



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA – PIMES  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ECONOMIA - COMÉRCIO EXTERIOR E  
RELAÇÕES INTERNACIONAIS**

Poliana Vieira Rodrigues Sales

**“INVESTIMENTOS PÚBLICOS, INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E PRODUTIVIDADE  
NA AGRICULTURA BRASILEIRA: O CASO DAS CULTURAS DE ALGODÃO,  
MILHO, SOJA E TRIGO.”**

Recife-PE, 2012

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE CIENCIAS SOCIAIS APLICADAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA – PIMES  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ECONOMIA - COMÉRCIO EXTERIOR E  
RELAÇÕES INTERNACIONAIS**

Poliana Vieira Rodrigues Sales

**“INVESTIMENTOS PÚBLICOS, INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E PRODUTIVIDADE  
NA AGRICULTURA BRASILEIRA: O CASO DAS CULTURAS DE ALGODÃO,  
MILHO, SOJA E TRIGO.”**

Trabalho de dissertação de mestrado submetido para avaliação da banca examinadora do Programa de Pós Graduação em Economia – PIMES da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre do curso de Economia – área de Comércio Exterior e Relações Internacionais.

**Orientador:** Prof. Dr. Álvaro Barrantes Hidalgo

**Co-Orientador:** Prof. Dr. Ricardo Chaves Lima

Recife-PE, 2012

Catálogo na Fonte  
Bibliotecária Ângela de Fátima Correia Simões, CRB4-773

S163i Sales, Poliana Vieira Rodrigues  
Investimentos públicos, inovação tecnológica e produtividade na agricultura brasileira: o caso das culturas de algodão, milho, soja e trigo / Poliana Vieira Rodrigues Sales. - Recife : O Autor, 2012.  
114 folhas : il. 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Álvaro Barrantes Hidalgo e Co-orientador Prof. Dr. Ricardo Chaves Lima.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCSA. Economia, 2012.  
Inclui bibliografia e apêndice.

1. Agricultura – inovações tecnológicas. 2. Investimentos. 3. Produtividade agrícola. I. Hidalgo, Álvaro Barrantes (Orientador). II. Lima, Ricardo Chaves (Co-orientador). III. Título.

CDD (22.ed.) 338.1 UFPE (CSA 2013 – 028)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE CIENCIAS SOCIAIS APLICADAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA – PIMES  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ECONOMIA - COMÉRCIO EXTERIOR E  
RELAÇÕES INTERNACIONAIS**

Poliana Vieira Rodrigues Sales

**“INVESTIMENTOS PÚBLICOS, INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E PRODUTIVIDADE  
NA AGRICULTURA BRASILEIRA: O CASO DAS CULTURAS DE ALGODÃO,  
MILHO, SOJA E TRIGO.”**

Trabalho de dissertação de mestrado submetido para avaliação da banca examinadora do Programa de Pós Graduação em Economia – PIMES da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE e aprovado em 24 de agosto de 2012.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Álvaro Barrantes Hidalgo  
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE (Orientador)

---

Prof. Dr. Tales Wanderley Vital  
Universidade federal Rural de Pernambuco - UFRPE (Examinador Externo)

---

Prof. Dr. Ricardo Chaves Lima  
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE (Examinador Interno)

Dedico à Embrapa, pela oportunidade de crescimento e realização profissional.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus que me iluminou e guiou nessa caminhada.

À minha pequena-grande família. Obrigada meus amados tios(as), primos(as), cunhados(as), sogro(a) e todos os parentes. Que Deus retribua o apoio especial da mamãe Sueli, papai Flávio, irmãs Sabrina e Flávia e do meu marido Luciano, pela força, paciência e amor incondicional em todos os momentos diários.

Aos colegas da Embrapa que entenderam e aceitaram minhas ausências para a realização deste trabalho. Em especial aos conselheiros Dr. Bonifácio Peixoto Magalhães e Mestre Marina Soares Almeida.

Aos pesquisadores Alexandre Ferreira, Altair T. Machado, Claudete Moreira, Cláudio Karia, Sebastião da Silva Neto e Júlio César Albrecht que me auxiliaram com informações valiosas das culturas estudadas.

Ao meu orientador Prof. Dr. Álvaro Barrantes Hidalgo e Co-Orientador Prof. Dr. Ricardo Chaves Lima, pela disposição na condução dessa dissertação.

A todos aqueles que fizeram parte desse ensinamento, professores do Departamento de Economia (DECON) e do Programa de Pós-Graduação em Economia (PIMES) da Universidade Federal de Pernambuco e colegas que contribuíram para minha formação acadêmica e humana. Em especial ao doutorando Igor Ézio Maciel Silva, que se dispôs dedicadamente a auxiliar-me na condução do banco de dados.

*“O investimento na agricultura é uma condição necessária, se não suficiente, para aumentar a produção e produtividade agrícola e, assim, para garantir a disponibilidade e acessibilidade de alimentos para a população.” (FAO, 1992:2)*

## RESUMO

A agricultura sofreu expressivas transformações estruturais nos últimos 50 anos. Foi a partir da revolução agrícola contemporânea, ocorrida na segunda metade do século XX, que a agricultura teve novos ganhos de produtividade. Desprovida de motorização-mecanização, a Revolução Verde também desenvolveu-se amplamente nos países em desenvolvimento. Algumas teorias e trabalhos empíricos sobre as mudanças tecnológicas buscam explicar o processo de modernização da agricultura, como a Teoria das Inovações Induzidas, que estuda inovações nos setores público e privado, interação entre mudança técnica e desenvolvimento institucional e sequencia dinâmica de mudança técnica e crescimento econômico. O crescimento da produtividade agrícola tem sido reconhecido como chave para o crescimento global. Medir e explicar o crescimento da produtividade na agricultura tem sido foco de muita pesquisa agrícola e desenvolvimento econômico. Este trabalho tem por objetivo examinar a relação entre os investimentos e a produtividade nas importantes culturas da pauta de exportação brasileira: algodão, milho, soja e trigo. Para tanto, foram utilizados dados anuais de 1975 a 2010, fornecidos pela principal instituição pública de Ciência e Tecnologia do Brasil, a Embrapa – Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. Foi usada a técnica de séries temporais com a aplicação do Modelo de Defasagem Distribuída Polinomial de Almon, com polinômios de segundo e terceiro grau, com e sem variável dependente defasada. Os resultados indicaram que os investimentos impactam na produtividade no longo prazo, variando o tempo de maturação em cada uma das culturas estudadas.

**Palavras-Chave:** Modernização da agricultura, Inovações, Investimentos, Produtividade, Modelo de Defasagem Distribuída Polinomial.

## **ABSTRACT**

*Agriculture has undergone significant structural changes in the last 50 years. It was since the contemporary agricultural revolution, in the second half of the twentieth century, that agriculture had new gains in productivity. Devoid of motor-mechanization, the Green Revolution also grew widely in developing countries. Some theories and empirical work on technological changes seek to explain the process of modernization of agriculture, such as the Theory of Induced Innovation, which studies innovation in public and private sectors, the interaction between technical change and institutional development and dynamics sequence of technical change and economic growth . The agricultural productivity growth has been recognized as a key to global growth. Measuring and explaining productivity growth in agriculture has been the focus of many agricultural research and economic development. This thesis aims to examine the relationship between investment and productivity of important crops in Brazilian exports, such as cotton, corn, soybeans and wheat. For this purpose, we used annual data from 1975 to 2010, supplied by the main public institution of Science and Technology of Brazil, Embrapa - Brazilian Agricultural Research Company. We used the technique of temporal series with the implementation of Polynomial Distributed Lag Model of Almon, with polynomials of second and third degree, with and without lagged dependent variable. The results indicated that investments has been impact the productivity in a long term way, by varying the aging time in each of the cultures studied.*

**Keywords:** *Modernization of agriculture, Innovation, Investment, Productivity, Polynomial Distributed Lag Model.*

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Comparação de ganhos de produtividade na agricultura.....	37
Tabela 2.	Mundo: Acordo Multifibras – exportação de têxteis e vestuários, principais países (US\$ bilhões).....	42
Tabela 3.	Principais observações dos modelos de defasagens distribuídas polinomiais – Algodão...	79
Tabela 4.	Resultados do Modelo 1 – Algodão.....	80
Tabela 5.	Principais observações dos modelos de defasagens distribuídas polinomiais – Milho.....	83
Tabela 6.	Resultados do Modelo 2 – Milho.....	84
Tabela 7.	Principais observações dos modelos de defasagens distribuídas polinomiais – Soja.....	86
Tabela 8.	Resultados do Modelo 3 – Soja.....	87
Tabela 9.	Principais observações dos modelos de defasagens distribuídas polinomiais – Trigo.....	89
Tabela 10.	Resultados do Modelo 4 – Trigo.....	90

## ILUSTRAÇÕES

Figura 1.	Brasil: expansão da área de soja e potencial de crescimento de área.....	64
Gráfico 1.	Mundo: fibra de algodão – produção, consumo, estoque final e preços (milhões de toneladas e Usc/kg).....	43
Gráfico 2.	Mundo: fibra de algodão – produção, área colhida e rendimento médio.....	44
Gráfico 3.	Brasil: produção, exportações e importações de fibras de algodão (mil toneladas).....	45
Gráfico 4.	Brasil: produtividade de algodão (kg de fibra por hectare).....	46
Gráfico 5.	Brasil: produção e área colhida de algodão.....	46
Gráfico 6.	Áreas plantadas com algodoeiro no cerrado, em 1.000 hectares, no período de 1980 a 2011.....	48
Gráfico 7.	Produção de pluma de algodão no cerrado, 1.000t, no período de 1981 a 2011.....	48
Gráfico 8.	Produtividade de fibras, em kg/ha, obtidas no Cerrado no período de 1981 a 2011.....	49
Gráfico 9.	Evolução da produção, produtividade e área colhida de algodão em caroço no Brasil – 1976 a 2010.....	50
Gráfico 10.	Evolução da produção, produtividade e área colhida de algodão em caroço na região Centro-Oeste.....	50
Gráfico 11.	Evolução da produção, produtividade e área colhida de algodão em caroço na região Sul/Sudeste.....	51
Gráfico 12.	Evolução da produção, produtividade e área colhida de algodão em caroço na região Norte/Nordeste.....	51
Gráfico 13.	Mundo: produção e consumo de milho (milhões de toneladas).....	55
Gráfico 14.	Brasil: exportações e importações de milho e taxa de câmbio, de 2001 a 2005.....	57
Gráfico 15.	Brasil: participação regional na produção do milho (percentagem).....	57
Gráfico 16.	Mundo: PIB real e demanda por soja em grão (índice, 1979/1980 = 100).....	60
Gráfico 17.	Mundo: distribuição geográfica da produção de soja em grão (milhões de toneladas).....	61
Gráfico 18.	Mundo: perspectiva dos maiores exportadores de soja.....	62
Gráfico 19.	Brasil: exportação de soja em grãos – principais destinos.....	63
Gráfico 20.	Maiores exportadores mundiais de trigo.....	68
Gráfico 21.	Resultados das Defasagens Distribuídas Polinomiais – Algodão.....	80
Gráfico 22.	Resultados das Defasagens Distribuídas Polinomiais – Milho.....	83
Gráfico 23.	Resultados das Defasagens Distribuídas Polinomiais – Soja.....	86
Gráfico 24.	Resultados das Defasagens Distribuídas Polinomiais – Trigo.....	89

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>17</b>
2.1 Inovação induzida na agricultura.....	17
2.2 Pesquisa agrícola e produtividade no mundo.....	23
2.3 Pesquisa agrícola e produtividade no Brasil.....	27
<b>3. ESTUDOS EMPÍRICOS SOBRE INOVAÇÃO E PRODUTIVIDADE.....</b>	<b>31</b>
3.1 Revisão bibliográfica dos estudos empíricos e modelos.....	31
3.2 Índices de Produtividade.....	33
<b>4. EVOLUÇÃO DAS CULTURAS.....</b>	<b>39</b>
4.1 Algodão.....	39
4.1.1 Aspectos agronômicos do algodão.....	40
4.1.2 Cenário internacional do algodão.....	41
4.1.3 Algodão no Brasil.....	45
4.1.4 Cerrado: o sucesso do algodão brasileiro.....	47
4.2 Milho.....	52
4.2.1 Aspectos agronômicos do milho.....	52
4.2.2 Cenário internacional do milho.....	54
4.2.3 Milho no Brasil.....	55
4.3 Soja.....	58
4.3.1 Características agronômicas da soja.....	59
4.3.2 Cenário internacional da soja.....	60
4.3.3 Soja no Brasil.....	62
4.3.4 Soja no Cerrado brasileiro.....	64
4.4 Trigo.....	65
4.4.1 Características agronômicas do trigo.....	66
4.4.2 Cenário internacional do trigo.....	67
4.4.3 Trigo no Brasil.....	69
4.4.4 Trigo no Cerrado brasileiro.....	70
<b>5. METODOLOGIA.....</b>	<b>72</b>
5.1 Descrição dos dados.....	72
5.2 Modelo Econométrico.....	74
5.3 Estratégia empírica.....	75
<b>6. DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>78</b>
6.1 Algodão.....	79
6.2 Milho.....	83
6.3 Soja.....	85
6.4 Trigo.....	88
<b>7. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>92</b>
<b>8. REFERÊNCIAS</b>	
<b>9. APÊNDICES</b>	

## 1. INTRODUÇÃO

Com aproximadamente seis bilhões de seres humanos no princípio de século XXI, o Planeta conta com milhões de pessoas que vivem na pobreza, vítimas de subnutrição, sem dispor de alimentos suficientes nem mesmo para cobrir suas necessidades energéticas básicas. Esse quadro, divulgado pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura - FAO demonstra a importância da agricultura para o mundo, como um segmento da economia responsável pela geração de emprego e renda de grande parte da população.

