31	450	450
Mensalista	R\$	Aracatuba	2006	4	350	600	431,33	400	400
Mensalista	R\$	Araraquara	2006	4	310	600	407,78	380	380
Mensalista	R\$	Assis	2006	4	300	500	378,31	400	380
Mensalista	R\$	Avare	2006	4	350	480	385	350	370
Mensalista	R\$	Barretos	2006	4	300	560	438,39	450	417,92
Mensalista	R\$	Bauru	2006	4	300	420	346,67	350	350
Mensalista	R\$	Botucatu	2006	4	350	600	426,82	350	385
Mensalista	R\$	Brg.Paulista	2006	4	300	400	349,41	350	350
Mensalista	R\$	Campinas	2006	4	300	600	419,29	350	365
Mensalista	R\$	Catanduva	2006	4	330,3	450	403,2	450	400
Mensalista	R\$	Dracena	2006	4	350	500	381,7	350	355
Mensalista	R\$	Fernandópolis	2006	4	350	600	436,67	500	425
Mensalista	R\$	Franca	2006	4	350	600	407,31	350	350
Mensalista	R\$	Gen.Salgado	2006	4	320	650	446,19	400	410
Mensalista	R\$	Guaratingueta	2006	4	300	450	358,89	350	350
Mensalista	R\$	Itapetininga	2006	4	300	500	396,25	400	400
Mensalista	R\$	Itapeva	2006	4	300	700	380	300	350
Mensalista	R\$	Jaboticabal	2006	4	350	500	407,31	420	400
Mensalista	R\$	Jales	2006	4	300	640	429,09	350	410
Mensalista	R\$	Jau	2006	4	300	596	418,73	350	400
Mensalista	R\$	Limeira	2006	4	350	500	411	400	400
Mensalista	R\$	Lins	2006	4	300	450	382,08	450	380
Mensalista	R\$	Marília	2006	4	300	400	353,92	350	350
Mensalista	R\$	Mogi das Cruzes	2006	4	300	480	413	480	465
Mensalista	R\$	Mogi-Mirim	2006	4	350	500	381,25	350	350
Mensalista	R\$	Orlandia	2006	4	378	600	502,1	600	500
Mensalista	R\$	Ourinhos	2006	4	300	525	378,82	350	360
Mensalista	R\$	Pindamonhangaba	2006	4	300	600	380,28	300	350
Mensalista	R\$	Piracicaba	2006	4	350	500	427,5	500	425
Mensalista	R\$	Pres.Prudente	2006	4	340	500	414,64	400	400
Mensalista	R\$	Pres.Venceslau	2006	4	300	600	387,27	400	360
Mensalista	R\$	Rib.Preto	2006	4	300	600	447,89	450	450
Mensalista	R\$	S.J.Boa Vista	2006	4	300	530	360	350	350
Mensalista	R\$	S.J.Rio Preto	2006	4	312	600	420,58	450	418,44
Mensalista	R\$	Sao Paulo	2006	4	350	380	357,5	350	350
Mensalista	R\$	Sorocaba	2006	4	300	500	371,67	300	375
Mensalista	R\$	Tupa	2006	4	300	401,5	363,19	350	350
Mensalista	R\$	Votuporanga	2006	4	350	550	432,73	450	450
Média							401,95		

Fonte: Instituto de Economia Agrícola, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

TABELA 33 - Preço da uréia em tonelada em São Paulo em 1996.

Produto	Mês	Ano	Moeda	Preço	Unidade
Ureia	1	1996	R\$	439,17	tonelada
Ureia	2	1996	R\$	437,69	tonelada
Ureia	3	1996	R\$	437,83	tonelada
Ureia	4	1996	R\$	443,68	tonelada
Ureia	5	1996	R\$	458,92	tonelada
Ureia	6	1996	R\$	463,65	tonelada
Ureia	7	1996	R\$	445,6	tonelada
Ureia	8	1996	R\$	477,7	tonelada
Ureia	9	1996	R\$	489,27	tonelada
Ureia	10	1996	R\$	491,43	tonelada
Ureia	11	1996	R\$	490,42	tonelada
Ureia	12	1996	R\$	484,28	tonelada
Ureia	Média	1996	R\$	463,30	tonelada

Fonte: Instituto de Economia Agrícola, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

TABELA 34 - Preço da uréia em tonelada em São Paulo em 2006.