A existência de desigualdades entre as diferentes agriculturas no mundo é clara. Conforme relatam Mazoyer e Roudart (2010), a revolução agrícola contemporânea, desenvolvida por uma minoria de agricultores dos países desenvolvidos e de alguns países em desenvolvimento, multiplicou de maneira enorme essas desigualdades. Essa revolução, ocorrida no decorrer da segunda metade do século XX, foi responsável pela elevada motorização-mecanização, seleção de variedades de plantas e de raças de animais com forte potencial de rendimento, ampla utilização de fertilizantes, dos alimentos concentrados para o gado e produtos de tratamento das plantas e dos animais domésticos. Nos países desenvolvidos, muitos agricultores beneficiaram-se de políticas de apoio ao desenvolvimento agrícola, bem como dos preços agrícolas reais, que anteriormente a esse período eram mais elevados. Mazoyer e Roudart (2010) ainda relatam que os ganhos de produtividade agrícola obtidos foram tão rápidos e elevados que ultrapassaram os da indústria e do setor de serviços.

Nos países em desenvolvimento, a maioria dos camponeses não encontrou formas de acesso à motorização-mecanização, muito dispendiosa. No entanto, em algumas regiões como América Latina, Oriente Médio, África do Sul, alguns grandes empresários agrícolas utilizaram trabalhadores agrícolas diaristas muito mal pagos, aproveitaram-se da inflação e dos baixos preços agrícolas internacionais e crédito vantajoso para equiparem-se. “Hoje, os mais bem sucedidos desses grandes estabelecimentos agrícolas têm uma produtividade do trabalho tão elevada quanto à dos grandes estabelecimentos agrícolas norte-americanos ou do Oeste-Europeu mais bem equipados, mas com um custo de mão de obra infinitamente menor” (Mazoyer e Roudart, 2010).

Os países em desenvolvimento, a partir dos anos de 1960, contaram ainda com uma variante da revolução agrícola contemporânea, a chamada Revolução Verde, desprovida de motorização-mecanização, desenvolveu-se muito mais amplamente. Grandes culturas potenciais

de exportação, como soja, arroz, milho e trigo, tiveram suas variedades selecionadas e uma ampla utilização de fertilizantes químicos, produtos de tratamento, eficazes controle de irrigação e drenagem. A Revolução Verde foi adotada por agricultores que eram capazes de adquirir esses novos meio de produção em regiões favorecidas onde era possível rentabilizá-los. Em muitos países, os poderes públicos favoreceram a difusão dessa revolução, promovendo políticas de incentivo aos preços agrícolas, empréstimos e investimentos em infraestrutura.

Conforme Galvão (2010), com a ampliação do comércio e sua liberalização, o mundo encontra-se diante de uma melhor alocação dos recursos domésticos, as firmas e indústrias elevaram sua produtividade com ganhos de eficiência técnica no sistema produtivo e também se especializaram na esfera produtiva, com melhor divisão do trabalho, economia de escala, inovações tecnológicas e novos e eficientes processos de gestão. O comércio internacional deixou de ser constituído apenas por possibilidades de exportações de excedentes baseadas em vantagens competitivas naturais. Agora, as vantagens são também socialmente construídas e as vantagens comparativas decorrem cada vez mais de decisões tomadas pela sociedade no sentido de melhorar os sistemas educacionais dos países, realizarem maiores aprendizagens técnicas e acumulação de conhecimento científico, bem como absorção de novas tecnologias e, aí sim, como complemento dessa nova forma dos países agirem, estarão ainda as importantes e essenciais práticas de exportações e estratégias inteligentes de defesa comercial.

Mas é preciso atentar para os riscos que essa atividade trás à economia de um país, necessitando de um gerenciamento cauteloso para o sucesso da atividade. Não há dúvida de que existem condições de clima e solo que são favoráveis para a agricultura constituir um grande fator de desenvolvimento. Os preços flutuantes das commodities também revelam um ambiente de atenção. Outra observação é em relação à tecnologia aplicada nesse setor, que necessita de um tempo maior do que outras atividades para o seu amadurecimento e retorno à sociedade e ao país. A exportação de commodities é importante ao passo que favorece o mercado externo, mas não podemos esquecer de que o setor é muito importante também para o mercado interno, pois é essencial e gera estabilidade de muitas economias, uma condição essencial para o seu desenvolvimento. Entre os aspectos que tornam a agricultura um setor diferente dos demais setores da economia se destaca a falta de estabilidade e a volatilidade da taxa de câmbio, que afetam diretamente o desempenho do setor, tornando-o de maior risco.

Galvão (2010) destaca ainda que com a globalização real e financeira, a competitividade no setor agrícola veio acrescida de novas oportunidades proporcionadas a partir de negociações advindas do Acordo Geral sobre Tarifas e Comércio – GATT. A desintegração do regime de Bretton Woods veio seguida da liberalização dos mercados financeiros tanto domésticos quanto externos, o que gerou ainda mais oportunidades e diversificação geográfica dos investimentos internacionais, com mudanças na composição e na direção dos fluxos de comércio. Outro importante resultado foi a alteração nos padrões da demanda na direção de produtos mais diversificados aliado à mudança no desejo dos consumidores por produtos mais variados e de melhor qualidade. Surgiu então uma nova ordem industrial, com encurtamento no ciclo de vida dos produtos, transformações nos sistemas produtivos e de mão de obra e novos do mercado através de aceleradas taxas de inovação e avanços no progresso técnico.

Foi graças ao novo cenário que países que até então dependiam quase inteiramente da agricultura emergiam como nações exportadoras de produtos industrializados nos setores tradicionais e no comércio de bens e serviço com demanda altamente dinâmica e incorporando as tecnologias mais sofisticadas, conforme argumenta Galvão (2010). E foi após sucessivas rodadas de negociações multilaterais de comércio sob o abrigo do GATT, a partir de 1947, que os países reduziram a proteção de suas economias. Mas algumas práticas protecionistas ainda ocorrem, com a prática de mecanismos de protecionismo seletivo à produtos industrializados intensivos em mão de obra, sobre bens agrícolas e agroindustriais de interesse dos países em desenvolvimento, o que dificulta ainda mais o acesso dos produtos aos mercados dos países industrializados.

Além de analisar o processo de modernização da agricultura, esse trabalho buscou teorias como a Teoria das Inovações Induzidas na agricultura (Hayami e Ruttan) que buscassem explicar o processo de mudança tecnológica. Foram verificados quatro importantes mecanismos: inovação induzida pelo setor público, inovação induzida pelo setor privado, interação entre mudança técnica e desenvolvimento institucional e sequencia dinâmica de mudança técnica e crescimento econômico. Essas estruturas de inovações refletem os desafios da agricultura nos próximos anos, com componentes de natureza externa e interna.

O crescimento da produtividade agrícola tem sido reconhecido como chave para o crescimento global. Medir e explicar o crescimento da produtividade na agricultura tem sido foco de muita pesquisa agrícola e desenvolvimento econômico. É possível observar a importância dos

investimentos públicos para a produtividade agrícola no longo prazo. São os investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) que geram o aumento médio dessa produtividade.

O cenário brasileiro apresenta um elevado grau de heterogeneidade, com grande diversidade ecológica e vasta dimensão territorial, o país conta ainda com heterogeneidade tecnológica, marcada por diferentes grupos de produtores. Ao analisar esse cenário de produtividade agrícola, pode-se observar que o crescimento foi grande nas últimas décadas. Um fator importante e determinante para a elevação da produtividade agrícola foram os investimentos realizados durante a década de 70 e 80, que garantiram a existência de um substancial estoque de máquinas e equipamentos em condições operacionais no setor, aliada às tecnologias geradas por empresas como a Embrapa – Empresa brasileira de pesquisa agropecuária.

Foi observando o histórico da agricultura e realizando uma análise internacional que se desenvolveu essa dissertação. Esse trabalho tem por objetivo avaliar os investimentos públicos em Pesquisa e Desenvolvimento na agricultura brasileira, bem como analisar a inovação tecnológica nesse setor e mensurar a produtividade no setor agrícola no Brasil. O trabalho voltou-se para o estudo de caso das culturas de algodão, milho, soja e trigo no período de 1975 a 2010. Para tanto, foram levantados dados junto à Embrapa, como forma de mensurar parte da realidade ocorrida no cenário agrícola brasileiro, considerando que essa empresa representou a abertura de desafios de expansão agrícola, produtividade e inovação das principais culturas produzidas no Brasil.

A Embrapa é uma Empresa Pública da Administração Pública Federal Indireta, vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que rompeu com as barreiras do subdesenvolvimento mediante estratégias de gestão e promoveu articulação entre a política de ciência e tecnologia e a política de desenvolvimento. A empresa possui hoje, aos seus 39 anos, uma admirável rede composta de 47 centros de pesquisa localizados nas diversas regiões do país, que aumentam os conhecimentos sobre os ecossistemas mais importantes, viabiliza a ocupação racional e possibilita a ampliação das fronteiras agrícolas. A empresa, segundo relata o V Plano Diretor (PDE-2008-2011-2023), tem a missão de viabilizar soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovação para a sustentabilidade da agricultura, em benefício da sociedade brasileira.

Para a realização do trabalho, foi utilizada a análise de séries temporais, com levantamento de dados diretamente junto à Embrapa no período de 1975 a 2010. Foi utilizado o

Modelo de Defasagem Distribuída de Almon, com polinômios de segundo e terceiro graus, com e sem variáveis dependentes defasadas. Para as estimações econométricas foi utilizado o software RATS (*Regression Analysis of Time Series*), versão 7.0. Foram ainda realizados os testes de autocorrelação de resíduos Durbin-Watson, Durbin-H e Ljung-Box. As defasagens foram realizadas utilizando o Critério Estatístico de Akaike (CIA). Os testes de heterocedasticidade realizados foram os de Goldfeld-Quandt e White.

Para a seleção de culturas a serem estudadas, o critério foi o de selecionar algumas das principais culturas da pauta de exportação brasileira, que tinham uma base de dados suficiente para a realização do trabalho, dados esses que se referem aos investimentos públicos realizados na Embrapa no período de 1975 a 2010 em cada uma das culturas: algodão, milho, soja e trigo. A Embrapa, com o desenvolvimento de tecnologias, foi a empresa que mais contribuiu no Brasil para a alavancagem de produção e produtividade dessas culturas, inclusive em regiões que antes não eram produtivas. As culturas escolhidas representam forte impacto sobre a pauta de exportação brasileira, tanto as que já são fortemente exportadas, como as que ainda vislumbram novos mercados internacionais. Os resultados apontaram que os modelos aplicados estão devidamente ajustados à realidade prática das culturas estudadas.

O trabalho encontra-se dividido em sete capítulos, incluindo a presente introdução. Serão abordados na revisão bibliográfica itens relacionados com a inovação induzida na agricultura, pesquisa agrícola e produtividade no mundo e no Brasil. A terceira seção é composta de uma revisão dos estudos empíricos sobre inovação e produtividade, bem como os modelos empíricos e índices de produtividade. Na quarta seção, será apresentada a evolução das culturas estudadas, como forma de entender melhor os resultados. A metodologia está descrita no quinto capítulo, composta pela descrição dos dados, modelo econométrico e estratégia empírica utilizada no presente estudo. Em seguida, no sexto capítulo, estão as descrições e análises dos resultados das estimações realizadas. O sétimo capítulo contém a conclusão e considerações finais. Por fim, os últimos itens contêm as referências bibliográficas e apêndice.

## 2. REVISAO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 – Inovação Induzida na agricultura

“A Teoria de Inovações Induzidas (TII) é uma tentativa de avanço teórico no sentido de endogeneizar a mudança técnica efetuada pela corrente neoclássica” (Shikida e Lopez; 1997). Conforme esses autores, foi a partir da década de 1950 que começaram a surgir algumas mudanças no tratamento dado pelo enfoque neoclássico ao item mudança tecnológica.

Labini (1980) salienta o progresso técnico e a acumulação de capital como os elementos motores da evolução dos mercados, rejeitando, assim, os pressupostos básicos da teoria neoclássica; o autor avança no sentido de incorporar a questão da tecnologia ao conceito de barreiras à entrada. Schumpeter (1961 e 1982) menciona que a ideia central para o entendimento das mudanças econômicas está na incorporação de inovações no sistema econômico, no qual o processo de mudanças tecnológicas irá revolucionar a estrutura econômica a partir de dentro, criando elementos novos e destruindo o antigo - trata-se, pois, do processo de “destruição criadora”. Dentre alguns dos seguidores ideológicos de Schumpeter, Rosenberg (1969) ressalta a importante função dos “gargalos” tecnológicos, posto que os mesmos indicam novas soluções, baseadas, sobremaneira, no estado de conhecimento relativo a uma tecnologia ou conjunto de tecnologias. Dosi (1984), por sua vez, sugere o “paradigma tecnológico” como um pacote de procedimentos que irá orientar a investigação sobre determinado problema tecnológico, definindo, dessa forma, o seu contexto, seus objetivos e os recursos a serem utilizados, ou seja, refere-se a um padrão de solução de problemas técnico-econômicos selecionados.

O modelo de inovações induzidas de Hayami e Ruttan (1971), certamente é um modelo de grande impacto dentro da literatura existente sobre agricultura, cujo objetivo central é explicar o processo de mudança tecnológica. Com sucesso, o modelo influenciou políticas agrícolas, principalmente políticas científicas e tecnológicas em diversos países, entre os quais o Brasil.

Ricks (1963) foi quem formulou pela primeira vez a ideia de progresso técnico induzido, cujo objetivo era mostrar o efeito do crescimento econômico sobre a distribuição de renda entre capital e trabalho. Para Ricks o papel crucial de variável de ajuste é que se o ritmo de acumulação de capital é superior ao crescimento da oferta de trabalho, tal como se observa nas economias capitalistas desenvolvidas, os salários se elevam, o que induz os agentes econômicos a introduzir novas técnicas poupadoras de mão-de-obra. Portanto, o equilíbrio relativo da distribuição de

renda entre capital e trabalho é garantido por este mecanismo de indução de mudança técnica. Os demais modelos neoclássicos de crescimento consideravam o progresso técnico como uma variável independente (exógena). Já no modelo proposto por Ricks, o progresso técnico passa a ser considerado como uma variável dependente (endógena).

Hayami e Ruttan e seguidores introduziram várias modificações na versão original do modelo. Schmookler (1962) inspirou uma das primeiras modificações do modelo, mostrando que os incentivos econômicos para inovar não se resumem às modificações dos preços relativos dos fatores de produção. Schmookler considera que são as oportunidades abertas pelo desenvolvimento sócio-econômico (urbanização, aumento da renda *per capita*, variação de preços relativos, etc) os principais fatores de incentivo da atividade inventiva.

Segundo Bacha (1992), o que Hayami e Ruttan (1971) fizeram foi acrescentar uma análise do processo de inovação gerado pelo setor público e uma análise das modificações institucionais que este último possa requerer. Assim sendo, o modelo de Inovação Induzida de Hayami e Ruttan indica quatro mecanismos importantes, a saber: inovação induzida pelo setor público, inovação induzida pelo setor privado, interação entre mudança técnica e desenvolvimento institucional, seqüência dinâmica de mudança técnica e crescimento econômico.

Romeiro (1991, *apud* Biswanger, 1978a) explica que a fronteira técnico-científica de possibilidades de inovações é definida como sendo o ponto onde a pesquisa não leva a nenhum acréscimo de produtividade. Mas, como nenhuma empresa racional levaria a pesquisa a esse ponto, é mais realista descrever o processo de inovação como um processo de investimento que depende não somente dos estímulos econômicos para inovar, como também da produtividade e custo da pesquisa. Assim, afirma Romeiro, o ritmo de mudança técnica depende, de um lado, dos incentivos econômicos para inovar (demanda por inovações) e, de outro lado, de fatores que afetam o esforço de pesquisa (oferta de inovações).

No que diz respeito à oferta de inovações, os autores do modelo de inovações induzidas se limitam a descrever os possíveis vieses do processo inovativo provocados por um certo número de restrições ao nível do sistema de pesquisa. No caso do setor agrícola, esse tipo de procedimento é particularmente problemático, dadas as especificidades ecológicas que lhe são inerentes. Trabalha-se nesse setor com interações físico-químicas e biológicas de alta complexidade. “Para se compreender a dinâmica de introdução de inovações na agricultura,

portanto, é necessário fazer um estudo mais aprofundado da evolução dos conhecimentos científicos aplicados na compreensão do ecossistema agrícola” (Romeiro, 1991).

Hayami e Ruttan (1985) definem então a hipótese central do modelo: “... a mudança técnica é guiada com eficiência pelos sinais que o mercado emite através dos preços, desde que estes reflitam eficazmente as mudanças na oferta e demanda de produtos e fatores e que exista uma interação efetiva entre agricultores, instituições públicas de pesquisa e indústrias produtoras de insumos e equipamentos agrícolas...” (pág. 88). Baseado nessa hipótese, Romeiro (1988) explica que pode ocorrer que a mudança técnica não se dê na direção sinalizada pelos preços relativos se em determinado momento a pesquisa poupadora do fator abundante é menos custosa do que a pesquisa do fator escasso. No entanto, afirma Romeiro, a longo prazo um viés desse tipo tenderia a desaparecer; outros vieses podem ocorrer, como, por exemplo, aquele decorrente da transferência de tecnologias inadequadas à disponibilidade de fatores de produção da economia receptora. É necessário, portanto, conceber testes econométricos capazes de identificar e isolar esses vieses, de modo a mostrar de maneira rigorosa se existe ou não uma correlação significativa entre mudança nos preços relativos e mudança técnica.

Hayami e Ruttan tentam explicar a dinâmica de introduções de inovações na agricultura. Para isso, a base empírica do modelo está relacionada à história da modernização agrícola do Japão e Estados Unidos, países estes em que o processo de mudança técnica teria sido induzido eficazmente pelas respectivas disponibilidades de fatores de produção: nos Estados Unidos a abundância de terra e a escassez de trabalho induziram a introdução do progresso técnico *labor-saving* (onde o trabalho é escasso) e *land-using* (uso da terra); no Japão, ocorreu o inverso. Conforme relata Romeiro (1988), em ambos os países isso foi possível graças à inovação institucional fundamental que foi a criação de instituições públicas de pesquisa agropecuária, a uma efetiva interação entre agricultores e fornecedores de ciência e tecnologias agrícolas e à ausência de distorções a nível do sistema de preços relativos, os quais efetivamente refletiram as respectivas disponibilidades relativas de fatores de produção. Mas, afirma Romeiro (1988), para explicar a emergência de um novo padrão tecnológico na agricultura, teria sido necessário tratar mais de perto as variáveis ecológicas, técnico-científicas, institucionais, culturais, entre outras, que efetivamente intervêm no processo de geração de inovações. “O tratamento inadequado dessas variáveis não somente dificulta a explicação da emergência de um novo padrão tecnológico, como também a explicação da difusão de um padrão tecnológico conhecido em

países como o Brasil, onde o quadro político-institucional e cultural apresenta certas especificidades relativamente aos casos clássicos estudados” (Romeiro, 1988).

Análises como a descrita é tema estudado por alguns autores, como Santos (1987), que utilizou o modelo de análise neoclássica de Hayami e Ruttan para investigar o processo de modernização da agricultura brasileira, utilizando para isso um modelo desenvolvido por Binswanger (1974b e 1978), usado para testar a hipótese para a agricultura americana. O modelo de Binswanger (1974b e 1978) tem a finalidade de medir vieses de mudança técnica, separando vieses devido a mudanças nos preços relativos dos fatores (substituição de fatores ao longo da isoquanta do processo de produção), de vieses devido ao uso de inovações técnicas que independem da dotação natural de fatores (mudanças não-neutras da isoquanta), como, por exemplo, o uso de uma tecnologia desenvolvida para intensidade de fatores diferente daquela onde ela está sendo aplicada. Santos (1987), conclui que esse processo não se adaptou aos pressupostos da hipótese da inovação induzida, desenvolvendo-se, pelo contrário, através de vieses de mudança técnica, poupando fatores relativamente abundantes no Brasil (terra e trabalho) e utilizando fatores escassos (máquinas). Para os fertilizantes, os resultados obtidos sugeriram que o viés é predominantemente de preços (e políticas econômicas).

Conforme explica Cuadra (1994), de modo geral, pode-se afirmar que as restrições impostas ao desenvolvimento agrícola geradas pela oferta inelástica de mão-de-obra podem ser superadas por progressos na tecnologia mecânica. Da mesma forma, problemas advindos da oferta inelástica de terra podem ser contrabalanceados por avanços nas tecnologias química e biológica. A teoria tende então a uma perspectiva dinâmica em relação às mudanças existentes na disponibilidade dos recursos e, também, ao crescimento da demanda. Por isso, atribui-se grande significação à pesquisa orientada para o processo de substituição de fatores escassos. Portanto, Cuadra explica que quando se fala em escassez relativa dos fatores estar-se-ia pensando tanto no nível social como na unidade produtiva, supondo assim que a teoria assume implicitamente a existência de uma distribuição relativamente homogênea quanto ao tamanho das explorações, suposição que, obviamente, não se aplica à realidade da América Latina. “A distribuição desigual de terra e mão-de-obra no continente torna insustentável essa teoria, uma vez que pequenas e grandes explorações possuem itinerários tecnológicos diferentes” (Cuadra, 1994).

Cuadra explica ainda que devido ao fato de, na América Latina, a mão-de-obra agrícola geralmente seguir uma tendência crescente, a inovação tecnológica deveria tender para o

desenvolvimento de tecnologias poupadora do recurso terra, porém, o comportamento das grandes explorações revela justamente um uso massivo de tecnologias poupadoras de trabalho, devido ao alto custo que representa organizar e manejar vultosos contingentes de mão-de-obra, fenômeno que se agrava em períodos de disputa de força e trabalho entre as grandes explorações e os pequenos produtores. Ou seja, de um lado o curso da mudança técnica, quanto ao uso dos fatores, se relaciona estreitamente com a direção dada pelo tamanho das explorações e, de outro, a importância atribuída ao preço dos fatores pela teoria da inovação induzida termina sendo inoperante no contexto da América Latina. Portanto, um modelo neoclássico de mudança técnica na agricultura latino-americana deveria, forçosamente, considerar a heterogeneidade quanto ao tamanho das explorações e a ampla variabilidade dos preços dos fatores para cada tipo de exploração.

Segundo Mueller (1989), no caso da agricultura, para que países e empresas possam avançar no sentido da fronteira determinada pela função, não basta difundir as técnicas mais eficientes já conhecidas nos países avançados. Como a tecnologia agropecuária é, na sua maior parte, condicionada à localização, torna-se necessário aos países que queiram aprimorar a produtividade de suas agriculturas, criar estrutura de desenvolvimento, adaptação e difusão de tecnologias agropecuárias adequadas aos seus ambientes ecológicos.