Produto	Mês	Ano	Moeda	Preço	Unidade
Ureia	1	2006	R\$	1.179,62	tonelada
Ureia	2	2006	R\$	1.160,11	tonelada
Ureia	3	2006	R\$	1.126,40	tonelada
Ureia	4	2006	R\$	1.131,59	tonelada
Ureia	5	2006	R\$	1.150,22	tonelada
Ureia	6	2006	R\$	1.184,72	tonelada
Ureia	7	2006	R\$	1.163,20	tonelada
Ureia	8	2006	R\$	1.133,92	tonelada
Ureia	9	2006	R\$	1.120,91	tonelada
Ureia	10	2006	R\$	1.089,93	tonelada
Ureia	11	2006	R\$	1.094,26	tonelada
Ureia	12	2006	R\$	1.113,22	tonelada
Ureia	Média	2006	R\$	1137,34	tonelada

Fonte: Instituto de Economia Agrícola, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

TABELA 35 - Preço do calcário dolomítico em tonelada em São Paulo em 1996.

Produto	Mês	Ano	Moeda	Preço	Unidade
Calcário dolomítico	1	1996	R\$	14,7	tonelada
Calcário dolomítico	2	1996	R\$	14,7	tonelada
Calcário dolomítico	3	1996	R\$	14,7	tonelada
Calcário dolomítico	4	1996	R\$	14,7	tonelada
Calcário dolomítico	5	1996	R\$	14,7	tonelada
Calcário dolomítico	6	1996	R\$	14,7	tonelada
Calcário dolomítico	7	1996	R\$	14,7	tonelada
Calcário dolomítico	8	1996	R\$	14,7	tonelada
Calcário dolomítico	9	1996	R\$	14,7	tonelada
Calcário dolomítico	10	1996	R\$	14,7	tonelada
Calcário dolomítico	11	1996	R\$	14,7	tonelada
Calcário dolomítico	12	1996	R\$	14,7	tonelada
Calcário dolomítico	Média	1996	R\$	14,7	tonelada

Fonte: Instituto de Economia Agrícola, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

TABELA 36 - Preço do calcário dolomítico em tonelada em São Paulo em 2006.

Produto	Mês	Ano	Moeda	Preço	Unidade
Calcário dolomítico	1	2006	R\$	33	tonelada
Calcário dolomítico	2	2006	R\$	33	tonelada
Calcário dolomítico	3	2006	R\$	33	tonelada
Calcário dolomítico	4	2006	R\$	33	tonelada
Calcário dolomítico	5	2006	R\$	33	tonelada
Calcário dolomítico	6	2006	R\$	33	tonelada
Calcário dolomítico	7	2006	R\$	30	tonelada
Calcário dolomítico	8	2006	R\$	30	tonelada
Calcário dolomítico	9	2006	R\$	30	tonelada
Calcário dolomítico	10	2006	R\$	30	tonelada
Calcário dolomítico	11	2006	R\$	28	tonelada
Calcário dolomítico	12	2006	R\$	28	tonelada
Calcário dolomítico	Média	2006	R\$	31,17	tonelada

Fonte: Instituto de Economia Agrícola, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

TABELA 37 - Preço do formulado 04-20-20 em tonelada em São Paulo em 1996.