Mueller (1989) aponta que a quase exclusiva atenção dada aos preços relativos como orientadores da direção que toma a agricultura quando ela se expande é um problema com o enfoque neoclássico, uma vez que mascara aspectos importantes da realidade e pode conduzir a conclusões errôneas. O autor revela que no caso brasileiro, é escondido o fato de que, em áreas de agricultura em franca modernização, as mudanças não são meros ajustes sobre uma função de produção dada, mas sim produto de interrelações complexas no sistema social rural, das quais as distorções de preços e a mecanização são apenas um elemento.

A título de comparação, Mueller (1989) aponta o caso de Sri Lanka, que parece se constituir em exemplo de mudanças em que se verificaram como se a agricultura estivesse sobre uma dada função de produção. Nesse caso, a introdução do trator e o aumento do desemprego e do subemprego, produzidos por política de subsídios à mecanização, não foram exigência de tecnologias tipo Revolução Verde que estivessem sendo introduzidas no país, nem estiveram associados a consideráveis alterações nas relações sociais de produção. A introdução de equipamento mecanizado em Sri Lanka não levou a mudanças na estrutura fundiária, ao uso de

novos insumos, à adoção de novas práticas e nem mesmo a um aumento sensível no cultivo de safras múltiplas. Conforme relata Mueller, as máquinas passaram a ser usadas principalmente no preparo da terra, em operações auxiliares da colheita e no transporte; mas tiveram como efeito colateral a redução no uso da mão-de-obra e aumentos na sazonalidade do emprego rural.

“Outra situação de mudanças sem alterações estruturais consideráveis está na agricultura da maioria dos países industrializados, cujas relações de produção sofreram alterações mais radicais em um passado longínquo”, explica Muller (1989). Conforme explica, esses países puderam, mais recentemente, absorver avanços consideráveis de tecnologia agrícola sem que se produzissem grandes problemas sociais.

Em um enfoque evolucionista da Inovação, Machado (1998, *apud* Dosi e Orsenigo, 1988) reforça que as idéias básicas dos evolucionistas têm uma perspectiva temporal e até mesmo um determinismo histórico, à medida que as escolhas tecnológicas adquirem certa irreversibilidade em decorrência do caráter cumulativo e progressivo do desenvolvimento tecnológico. Ajudam também a compreender a importância das forças da demanda e da oferta (*demand pull x technology push*) no processo de inovação. Além disso, realçam a importância das condições institucionais que governam os interesses dos agentes econômicos (incluindo as formas de regulamentação, condições políticas, valores e comportamentos dominantes, estabelecimento de práticas de cooperação x competição) na definição dos padrões das mudanças.

Machado (1998), afirma ainda que para os evolucionistas, as atividades de inovação não são aleatórias mas fortemente seletivas, seguindo um mecanismo de busca e seleção dentro da lógica de mercado, que possibilita inovações contínuas e cumulativas em função do estado-da-arte das tecnologias já em uso e da capacidade de cada firma para conjugar os vários tipos de conhecimento acumulados. Parte desses conhecimentos acumulados são desenvolvidos em organizações formais como universidades e laboratórios de P&D públicos, explicitados em manuais e publicações técnico-científicas de difusão ampla; outros são conhecimentos privados e protegidos por patentes; há também aqueles conhecimentos técnicos tácitos, mais difíceis de serem transmitidos, porque são implícitos, intangíveis e apropriados pelas pessoas e/ou específicos às firmas, apreendidos informalmente pela prática do *learning-by-doing* (aprender fazendo) e *learning-by-using* (aprender usando). Para os evolucionistas, a capacidade de inovação, além de ser assimétrica entre as firmas, varia entre países, entre setores específicos e mesmo no tempo.

É possível então perceber que o setor público desempenha papel central, uma vez que a atribuição de recursos à pesquisa converte-se em instrumento chave de uma política agrária não direcionada em favor de grandes produtores, mas em função das necessidades tecnológicas das pequenas explorações.

## **2.2- Pesquisa Agrícola e Produtividade no Mundo**

O crescimento da produtividade agrícola tem sido reconhecido como a chave para o crescimento econômico global. Medir e explicar o crescimento da produtividade na agricultura tem sido foco de muita pesquisa agrícola e desenvolvimento econômico. As fontes de crescimento da produtividade ao longo do tempo e as diferenças de produtividade entre os países e regiões são importantes à medida que estudam o crescimento e o desenvolvimento da economia. Hayami e Ruttan (1970) já explicavam que o crescimento da produtividade do setor agrícola é essencial para que a produção agrícola cresça a uma rápida velocidade suficientemente capaz de atender às demandas de alimentos e matérias-primas que normalmente acompanham a urbanização e industrialização. É importante observar que falhar em conseguir um rápido crescimento da produtividade agrícola pode resultar tanto no dreno de divisas ou turnos, nos termos internos do comércio contra a indústria e, assim, impedir o crescimento industrial de produção. Os autores explicam ainda que a incapacidade de alcançar um rápido crescimento da produtividade do trabalho na agricultura também pode aumentar o custo da transferência de trabalho e outros recursos.

Amplas diferenças podem ser notadas na produtividade agrícola entre os países. Conforme expõe Hayami e Ruttan (1970), a produção agrícola por trabalhador na Índia é cerca de um quinto em relação aos Estados Unidos. Defasagens como essa, na taxa de produtividade na agricultura, representam um importante entrave ao crescimento econômico em muitas economias em desenvolvimento. Pesquisas empíricas realizadas por Hayami e Ruttan (1970) revelam três grandes categorias de diferenças de crescimento da produtividade: a) dotação de recursos, b) tecnologia, consagrada em capital fixo ou de trabalho, e c) capital humano, amplamente concebido por incluir educação, conhecimento, habilidade e capacidade incorporada na população de um país.

Segundo a pesquisa, essas três categorias contam com 95 por cento das diferenças da produtividade do trabalho na agricultura entre um grupo representativo de países menos desenvolvidos e países desenvolvidos. Países desenvolvidos de colonização mais recente, tais como Austrália, Canadá, Nova Zelândia e Estados Unidos, são favoráveis na dotação de recursos, o que representa mais de um terço das diferenças. Isso mostra que a dotação de recursos é o principal fator responsável pelas diferenças na produtividade do trabalho entre os países desenvolvidos de colonização recente e os mais velhos. O que induz a concluir ainda que os países em desenvolvimento possam, ao longo do tempo, conseguir atingir maiores níveis de produtividade na agricultura através de aumento de uso de insumos técnicos fornecidos pelo setor industrial e melhorias na qualidade da força de trabalho.

Foi observado que os países classificados como menos desenvolvidos, para efeito da comparação do trabalho de Hayami e Ruttan (1970), todos tinham renda per capita de menos de 350 dólares americanos e mais de 35 por cento de sua força de trabalho ocupada na agricultura. Já os países classificados como desenvolvidos, tiveram renda per capita superior a 700 dólares americanos e menos de 30 por cento da força de trabalho ocupada na agricultura. Os elementos críticos para alcançar tais aumentos de produtividade do trabalho são o fornecimento de entradas modernas industriais em que a nova tecnologia é inserida e os investimentos, em geral em educação, pesquisa e extensão, aumentam a capacidade de desenvolver e adotar tecnologias mais produtivas. Os resultados referentes à dotação de recursos, particularmente terra, representaram uma séria barreira para que os esforços dos países menos desenvolvidos e os mais velhos desenvolvidos possam alcançar níveis de produção por trabalhador comparáveis aos níveis atualmente dos recentemente desenvolvidos. É mostrado então quantitativamente a vantagem econômica da dotação de recursos favoráveis dos países.

Países subdesenvolvidos, como Índia, Filipinas, República Árabe Unida e Colômbia, o capital humano foi responsável por mais de um terço das diferenças. O capital humano foi responsável por mais de um terço das diferenças entre Estados Unidos e Índia, República Árabe Unida e Colômbia. Nas Filipinas, que tem alcançado um número relativamente alto de escolaridade e produz um número relativamente alto de nível universitário agrícolas, o capital humano explica menos de um quarto das diferenças de produtividade.

Já nas comparações entre países da Europa e dos Estados Unidos, diferenças de acumulação de recursos internos representam a fonte mais significativa de diferença na

produtividade do trabalho. O que foi observado é que o aumento no uso de insumos e melhorias técnicas na qualidade do capital humano pode trazer produtividade do trabalho Europeu e de vários países mais perto do nível dos Estados Unidos. O caso japonês é semelhante ao europeu, exceto que o Japão, caracterizado por uma forte restrição de terra, mudou a direção da produtividade, com diferenciais associados ao investimento em educação e pesquisa.

Outra observação é em relação a Argentina, mesmo com o baixo investimento em tecnologia e capital humano e baixos níveis de insumos técnicos, tem a produtividade do trabalho comparável ao da Europa. De acordo com Hayami e Ruttan (1970), isso se deve quase inteiramente à uma relação favorável homem-terra quando comparável aos Estados Unidos. Por outro lado, a Nova Zelândia alcançou um nível de produtividade do trabalho bem acima dos Estados Unidos (nível mais alto do mundo), isso devido ao complemento utilizado na dotação de recursos com altos níveis técnicos de insumos e investimentos em educação e pesquisa.

Outras pesquisas foram realizadas no sentido de investigar a produtividade agrícola no mundo. Kiresur e Melinamani (2008), relatam que na Índia a pobreza rural foi significativamente e negativamente influenciada pela produtividade agrícola a nível macro, o que sugere que os investimentos em pesquisa agrícola, que atualmente representam menos de um por cento do PIB na agricultura, deve ser aumentado para pelo menos um por cento. Isso porque quase 72 por cento da população da Índia e 75 por cento dos pobres estão em áreas rurais, ou seja, grande parte da população indiana depende da agricultura para a sua subsistência, o que sugere que o nível de investimentos agrícolas tem sérias implicações na produtividade agrícola desse país.

O estudo demonstra que entre 1965 e 1995 houve um aumento considerável de investimentos em pesquisa agrícola na Índia, o que causou aumento na produtividade do setor. É importante salientar que a Revolução Verde foi eficaz na redução da pobreza através do aumento da produtividade. Os investimentos privados também tiveram papel significativo na redução da pobreza rural da Índia, pois proporcionaram avanço do país, uma vez que aumentaram a produção agrícola e por sua vez promoveram queda nos preços dos alimentos, beneficiando assim o urbano-pobre que com a queda do preço teve maior proporção de sua renda destinada aos alimentos. Também tiveram importância às políticas públicas e apoio à infraestrutura do país, que promoveram aumento na produtividade do país por meio de avanços tecnológicos.

Shyjan (2007) também ressalta a importância dos investimentos públicos para a produtividade agrícola a longo prazo. Segundo Shyjan, oportunidades significativas de

crescimento da produtividade na agricultura se tornam disponíveis apenas através de mudanças na tecnologia: as novas técnicas de criação, variedades de sementes, melhores fontes mais eficientes de energia e nutrientes de plantas mais baratas. É observado que o investimento em atividades tais como a pesquisa agrícola, levando à oferta de novos insumos, e na educação do povo agrícolas que estão a usá-los, serve de base para a mudança técnica e crescimento da produtividade na agricultura. Um ponto exposto pelo autor é a necessidade de investimento público como um meio para transformar a agricultura tradicional e para aumentar a produtividade agrícola, embora por razões diferentes, que vão desde a “falha de mercado” na prestação de determinadas categorias importantes de investimento devido às externalidades, para a complementariedade do investimento privado com investimento público.

Alene (2009) mostra que embora haja ampla evidência mostrando o crescimento da produtividade substancial nos países asiáticos, muitas das evidências relativas à produtividade agrícola na África apontam para o desempenho agregado de pobres. Os resultados demonstraram que o progresso técnico, ao invés da variação de eficiência, foi a principal fonte de crescimento da produtividade na agricultura Africana. Desde 1990, a produtividade agrícola cresceu a uma taxa impressionante de mais de 2% ao ano, o que é consistente com a recuperação econômica recente na África, evidenciada pelo forte crescimento das taxas de PIB agrícola, após melhorias das condições macroeconômicas e preços de commodities.

Outro ponto destacado é que a Pesquisa e o Desenvolvimento (P&D) agrícola tiveram influência positiva e significativa na produtividade total dos fatores na agricultura Africana, o que consistente com as decomposições de produtividade que mostram o progresso tecnológico como principal motor do crescimento da produtividade. No geral, a elasticidade da produtividade estimada no que diz respeito à P&D sugere que a duplicação de investimentos de P&D levaria a um aumento de 4% na produtividade total dos fatores na agricultura Africana. Ou seja, dobrar os investimentos em P&D seria quase o dobro das atuais taxas de crescimento médias de produtividade.

Estudos também revelam o crescimento anual da produtividade agrícola em países integrantes do Mercosul. Bharati e Fulginiti (2007), explicam que o Mercosul está se tornando cada vez mais uma união aduaneira poderosa nos últimos anos, tanto que o Brasil, juntamente com a Índia, tem se tornado um dos líderes do mundo em desenvolvimento. Observa-se que bons resultados foram obtidos nesse grupo mais homogêneo de países que partilham de características

físicas e institucionais semelhantes. Os resultados refletem que a produtividade agrícola tem sido em média melhorada na região do Mercosul. O Uruguai, que tem uma economia altamente dependente da agricultura, demonstrou rápido crescimento durante os anos 90, após um período de estagnação (1950 a 1980), com lenta adoção de tecnologias. O Paraguai também tem se esforçado para melhorar sua produtividade, com altos níveis de eficiência técnica e alocativa, mas com alguns declínios na produtividade agrícola. Interessante notar que o crescimento da produtividade agrícola no Mercosul deve-se ao fato de mudanças técnicas. O estudo, que compara um grupo homogêneo de países que partilham de semelhanças físicas e características institucionais, mostra que a produtividade agrícola tem sido em média melhorada na região do Mercosul.

### **2.3- Pesquisa Agrícola e Produtividade no Brasil**

“O fato de uma economia se especializar na agricultura não necessariamente implicaria em perda de bem-estar tanto no curto quanto no longo prazo”, é o que ressalta Carvalho e Barreto (2006). Conforme citado por Barros (1999), estimativas revelam que no Brasil, a produtividade agrícola brasileira cresceu a uma taxa média de 3,6% ao ano, entre 1975 e 1995, sendo que a produtividade da terra apresentou um crescimento anual de 2,47% enquanto que a do trabalho foi de 3,26%. Carvalho e Barreto afirmam que os níveis de renda e bem estar crescerão a taxas mais elevadas se a economia se especializar no setor em que apresenta vantagens comparativas iniciais. Assim, um país como o Brasil, que se especializa na agricultura poderá crescer mais lentamente e mesmo assim apresentar um padrão de vida mais elevado.

Dedicado a sua principal vantagem comparativa, o Brasil, com sua abundância de terras e mão-de-obra, sofreu um processo de modernização da agricultura a partir dos anos 60. Há autores que defendem que esse processo de modernização da agricultura brasileira se deu pela hipótese da inovação induzida. Já outros, contestam tal hipótese, citando que esse processo brasileiro desenvolveu-se ao contrário, através de vieses de mudança técnica, poupando fatores abundantes e utilizando fatores escassos.

Há então dois pontos a serem analisados. O primeiro, referente às razões que expliquem a não-modernização da agricultura brasileira até meados dos anos 60, e o segundo que procura

explicar a aceleração do processo de modernização a partir desse período. Conforme relata Santos (1987), a agricultura brasileira enquanto teve abundância de terra e mão-de-obra não sinalizou, via preços relativos dos fatores, para a utilização de tecnologias agrícolas modernas, utilizadoras de capital (como máquinas e fertilizantes), que era escasso no Brasil, e poupadoras de trabalho e terra. Ou seja, segundo Santos, o processo brasileiro não adequa-se aos pressupostos da hipótese da inovação induzida de Hayami e Ruttan (1971).

Santos (1987) afirma que os resultados obtidos indicam a presença de vieses fundamentais de mudança técnica na agricultura brasileira, direcionados a poupar o uso de fatores relativamente abundantes no Brasil (terra e trabalho) e utilizar o fator máquinas, relativamente escasso. Já no caso dos fertilizantes, sugere que o viés é predominantemente de preços (e políticas econômicas). O autor afirma que o processo foi acelerado através do uso de instrumentos preconizados pela “teoria da modernização da agricultura”, mas sem se preocupar com a dotação natural de fatores prevaletentes na economia do Brasil. E que, até meados da década de 60 o principal fator do atraso da agricultura brasileira seria a estrutura agrária do país.

Shultz (1965) parte da hipótese de que os agricultores respondem a preços, atribuindo assim à falta de investimentos na agricultura tradicional à baixa taxa de retorno dos investimentos em fatores tradicionais. Dessa forma, a indução a poupar, nas agriculturas tradicionais, seria baixa, devido às baixas taxas de retorno dos fatores existentes. Não existiriam então alternativas de investir em fatores mais modernos por ser a oferta desses fatores inexistente ou insuficiente.

Pastore (1971), testa a resposta da produção agrícola aos preços no Brasil, chegando à conclusão de que tanto em termos agregados, como para as regiões estudadas, os resultados conseguidos não permitem rejeitar a hipótese de que, no Brasil, a produção agrícola reage sensivelmente aos preços.

Conforme explana Santos (1987), é importante destacar que autores neoclássicos como Nicholls (1967,1972), Schuh (1971, 1975) e Smith (1969), defenderam as políticas econômicas aplicadas no Brasil como causa principal dos baixos níveis encontrados na produtividade de sua agricultura, principalmente as aplicadas após a Segunda Guerra até fins da década de 60. Políticas essas que utilizavam de mecanismos de mercado e incentivos econômicos seletivos tradicionais, procurando aumentar o produto agrícola via expansão da área utilizada e procurando influir no aumento da produtividade agrícola, sem que isso provocasse aumento nos preços para os consumidores, via subsídios a insumos modernos, sendo utilizadas taxas de câmbio preferenciais

para importações, redução de custo dos fretes e isenção de taxas. Além dos aspectos citados, estavam ainda às imperfeições e ineficiências da comercialização agrícola, problemas de transporte, estocagem e oligopólio dos intermediários que participavam na comercialização agrícola.

A partir de meados dos anos 60, a modernização da agricultura brasileira é o novo caminho a ser seguido. A fim de aumentar a produtividade do país, é destacada a importância do fortalecimento das indústrias de bens agrícolas, melhoria dos níveis educacionais e fortalecimento da infraestrutura de pesquisa agrícola no processo de modernização da agricultura. No Brasil, a “Revolução Verde” tecnológica contribuiu para o processo de modernização agrícola, uma vez que novas cultivares, desenvolvidas em países como Estados Unidos e México, eram transferidas e cultivadas com relativo sucesso em países tropicais. Produtos como trigo, soja, milho, café e cana-de-açúcar passaram a ser cultivados nas grandes e médias propriedades com a utilização de técnicas poupadoras de terra e que utilizavam agora a disponibilidade da tecnologia no exterior. Outro fato importante ocorrido no Brasil é que o país passou de um modelo de substituição de importações para um de promoção de exportações, sem retirar-se a proteção à indústria doméstica.

Em um olhar atual e crítico da agricultura brasileira, Rezende (2006) expõe que a produção agrícola tem-se caracterizado, crescentemente, pela adoção de tecnologia intensiva em capital e em mão-de-obra qualificada, assim como de crescente escala de produção na maioria dos produtos. Na busca de entender melhor as razões que têm levado o setor agrícola no Brasil a adotar o atual padrão tecnológico, Rezende cita duas correntes de ideias: a primeira atribui a culpa à nossa formação histórica, e em particular à concentração da propriedade da terra, cujo papel determinante teria sido reforçado, no período recente, pela política de crédito agrícola subsidiado, criada no final da década de 1960; já a segunda corrente, em franco contraste com o modelo de Hayami e Ruttan, vê esse padrão de desenvolvimento agrícola como decorrência de um imperativo tecnológico, já que a produção em pequena escala não seria viável na agricultura, e nem existiria tecnologia agrícola absorvedora de mão-de-obra. Para Rezende, a situação atual do Brasil foi fruto de um processo de transformação que se iniciou na década de 1960, e que foi muito condicionado pelas políticas trabalhistas agrícola, fundiária e de crédito agrícola, todas elas instituídas, não por acaso naquela década.

Delgado (1985) explica que o primeiro momento do processo de modernização agropecuária se caracterizou, a grosso modo, pela elevação dos índices de mecanização, já o segundo momento foi o da industrialização dos processos de produção rural propriamente, com a implantação dos setores industriais de bens de produção e de insumos básicos para a agricultura, e o favorecimento, pelo Estado, ao consumo desses novos meios de produção. “O surgimento e consolidação do Complexo agroindustrial articula novos interesses sociais comprometidos com o processo de modernização”, explica Delgado.

Outra característica importante a ser ressaltada por Delgado é a de que todo o processo de modernização na agricultura brasileira se realizou com intensa diferenciação e mesmo exclusão de grupos setoriais e regiões econômicas. Portanto, deve-se ressaltar que a concentração espacial do projeto modernizante abrangeu basicamente os Estados do Centro-Sul brasileiro (MG, GO, RJ, SP, PR, SC e RS). “As demais regiões do País e os milhões de estabelecimento não incorporados ao processo de modernização cumprem, nessa estratégia de organização da produção, papéis periféricos na agricultura brasileira”, argumenta Delgado.

E foi a partir dos anos 70 que a agricultura brasileira ganhou ainda mais competitividade. “A constituição de um ramo industrial a montante da agricultura e a paralela centralização da pesquisa agropecuária em escala nacional sob a égide da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, representam, qualitativamente, uma passagem importante no desenvolvimento da agropecuária brasileira” (Delgado, 1985). Com a criação da EMBRAPA, em 1973, o Governo Federal decidiu investir maciçamente e organizar, em escala nacional, o seu sistema de pesquisa agropecuária. Paralelamente, também se reorganiza o sistema de assistência técnica e extensão rural, com o propósito explícito de integrar-se organicamente ao esforço de modernização e inovação agropecuária. A EMBRAPA inicia então um esforço na geração das chamadas inovações biológicas (introdução de novas cultivares, por produtos e distintas regiões, melhoria genética na pecuárias, controle de pragas e moléstias, etc.).

É importante observar que todo esse levantamento histórico da modernização na agricultura brasileira nos leva a entender que o desenvolvimento agrícola não consiste apenas em transformar um setor estagnado em setor dinâmico moderno, mas sim em acelerar as taxas de crescimento da produção e da produtividade, de modo compatível com o crescimento de outros setores de uma economia em transformação.

### **3. ESTUDOS EMPÍRICOS SOBRE INOVAÇÃO E PRODUTIVIDADE**

#### **3.1 – Revisão bibliográfica dos estudos empíricos e modelos**

Dentro da teoria neoclássica, o modelo de inovações induzidas de Hayami e Ruttan (1971) emergiu como um novo consenso. Sua ênfase está na mudança técnica como elemento dinâmico do desenvolvimento. Sob as lentes neoclássicas de trocas competitivas em um ambiente institucional com mercados autorreguladores e harmônicos, o Estado é visto com gerador de novas tecnologias direcionadas pela escassez relativa dos fatores de produção.

Numa breve revisão das teorias neoclássicas de desenvolvimento agrícola é possível verificar que durante a década de 60 a maioria das análises neoclássicas sobre o processo de desenvolvimento focalizou apenas em um dos dois setores econômicos – agricultura ou indústria. Segundo explica Dall’Acqua (1983), isto, provavelmente, refletia as próprias limitações da teoria de equilíbrio geral em trabalhar com mudanças dinâmicas em modelos econômicos de dois setores. A teoria neoclássica dos preços trata principalmente das relações de substituição (taxas marginais de substituição entre fatores de produção, entre bens alternativos nas decisões de demanda do consumidor, entre prospectos de investimento alternativo, etc.). Para Dall’Acqua, a maioria das análises neoclássicas sobre desenvolvimento agrícola foi elaborada com base em modelos de “equilíbrio parcial”, que trata apenas de um bem ou setor, como exemplo estão os que focalizam o papel do setor agrícola no processo de desenvolvimento econômico, como a teoria de desenvolvimento em estágios de Johnston e Mellor (1961), Owen (1966) e Nicholls (1963). Do outro lado estão os estudos que focalizam o setor industrial, motivados pela hipótese do “impacto industrial” de Schultz (1969), onde a causalidade do desenvolvimento econômico flui da industrialização para o setor agrícola, invertendo a direção da causalidade entre setores.