Produto	Mês	Ano	Moeda	Preço	Unidade
Formulado 04-14-08	1	1996	R\$	246,23	tonelada
Formulado 04-14-08	2	1996	R\$	246,02	tonelada
Formulado 04-14-08	3	1996	R\$	245,87	tonelada
Formulado 04-14-08	4	1996	R\$	247,4	tonelada
Formulado 04-14-08	5	1996	R\$	250,47	tonelada
Formulado 04-14-08	6	1996	R\$	257	tonelada
Formulado 04-14-08	7	1996	R\$	256,35	tonelada
Formulado 04-14-08	8	1996	R\$	267,91	tonelada
Formulado 04-14-08	9	1996	R\$	268,41	tonelada
Formulado 04-14-08	10	1996	R\$	264,2	tonelada
Formulado 04-14-08	11	1996	R\$	263,24	tonelada
Formulado 04-14-08	12	1996	R\$	263,38	tonelada
Formulado 04-20-20	Média	1996	R\$	256,37	tonelada

Fonte: Instituto de Economia Agrícola, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

TABELA 38 - Preço do formulado 04-20-20 em tonelada em São Paulo em 2006.

Produto	Mês	Ano	Moeda	Preço	Unidade
Formulado 04-14-08	1	2006	R\$	709,47	tonelada
Formulado 04-14-08	2	2006	R\$	704,48	tonelada
Formulado 04-14-08	3	2006	R\$	691,21	tonelada
Formulado 04-14-08	4	2006	R\$	676,11	tonelada
Formulado 04-14-08	5	2006	R\$	666,15	tonelada
Formulado 04-14-08	6	2006	R\$	687,8	tonelada
Formulado 04-14-08	7	2006	R\$	689,8	tonelada
Formulado 04-14-08	8	2006	R\$	687,99	tonelada
Formulado 04-14-08	9	2006	R\$	702,82	tonelada
Formulado 04-14-08	10	2006	R\$	711,44	tonelada
Formulado 04-14-08	11	2006	R\$	695,29	tonelada
Formulado 04-14-08	12	2006	R\$	694,47	tonelada
Formulado 04-14-08	Média	2006	R\$	693,09	tonelada

Fonte: Instituto de Economia Agrícola, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

TABELA 39 - Preço da semente de milho por quilo em São Paulo em 1996.

Produto	Mês	Ano	Moeda	Preço	Unidade
Semente de Milho	1	1996	R\$	2,33	kg
Semente de Milho	2	1996	R\$	2,36	kg
Semente de Milho	3	1996	R\$	2,37	kg
Semente de Milho	4	1996	R\$	2,42	kg
Semente de Milho	5	1996	R\$	2,39	kg
Semente de Milho	6	1996	R\$	2,37	kg
Semente de Milho	7	1996	R\$	2,36	kg
Semente de Milho	8	1996	R\$	2,5	kg
Semente de Milho	9	1996	R\$	2,52	kg
Semente de Milho	10	1996	R\$	2,51	kg
Semente de Milho	11	1996	R\$	2,5	kg
Semente de Milho	12	1996	R\$	2,52	kg
Semente de Milho	Média	1996	R\$	2,43	kg

Fonte: Instituto de Economia Agrícola, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

TABELA 40 - Preço da semente de milho por quilo em São Paulo em 2006.

Produto	Mês	Ano	Moeda	Preço	Unidade
Semente de Milho	1	2006	R\$	6,34	kg
Semente de Milho	2	2006	R\$	6,34	kg
Semente de Milho	3	2006	R\$	5,64	kg
Semente de Milho	4	2006	R\$	5,55	kg
Semente de Milho	5	2006	R\$	5,55	kg
Semente de Milho	6	2006	R\$	5,52	kg
Semente de Milho	7	2006	R\$	5,52	kg
Semente de Milho	8	2006	R\$	5,57	kg
Semente de Milho	9	2006	R\$	5,58	kg
Semente de Milho	10	2006	R\$	5,91	kg
Semente de Milho	11	2006	R\$	5,95	kg
Semente de Milho	12	2006	R\$	6,36	kg
Semente de Milho	Média	2006	R\$	5,82	kg

Fonte: Instituto de Economia Agrícola, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

TABELA 41 - Preço do round up embalagem de 5 litros em São Paulo em 1996.