O modelo dual de crescimento de Jorgenson (1961) relata que a análise do desenvolvimento ocorre através da dinâmica das relações intersetoriais. Em seu modelo, o progresso tecnológico na agricultura desempenha um papel crucial na ascensão do setor industrial. Com a “Revolução Verde”, popular em muitos países subdesenvolvidos durante a década de 60 e começo de 70, novos enfoques surgiram. O setor industrial e o governo desempenham importantes papéis no desenvolvimento e na oferta de insumos para o setor agrícola. Hayami e Ruttan (1971) tentam então eliminar algumas deficiências do modelo de

Schultz, analisando o complexo conjunto de interações entre disponibilidades de recursos e entidades econômicas (fazendas, instituições públicas, indústrias privadas), conduzindo a mudanças técnicas e produtividade na agricultura. Na estrutura teórica adotada por Hayami e Ruttan, as mudanças endógenas desempenham um papel crucial no desenvolvimento agrícola. Como já explicitado no capítulo anterior, a direção da invenção ou inovação supõe-se que seja influenciada por mudanças nos preços relativos dos fatores ao longo das linhas propostas na Teoria dos salários de Hicks.

Mueller (1989) relata a existência de dois tipos de abordagens de cunho neoclássico para explicar os deslocamentos no uso de trabalho, produzidos pela expansão e modernização agrícolas no Brasil: um, o mais simplificado, tomaria a tecnologia como dada e analisaria a natureza da expansão agrícola do país com base na teoria da produção e do equilíbrio da empresa em regime de mercado de concorrência perfeita (abordados por Youmans e Schuh, 1968); o outro, mais sofisticado, consideraria expressamente o desenvolvimento tecnológico (abordados por Binswanger e Ruttan, 1978, na linha do modelo de Hayami e Ruttan, 1971). Dessa forma, o primeiro tipo de modelo tomaria as funções de produção agrícolas como dadas e procuraria demonstrar que o emprego de fatores de produção, inclusive da mão-de-obra e do equipamento mecanizado, é determinado por seus preços relativos. Já segundo o enfoque da inovação induzida, conforme Mueller (1989), o modelo provavelmente seria mais realista, pois focalizaria explicitamente a mudança tecnológica, que no Brasil não pode ser ignorada sem falsear a realidade.

Conforme cita Lopez e Shikida (1997), foi a partir da década de 1950 que começaram a surgir algumas mudanças no tratamento dado pelo enfoque neoclássico ao item mudança tecnológica. É ainda explicado que Solow (1979) indica que a relação pela qual o produto (Y) da economia se expande depende, basicamente, do estoque de capital (K) e da força de trabalho (L), assim expressa:

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

A incorporação do progresso técnico na equação acima pode ser representada segundo Solow (1979), pelo acréscimo da variável “t” (progresso técnico).

$$Y = f(K, L, t) \quad (2)$$

No Brasil, Delgado (1985) assinala que a intensificação de relações interindustriais ligadas à mudança na base técnica de produção rural, movimento induzido principalmente pela

política de crédito rural nos anos 70, conformou um processo de integração técnica agricultura-indústria. “À mudança na forma como se dá a incorporação de ‘insumos modernos’, do imediato pós-Guerra até o presente, corresponde uma certa mudança de prioridade nas estratégias de difusão e geração de tecnologia no setor público”, explica Delgado. Nesse sentido, conforme afirma, o crescimento planejado da capacidade produtiva é, em parte, resultante de investimentos de longa maturação iniciados na década de 70, e também fruto das opções de prioridade à agricultura que o governo Figueiredo enfatizou em 1979 e 1980. Para Delgado, é importante que se distingam, no processo de “industrialização da agricultura”, as mudanças que correspondem a uma efetiva elevação de produtividade econômica, daquelas que se configuram como mera imitação de processos induzidos por estratégias de difusão tecnológica a escala multinacional, sem maior referência às condições materiais da agricultura de cada país.

No trabalho realizado por Rezende (2006) analisando o caso brasileiro, é admitido que funcionou o mecanismo de “inovações induzidas” proposto por Hayami e Ruttan, não sendo possível atribuir a esse mecanismo a mesma racionalidade econômica identificada por esses autores nos casos americano e japonês. Conforme afirma Rezende, a peculiaridade do caso brasileiro é que os preços relativos dos fatores, no período que seguiu à década de 1960, passaram a refletir a real dotação de fatores da economia, ficando ao contrário, “distorcidos”. É interessante notar que Rezende (1980) fez a mesma crítica à aplicação do modelo de Hayami e Ruttan para a análise histórica brasileira, assinalando que a escravidão e, posteriormente, a concentração da propriedade da terra fizeram com os preços relativos dos fatores ficassem “distorcidos” no país, ou seja, não refletissem a dotação relativa dos fatores, dada a relação homem/terra, similar à dos Estados Unidos. Pensamento esse também admitido por Pastore, Alves e Rizzieri (1974) ao afirmarem que “Terra é abundante no Brasil; Trabalho poderia ter sido escasso, mas a escravidão evitou isto, enquanto durou”.

### **3.2 – Índices de Produtividade**

O interesse por métodos que permitam mensurar e avaliar esforços em ciência, tecnologia e inovação é crescente, demandado pelas áreas de planejamento, gestão e políticas públicas e contando com esforço teórico e instrumental das ciências humanas e sociais aplicadas, na busca pelo desenvolvimento de indicadores específicos que quantifiquem tais esforços.

Diversos autores tentaram mensurar a produtividade agrícola por meio de índices que possam analisar os impactos da pesquisa nesse setor.

Na publicação do artigo de Alene (2009) sobre o crescimento da produtividade e os efeitos de pesquisa e desenvolvimento na agricultura africana foi avaliado e comparado o crescimento da produtividade total dos fatores sob fronteiras tecnológicas contemporâneas e sequenciais ao longo do período de 1970-2004. Para isso foi aplicado a abordagem sequencial Índice de Malmquist (mede a variação da produtividade total dos fatores entre dois pontos, tais como, por um determinado país em dois período por tempo adjacentes com cálculo da razão entre as distâncias de cada ponto de dados em relação a uma tecnologia comum) e comparado com os índices de Malmquist tradicionais. O documento investigou ainda as fontes de crescimento da produtividade agrícola, utilizando um modelo de regressão de efeitos fixos e uma estrutura de defasagem distribuída com polinômio de segundo grau.

Os resultados expostos por Alene indicaram que o progresso técnico foi a principal fonte de crescimento da produtividade. A pesquisa agrícola revelou impactos positivos significativos na produtividade e a elasticidade produtividade em relação à pesquisa agrícola sugere que a duplicação dos investimentos levaria a um aumento de 4% na produtividade total dos fatores.

Hayami e Ruttan (1970) publicaram as diferenças de produtividade agrícola entre países, que analisou as fontes de crescimento da produtividade ao longo do tempo e as diferenças de produtividade entre países e regiões. O estudo classificou o crescimento da produtividade em três grandes categorias: dotação de recursos, a tecnologia (capital fixo ou de trabalho) e capital humano (educação, conhecimento, habilidade e capacidade incorporada na população de um país). Essas três categorias representam cerca de 95% das diferenças da produtividade do trabalho na agricultura entre um grupo representativo de países menos desenvolvidos e de países em desenvolvimento. A abordagem nesse estudo envolveu a estimativa de um cross-country, utilizando a função de produção tipo Cobb-Douglas, usada por causa de sua facilidade em manipulação e interpretação, aplicada para 38 países desenvolvidos e 5 subdesenvolvidos. Os resultados foram expostos por grupo de países desenvolvidos e em desenvolvimento e por comparações individuais entre países. Verificou-se ainda que para obter aumentos de maiores magnitudes é necessário investimentos substanciais na zona rural, no físico, biológico e ciências sociais, com infra-estruturas e recursos necessários para a invenção, desenvolvimento e extensão de tecnologias agrícolas mais eficientes.

Kiresur (2008) apresentou as inter-relações entre investimento em pesquisa agropecuária, produtividade agrícola e da pobreza rural na Índia. Verificou-se que o nível de investimento em investigação agrícola tem sérias implicações na produtividade agrícola da Índia, que, por sua vez, tem influência sobre a pobreza rural. O trabalho contou com dados das principais culturas da Índia, tais como arroz, trigo, cereais, grãos, oleaginosas, cana-de-açúcar e algodão. A metodologia usou dados colhidos e processados utilizando análise tabular (percentagens e frequências) e vários modelos de regressão linear. As conclusões indicaram que a produtividade nacional aumentou (PIB em agricultura por hectare) devido ao avanço na produção agrícola, tecnologia e adição de valor ao produto agrícola através das políticas e apoio à infraestrutura.

Shyjan (2007) também realizou estudos sobre o investimento público e produtividade agrícola sob análise dos quinze maiores estados da Índia, no período de 1974-75 a 2001-02. O estudo utilizou o modelo Autoregressivo de Defasagem Distribuída (ADL) - Infinito, de Koyck (1954) para capturar o efeito defasado do investimento em produtividade entre os estados, conforme expressão:

$$Y_t = X_t + X_{t-1} + \dots + u_t \quad (3)$$

Para a análise do impacto de longo prazo do investimento público e a produtividade entre os estados, Shyjan utilizou o seguinte modelo:

$$Y_t = (1-L) + \beta_0 X_t + L Y_{t-1} + v_t \quad (4)$$

Onde,  $V_t = (u_t - L_{ut-1})$ , e  $(1-L)$  = velocidade de ajustamento. Os resultados da relação de longo prazo entre o investimento público e a produtividade mostrou que não há efeito contemporâneo do primeiro sobre o segundo, mas sim, que existe um efeito defasado bastante positivo para todos os estados. Pode-se inferir que a maioria dos estados que apresentaram níveis de produtividade acima da média nacional em todos os períodos, eram especificamente os estados que tiveram investimento público acima da média nacional.

Bharati e Fulginiti (2007) estudaram a produtividade agrícola nos países membros do Mercosul: Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai, no período de 1972-2001. O estudo examinou ainda a contribuição da mudança tecnológica e mudança de eficiência nos países estudados. Para isso os autores utilizaram a função de produção translog e dois métodos econométricos: Mínimos Quadrados Ordinários e máxima verossimilhança – função de produção estocástica de fronteira.

Os resultados indicaram que a produtividade média agrícola no Mercosul cresceu a uma taxa de 2,3% ao ano, com destaque para o Brasil (3,71%), seguido da Argentina (3,5%) e Uruguai (2,4%). As taxas de crescimento da PTF foram calculadas utilizando a mudança técnica e a variação da eficiência para cada país no período estudado e revelaram que o Brasil teve o melhor desempenho na região, com uma taxa anual de crescimento da PTF de 4,96%, seguido por Argentina (3,51%) e Uruguai (2,16%). Mais uma vez o Paraguai teve crescimento decrescente de produtividade.

No Brasil, Vicente (2006) constatou impactos significativos da pesquisa paulista sobre a produção e a produtividade, com retornos elevados, no período de 1960 a 2000. Vicente optou por representar a produtividade agrícola paulista por índices de produtividade total de fatores obtidos através de fórmulas superlativas. Nos modelos ajustados, a produtividade total de fatores da agricultura paulista foi considerada uma função dos investimentos públicos em pesquisa agrícola e em extensão rural no estado de São Paulo, e das condições do tempo. Para a modelagem, foi utilizada a estrutura de defasagem polinomial quadrática de Almon, adequado para representar tal estrutura de impactos dos investimentos em pesquisa e em extensão rural, sem a necessidade de imposição prévia de pesos crescentes/declinantes. Da mesma forma, para tornar a estrutura de defasagens o mais flexível possível, não foram impostas restrições aos parâmetros na fixação de datas iniciais e finais dos impactos desses investimentos. Vicente representou seu modelo, formalmente como:

$$PTF = \alpha + \sum_{i=0}^n \gamma_i P_{t-i} + \sum_{i=0}^k \beta_i E_{t-i} + \phi DH + \lambda G \quad (5)$$

Onde PTF é a produtividade total dos fatores, P são os investimentos em pesquisa, E os investimentos em extensão rural, DH é a deficiência hídrica, G é a variável *dummy* representativa de geada no ano anterior,  $i$  e  $k$  são os horizontes de tempo e  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\beta$ ,  $\phi$  e  $\lambda$  são os parâmetros a serem estimados.

Gasques, Bastos e Bacchi (2008) estimaram a Produtividade Total dos Fatores (PTF) e analisaram algumas fontes de crescimento da agricultura brasileira no período de 1975 a 2005, momento em que ocorreu um conjunto significativo de transformações setoriais e macroeconômicas. Segundo relatam, a PTF mede o agregado de produto por unidade de insumo agregado, assim, um guia para verificar a eficiência da produção agrícola. A mensuração do índice foi baseada na metodologia usada por Christensen e Jorgenson (1970). Foi utilizada a

fórmula de Tornqvist, tendo em vista a superioridade em relação aos tradicionais índices de Laspeyres e de Paache. Conforme expõe os autores, o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) usa o índice de Tornqvist para acompanhar a evolução da PTF da economia americana, a saber:

$$PTF_t / PTF_{(t-1)} = \frac{\pi_{i=1}^n \left( \frac{Y_{it}}{Y_{i(t-1)}} \right)^{\frac{S_i + S_{i(t-1)}}{2}}}{\pi_{j=1}^n \left( \frac{X_{jt}}{X_{j(t-1)}} \right)^{\frac{C_{jt} + C_{j(t-1)}}{2}}} \quad (6)$$

Nessa expressão,  $Y_i$  e  $X_j$  são respectivamente, as quantidades dos produtos e dos insumos;  $S_i$  e  $C_j$  são, respectivamente, as participações do produto  $i$  no valor agregado dos produtos e dos insumos  $j$  no custo total dos insumos. Gasques, Bastos e Bacchi consideram que cada índice de PTF é calculado em relação ao período imediatamente anterior, e não em relação a um único ano-base, a começar pelo valor base de 100.

A conclusão da pesquisa constata que o crescimento da agricultura vem se dando por expressivos aumentos de produtividade, bem como pela expansão no uso de insumos. Os autores explicam que esse tipo de comportamento representa significativa diferenciação no padrão de crescimento da economia brasileira em relação a várias economias desenvolvidas, nas quais o crescimento pela expansão do uso de fatores não é mais possível. Conforme tabela abaixo elaborada pelos autores, é possível observar os ganhos brasileiros comparados aos Estados Unidos.

Tabela 1.

Comparação de ganhos de produtividade na agricultura	
São Paulo – 1995-2002 (Vicente, 2003)	2,48%
USA – 1999-2002 (Ball, 2006)	1,38%
Brasil – 1975-2005	2,51%
- 2000-2005	3,87%

*Fonte:* Gasques, Bastos e Bacchi, 2007.

Gasques, Bastos e Bacchi ressaltam ainda as evidências que relacionam aumentos da PTF aos investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Gasques, Villa Verde e Oliveira (2004) mostraram, por meio da utilização de modelos de séries temporais, que o aumento de 1% nos gastos em P&D, pela Embrapa, tem um impacto de 0,17% na PTF.

Santos (1987), explica que Binswanger (1974b e 1978) desenvolveu um modelo para mensuração de vieses de mudança técnica na agricultura brasileira, utilizando vários fatores de produção, com o objetivo de testar a hipótese da inovação induzida de Hayami e Ruttan para os Estados Unidos. Para estimação dos parâmetros da função-custo translog foram utilizadas cinco séries seccionais, correspondendo aos anos de Censo, 1950, 1960, 1970, 1975 e 1980, de dados para 21 estados do Brasil. Para mensuração dos vieses de mudança técnica foram construídas séries de médias móveis trienais das participações dos fatores e dos preços relativos dos fatores. O resultado principal obtido foi a não identificação da existência de uma relação entre variação de preços relativos de fatores e mudança técnica na agricultura brasileira no período estudado. Os resultados indicaram a presença de vieses fundamentais de mudança técnica na agricultura brasileira, direcionados a poupar o uso de fatores relativamente abundantes no Brasil (terra e trabalho) e utilizar o fator máquinas, relativamente escasso. A afirmação de alguns autores neoclássicos de que o processo de modernização da agricultura brasileira teria se adaptado aos pressupostos da hipótese da inovação induzida de Hayami e Ruttan não encontrou respaldo nem mesmo com o uso de um modelo de análise neoclássica.

Carvalho e Barreto (2006) utilizaram um modelo de crescimento endógeno em um ambiente de livre comércio para analisar as implicações da incorporação dos avanços tecnológicos obtidos através do processo *learning-by-doing* (aprender fazendo – o aumento da produtividade é conseguida através da prática, da auto-perfeição e pequenas inovações) sobre o nível de emprego e bem-estar da economia. A estrutura teórica foi baseada no modelo proposto por Matsuyama (1992), que verificou que em economias abertas, há uma relação negativa entre produtividade agrícola e crescimento econômico. Porém, quando se introduz um processo de *learning-by-doing* também na agricultura isso não necessariamente ocorre. Os resultados obtidos por Matsuyama indicam que a renda de uma economia e, conseqüentemente, seu bem-estar crescerá se a economia de industrializar. Porém, o modelo apresentado por Carvalho e Barreto mostra que a renda nacional e o nível de bem-estar crescerão independentemente do setor em que a economia apresenta vantagens comparativas. No entanto, os níveis de renda e bem-estar crescerão a taxas mais elevadas se a economia se especializar no setor em que apresenta vantagens comparativas iniciais. Assim, um país que se especializa na agricultura poderá crescer mais lentamente e mesmo assim apresentar um padrão de vida mais elevado.

## 4. EVOLUÇÃO DAS CULTURAS

### 4.1 – Algodão

Dados históricos da Conferência das Nações Unidas para o Comércio e Desenvolvimento – UNCTAD (2005), revelam que a utilização da fibra de algodão pelo homem remonta há séculos, sendo que os primeiros fragmentos de tecido datam mais de sete mil anos. Há sólidos indícios de que populações ancestrais do Vale do Nilo, no Egito, e do Peru eram bastante familiarizadas com o cultivo e uso do algodão. Da Índia, os tecidos de algodão passaram, provavelmente, à Mesopotâmia, de onde, por meio do comércio, não pararam mais de se expandir. Os conquistadores árabes instalaram tecelagens na Espanha, Veneza e Milão. Na Inglaterra, a primeira fiação foi inaugurada em Manchester em 1764, data que marcou o começo da indústria do algodão na Europa e da Revolução Industrial que deu início às grandes transformações produzidas pela expansão do capitalismo. Na atualidade, a indústria têxtil, que tem relação unívoca com a cotonicultura, responde por parcela significativa do emprego e da renda mundiais, sendo objeto de interesse das políticas de vários governos em diferentes países.

As fibras, estruturas compostas por camadas de celulose, são o principal produto econômico do algodoeiro, que se destinam ao uso para fabricação de móveis, aplicações médicas, indústria automobilística e outras indústrias. No entanto, o principal consumo é para fiação destinada à indústria têxtil, que absorve aproximadamente 60% da produção mundial de fibra de algodão (UNCTAD, 2005). Além da resistência, o algodoeiro é uma planta em que quase tudo é aproveitado. Dessa forma, o algodão e os produtos têxteis derivados desta fibra ocupam um papel relevante no comércio mundial. É possível produzir alimento para animais a partir do caule, folhas, maçãs e capulhos. O caroço possui óleo e proteína bruta. O óleo, após refino, serve para alimentação humana, fabricação de margarinas e sabões. O bagaço, por sua vez, de alto valor proteico, é utilizado na alimentação animal. Tradicionalmente, o agricultor destina sua produção sem qualquer beneficiamento (algodão em caroço) às chamadas “algodoeiras” ou “descaroçadores”, mas os produtores que alcançam uma escala de produção elevada tem a opção de absorver essa etapa e promover o descaroçamento, pelo qual a fibra do algodão é separada da semente e acondicionada em fardos.

A demanda por estes produtos é crescente, alimentada por um conjunto de fatores, desde os constantes aumentos do preço do petróleo e derivados, até as preocupações e exigências ambientais, que revalorizam as fibras naturais. A cotonicultura em períodos mais recentes vem passando por fortes transformações, seja no processo produtivo e tecnologia empregada até na geografia mundial de produção. Dentre as mudanças destacam-se o aumento da participação de países como a Índia e China na produção mundial; a inserção de países como o Brasil, Turquia e países africanos, a exemplo Mali, no conjunto de principais produtores; a elevação da produtividade e a introdução de novas tecnologias, como as sementes transgênicas.

No Brasil, o pólo produtivo de algodão deslocou-se do Sudeste para o Centro-Oeste. Essa mudança permitiu o crescimento da área cultivada e a substituição de um modelo produtivo obsoleto, com baixa produtividade, por um modelo agrícola empresarial de melhor desempenho. Como resultado, os Estados do Mato grosso, Bahia e Goiás assumiram a liderança na produção nacional de algodão em detrimento de São Paulo e Paraná, tradicionais produtores. A produção doméstica foi estimulada por vários fatores, desde a desvalorização cambial em 1999 e o ganho na qualidade da fibra, até as facilidades de financiamento de máquinas e equipamentos e a recuperação do preço no mercado internacional. O crescimento da oferta doméstica permitiu ao Brasil ampliar de forma significativa sua presença no comércio mundial.

#### **4.1.1 – Aspectos agronômicos do algodão**

Embora o algodoeiro seja uma espécie de origem tropical, na atualidade é cultivado entre as latitudes 45° norte e 30° sul, onde ocorrem temperaturas médias de 10°C durante seu ciclo vital. Durante todo o ciclo, são necessários dias predominantes ensolarados, com temperaturas médias entre 22°C e 30°C, não suportando temperaturas inferiores à 5°C.

A planta requer, para um ciclo de 160 dias, entre 750 mm a 900 mm de água bem distribuídos no período. A produção de algodão exige solos férteis, notadamente em matéria orgânica, fósforo e potássio, e com teores de nutrientes equilibrados, por isso requer manejo e sistema de produção específicos, principalmente a rotação com espécies leguminosas e gramíneas. São desfavoráveis solos ácidos ou pobres em nutrientes, úmidos ou sujeitos à

encharcamento, rasos e compactados. O cultivo é manual em países como Índia, Paquistão e China ou mecânico como nos Estados Unidos e Brasil.

A cultura deve ser mantida livre de ervas daninhas durante todo o ciclo e, para tanto, se recorre à aplicação de herbicidas e à limpeza manual e/ou mecânica. Porém, a inevitável introdução de cultivares transgênicos com resistência a herbicidas têm modificado o processo produtivo do algodão. As pragas que atacam essa cultura podem ser divididas em dois grupos: as que ocorrem principalmente no estabelecimento da cultura (broca-da-raiz, tripés, broca-do-ponteiro, percevejo castanho, pulgão, cigarrinha); e as que ocorrem principalmente no florescimento e na frutificação (curuquerê, mosca branca, lagarta-das-maças, ácaro branco, ácaro rajado, percevejo rajado, percevejo manchador, lagarta militar, lagarta rosada e bicudo). O ataque dessas pragas compromete a produtividade, a qualidade das fibras e eleva os custos de produção.

Outro fator que pode comprometer a produtividade é o surgimento de doenças altamente destrutivas, como as murchas de *Fusarium* e de *Verticillium*, nematoides, mancha-angular, ramulose e mosaico das nervuras. Problemas de nutrição, plantas invasoras, doenças e clima também reduzem a produção e afetam a qualidade da fibra, notadamente o comprimento, a espessura, a resistência e a cor. A qualidade final da semente e da fibra também pode ser afetada pelos procedimentos de colheita e pós-colheita.

#### **4.1.2 – Cenário Internacional do algodão**

O mercado mundial de têxteis e de confecções é fortemente condicionado pelas políticas domésticas adotadas em alguns países-chave, notadamente os Estados Unidos, um dos que acompanham mais diretamente o movimento da conjuntura da economia mundial. Trata-se de um mercado fortemente regulado, uma vez que o setor é grande absorvedor de mão-de-obra e muitos países buscam proteger o emprego doméstico impondo restrições ao livre fluxo de comércio na área.

O principal marco regulatório desse mercado foi o Acordo Multifibras (AMF), firmado em 1974, que sancionou o protecionismo e afetou a dinâmica do mercado mundial de fibras de algodão, com base fundamentalmente em um sistema de cota de exportações impostas aos países em desenvolvimento, provocando assim um novo cenário internacional, com deslocamento da

produção primária da indústria de têxteis e confecções, conforme pode ser observado na tabela abaixo.