Produto	Mês	Ano	Moeda	Preço	Unidade
Round Up	1	1996	R\$	53,12	5 litros
Round Up	2	1996	R\$	53,41	5 litros
Round Up	3	1996	R\$	53,7	5 litros
Round Up	4	1996	R\$	53,7	5 litros
Round Up	5	1996	R\$	52,56	5 litros
Round Up	6	1996	R\$	53,06	5 litros
Round Up	7	1996	R\$	54,72	5 litros
Round Up	8	1996	R\$	54,56	5 litros
Round Up	9	1996	R\$	55,24	5 litros
Round Up	10	1996	R\$	54,9	5 litros
Round Up	11	1996	R\$	54,01	5 litros
Round Up	12	1996	R\$	54,23	5 litros
Round Up	Média	1996	R\$	53,93	5 litros

Fonte: Instituto de Economia Agrícola, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

TABELA 42 - Preço do round up embalagem de 5 litros em São Paulo em 2006.

Produto	Mês	Ano	Moeda	Preço	Unidade
Round Up	1	2006	R\$	70,58	5 litros
Round Up	2	2006	R\$	70,3	5 litros
Round Up	3	2006	R\$	67,49	5 litros
Round Up	4	2006	R\$	68,99	5 litros
Round Up	5	2006	R\$	68,32	5 litros
Round Up	6	2006	R\$	68,64	5 litros
Round Up	7	2006	R\$	69,72	5 litros
Round Up	8	2006	R\$	69,06	5 litros
Round Up	9	2006	R\$	69,36	5 litros
Round Up	10	2006	R\$	67,03	5 litros
Round Up	11	2006	R\$	69,63	5 litros
Round Up	12	2006	R\$	73,45	5 litros
Round Up	Média	2006	R\$	69,38	5 litros

Fonte: Instituto de Economia Agrícola, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

TABELA 43 - Preço da Gasolina por litro em São Paulo em 1996.

Produto	Mês	Ano	Moeda	Preço	Unidade
Gasolina	1	1996	R\$	0,59	litro
Gasolina	2	1996	R\$	0,59	litro
Gasolina	3	1996	R\$	0,59	litro
Gasolina	4	1996	R\$	0,65	litro
Gasolina	5	1996	R\$	0,65	litro
Gasolina	6	1996	R\$	0,66	litro
Gasolina	7	1996	R\$	0,67	litro
Gasolina	8	1996	R\$	0,67	litro
Gasolina	9	1996	R\$	0,67	litro
Gasolina	10	1996	R\$	0,67	litro
Gasolina	11	1996	R\$	0,67	litro
Gasolina	12	1996	R\$	0,73	litro
Gasolina	Média	1996	R\$	0,65	litro

Fonte: Instituto de Economia Agrícola, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

TABELA 44 - Preço da Gasolina por litro em São Paulo em 2006.

Produto	Mês	Ano	Moeda	Preço	Unidade
Gasolina	1	2006	R\$	2,38	litro
Gasolina	2	2006	R\$	2,39	litro
Gasolina	3	2006	R\$	2,44	litro
Gasolina	4	2006	R\$	2,44	litro
Gasolina	5	2006	R\$	2,5	litro
Gasolina	6	2006	R\$	2,48	litro
Gasolina	7	2006	R\$	2,47	litro
Gasolina	8	2006	R\$	2,48	litro
Gasolina	9	2006	R\$	2,48	litro
Gasolina	10	2006	R\$	2,47	litro
Gasolina	11	2006	R\$	2,46	litro
Gasolina	12	2006	R\$	2,45	litro
Gasolina	Média	2006	R\$	2,45	litro

Fonte: Instituto de Economia Agrícola, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

TABELA 45 - Preço do óleo diesel por litro em São Paulo em 1996.