Tabela 2. Mundo: Acordo Multifibras – exportações de têxteis e vestuários, principais países (US\$ bilhões)

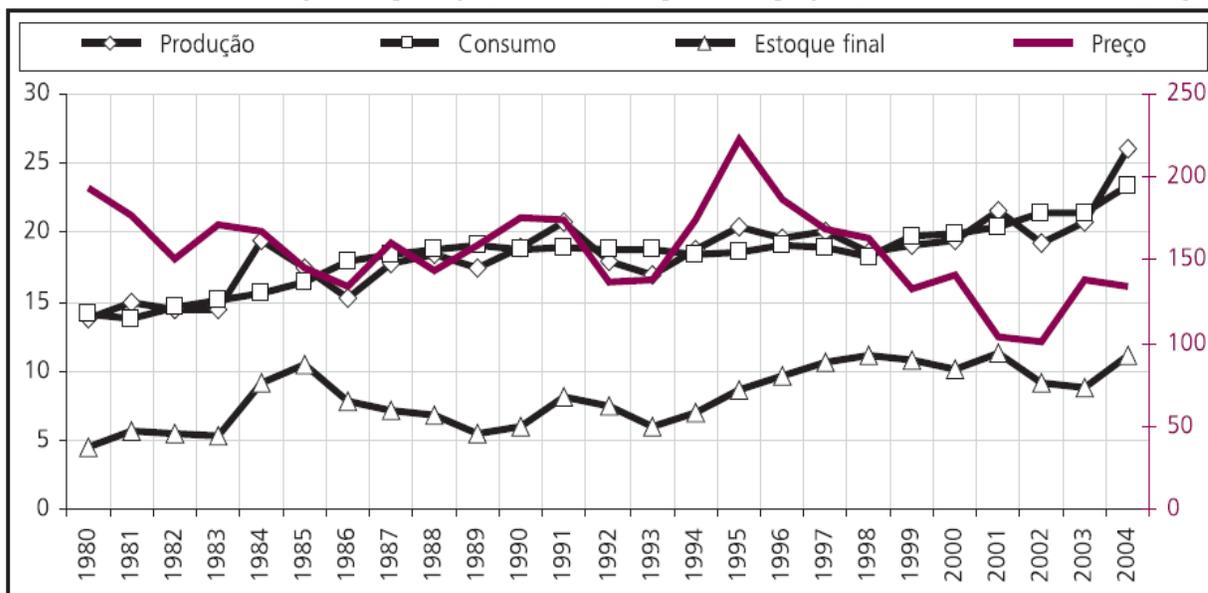
País	1973	1982	1986	1989	2000
União Européia	-	-	-	-	22,3
China	0,6	2,2	4,3	7,0	16,2
Hong Kong	-	-	3,9	7,6	13,5
Coréia do Sul	-	2,5	3,2	5,4	12,8
Taiwan	0,6	1,8	3,1	5,4	11,7
Estados Unidos	1,2	2,8	2,6	4,4	11,0
Japão	2,5	5,1	5,5	5,5	7,0
Índia	0,7	-	-	-	5,0
Paquistão	-	-	-	-	4,5
Turquia	-	-	-	-	3,7
Indonésia	-	-	-	-	3,5
Alemanha	3,0	5,5	8,1	11,1	-
Itália	1,5	4,0	5,9	8,0	-
França	1,7	2,7	3,6	5,0	-
Reino Unido	1,5	2,0	2,4	3,6	-
Suíça	0,6	1,4	-	-	-

Fonte: IICA:MAPA/SPA,2007.

No caso brasileiro, após a abertura comercial no fim da década de 1980, o parque têxtil mudou consideravelmente, destacando-se, além da modernização tecnológica e organizacional, o deslocamento da atividade para a Região Nordeste do país em busca de redução de custos.

Em relação ao mercado de fibras de algodão, a mudança no cenário da economia mundial – elevação dos juros e dos preços de matérias primas, programas de ajuste estrutural, instabilidade do dólar – afetou a dinâmica desse mercado. O menor crescimento do consumo em relação à produção implicou aumento dos estoques finais e acirramento de medidas protecionistas. O Acordo Multifibras que era a princípio destinado apenas ao mercado de têxteis e vestuários, foi prorrogado e passou a impor cotas também ao comércio mundial de fibras de algodão.

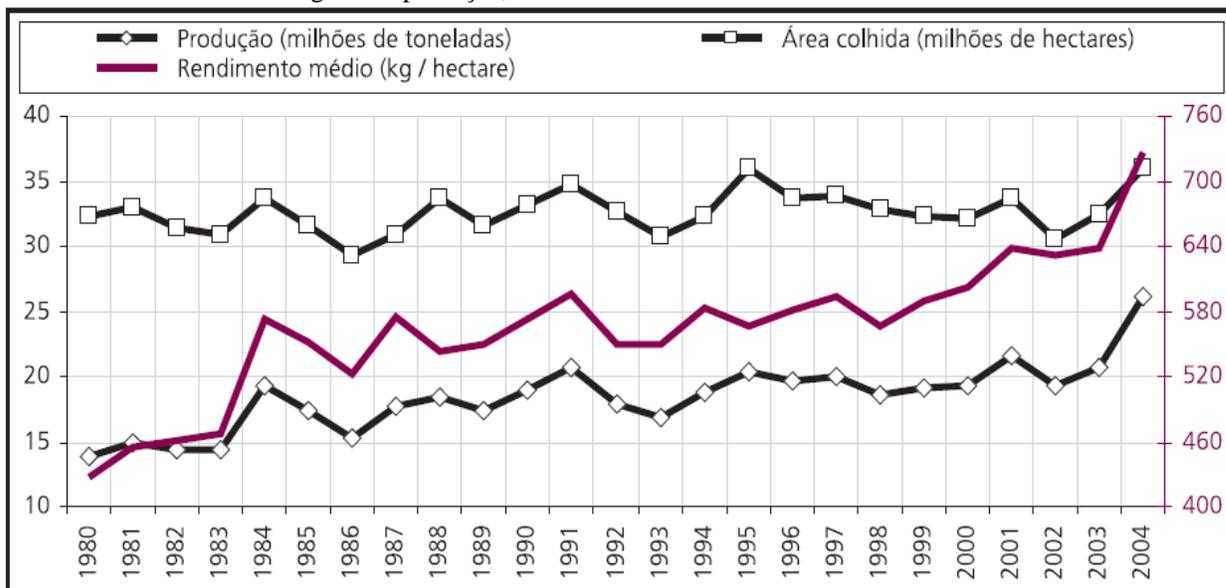
Gráfico 1. Mundo: fibra de algodão – produção, consumo, estoque final e preços (milhões de toneladas e US\$/Kg)



Fonte: IICA:MAPA/SPA,2007, com dados ERS(2005).

A dinâmica do mercado mundial após 1984 indica relativa estabilidade na oferta, na demanda e nos preços até 1992. A recuperação da economia mundial em 1996 estimulou o consumo de testeis e vestuários, com impactos positivos no consumo de fibra de algodão naquele ano, implicando aumento da tecnologia empregada na área cultivada, aumento no rendimento da cultura e, a despeito da manutenção da área colhida, aumento no estoque final em 1997. A nova retração na economia mundial afetou negativamente os preços internacionais de fibras em geral, ocasionando redução na área plantada e na produção de fibras de algodão em taxa superior à redução no consumo, o que contribuiu para redução do estoque final em 1999. A partir desse ano, ocorreu uma reestruturação do equilíbrio e retomada no crescimento da indústria têxtil e de confecções, expansão da produção, consumo e preço, criando um novo cenário positivo para o setor. Esse cenário nos induz a observar que o consumo das fibras de algodão está estreitamente relacionado ao ciclo da economia mundial, ao desempenho da indústria têxtil e de confecções, além dos preços das fibras sintéticas.

Gráfico 2. Mundo: fibra de algodão – produção, área colhida e rendimento médio



Fonte: IICA:MAPA/SPA,2007, com dados ERS(2005).

A evolução no rendimento da cultura de algodão apresenta incremento significativo, da ordem de 100Kg/ha, entre os anos de 1979 e 1983, podendo essa dinâmica ser atribuída à Revolução Verde, a qual preconizava o uso de fertilizantes, defensivos e mecanização, além dos progressos em genética e melhoramento.

No Brasil, o setor público influencia na proteção da cotonicultura e da indústria têxtil e de vestuários nacionais. É importante considerar que o país está apresentando crescimento significativo em suas exportações de fibra. A tendência é que o Brasil se consolide como exportador de matéria-prima, a exemplo dos países africanos e da Austrália, em detrimento de produtos manufaturados.

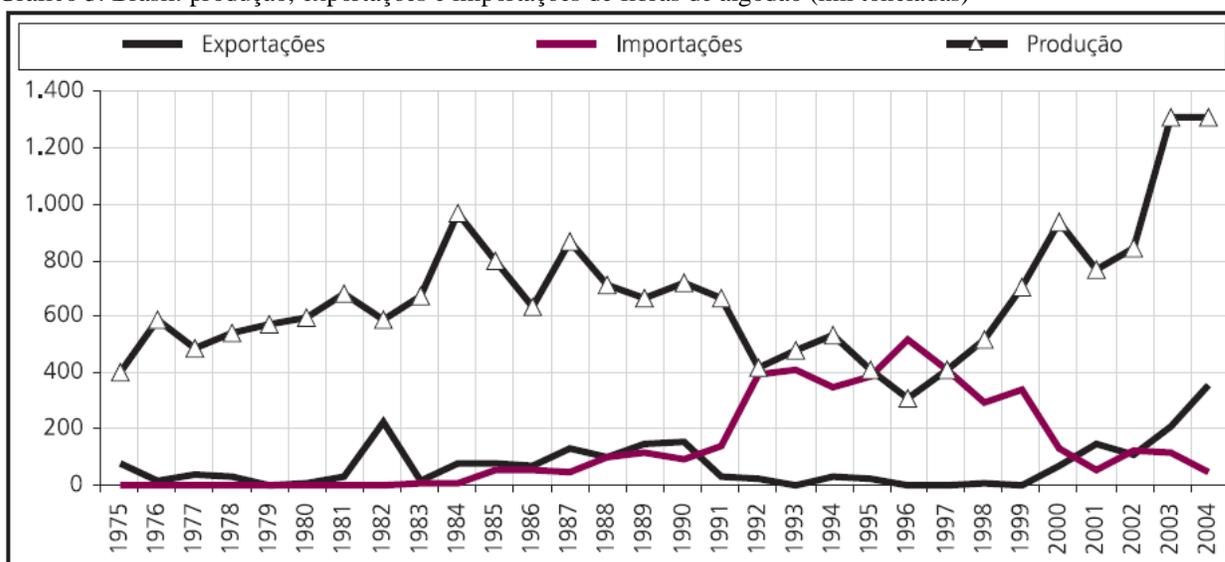
No contexto internacional, o Brasil, na década de 1970 ocupou posição de destaque nas exportações mundiais de algodão. Entretanto, a implantação de políticas nacionais fez com que o país passasse de exportador para um dos principais importadores da fibra no início da década de 1990. A retomada da importância desse país no mercado internacional se deu com a implantação da cotonicultura empresarial na região do Cerrado brasileiro. A partir de 1999, o Brasil apresentou aumento das quantias de fibra de algodão exportada e já ocupa papel de destaque no mercado internacional.

### 4.1.3 – Algodão no Brasil

A exploração comercial no Brasil teve início por volta de 1750, no Maranhão. Após a grande seca de 1845 e a dizimação de quase todo rebanho bovino da região Nordeste, o cultivo do algodão espalhou-se pelo semi-árido, e passou a ter destaque na economia regional com a crise do açúcar a partir da década de 1880. Em 1905, o algodão era o cultivo mais importante da economia local. Várias crises marcaram a história dessa cultura, entre elas se destaca a crise decorrida da praga do bicudo ao final da década de 1980, que contou ainda com os altos custos de produção, redução dos preços internacionais, dificuldades de crédito para plantio e colheita e instabilidade macroeconômica.

Uma nova fase iniciou-se em meados da década de 1990, com uma nova geografia e novo sistema produtivo, aliada a pesquisa e transferência de tecnologia realizada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Brasileira – Embrapa foi possível viabilizar o processo de reorganização da produção do algodão. Segundo revela uma pesquisa do Comitê Consultivo Internacional do Algodão – ICAC (2003), o plantio de algodão no Cerrado brasileiro é o segundo mais competitivo do mundo, perdendo apenas para o Chinês. Em decorrência do “novo” modelo produtivo, a partir de 1998, as exportações de fibras de algodão brasileiro apresentaram crescimento.