Produto	Mês	Ano	Moeda	Preço	Unidade
Óleo diesel	1	1996	R\$	0,38	litro
Óleo diesel	2	1996	R\$	0,38	litro
Óleo diesel	3	1996	R\$	0,38	litro
Óleo diesel	4	1996	R\$	0,38	litro
Óleo diesel	5	1996	R\$	0,38	litro
Óleo diesel	6	1996	R\$	0,38	litro
Óleo diesel	7	1996	R\$	0,38	litro
Óleo diesel	8	1996	R\$	0,38	litro
Óleo diesel	9	1996	R\$	0,38	litro
Óleo diesel	10	1996	R\$	0,38	litro
Óleo diesel	11	1996	R\$	0,38	litro
Óleo diesel	12	1996	R\$	0,39	litro
Óleo diesel	Média	1996	R\$	0,38	litro

Fonte: Instituto de Economia Agrícola, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

TABELA 46 - Preço do óleo diesel por litro em São Paulo em 2006.

Produto	Mês	Ano	Moeda	Preço	Unidade
Óleo diesel	1	2006	R\$	1,91	litro
Óleo diesel	2	2006	R\$	1,92	litro
Óleo diesel	3	2006	R\$	1,92	litro
Óleo diesel	4	2006	R\$	1,92	litro
Óleo diesel	5	2006	R\$	1,93	litro
Óleo diesel	6	2006	R\$	1,93	litro
Óleo diesel	7	2006	R\$	1,93	litro
Óleo diesel	8	2006	R\$	1,93	litro
Óleo diesel	9	2006	R\$	1,92	litro
Óleo diesel	10	2006	R\$	1,92	litro
Óleo diesel	11	2006	R\$	1,92	litro
Óleo diesel	12	2006	R\$	1,93	litro
Óleo diesel	Média	2006	R\$	1,92	litro

Fonte: Instituto de Economia Agrícola, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

TABELA 47 - Preço do óleo lubrificante por litro em São Paulo em 1996.

Produto	Mês	Ano	Moeda	Preço	Unidade
Óleo lubrificante	1	1996	R\$	3,11	litro
Óleo lubrificante	2	1996	R\$	3,11	litro
Óleo lubrificante	3	1996	R\$	3,11	litro
Óleo lubrificante	4	1996	R\$	3,11	litro
Óleo lubrificante	5	1996	R\$	3,11	litro
Óleo lubrificante	6	1996	R\$	3,11	litro
Óleo lubrificante	7	1996	R\$	3,11	litro
Óleo lubrificante	8	1996	R\$	3,11	litro
Óleo lubrificante	9	1996	R\$	3,11	litro
Óleo lubrificante	10	1996	R\$	3,11	litro
Óleo lubrificante	11	1996	R\$	3,11	litro
Óleo lubrificante	12	1996	R\$	3,11	litro
Óleo lubrificante	Média	1996	R\$	3,11	litro

Fonte: Instituto de Economia Agrícola, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

TABELA 48 - Preço do óleo lubrificante por litro em São Paulo em 2006.

Produto	Mês	Ano	Moeda	Preço	Unidade
Óleo lubrificante	1	2006	R\$	9,00	litro
Óleo lubrificante	2	2006	R\$	9,00	litro
Óleo lubrificante	3	2006	R\$	9,00	litro
Óleo lubrificante	4	2006	R\$	9,00	litro
Óleo lubrificante	5	2006	R\$	9,00	litro
Óleo lubrificante	6	2006	R\$	9,00	litro
Óleo lubrificante	7	2006	R\$	9,00	litro
Óleo lubrificante	8	2006	R\$	9,00	litro
Óleo lubrificante	9	2006	R\$	9,00	litro
Óleo lubrificante	10	2006	R\$	9,00	litro
Óleo lubrificante	11	2006	R\$	9,00	litro
Óleo lubrificante	12	2006	R\$	9,33	litro
Óleo lubrificante	Média	2006	R\$	9,03	litro

Fonte: Instituto de Economia Agrícola, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo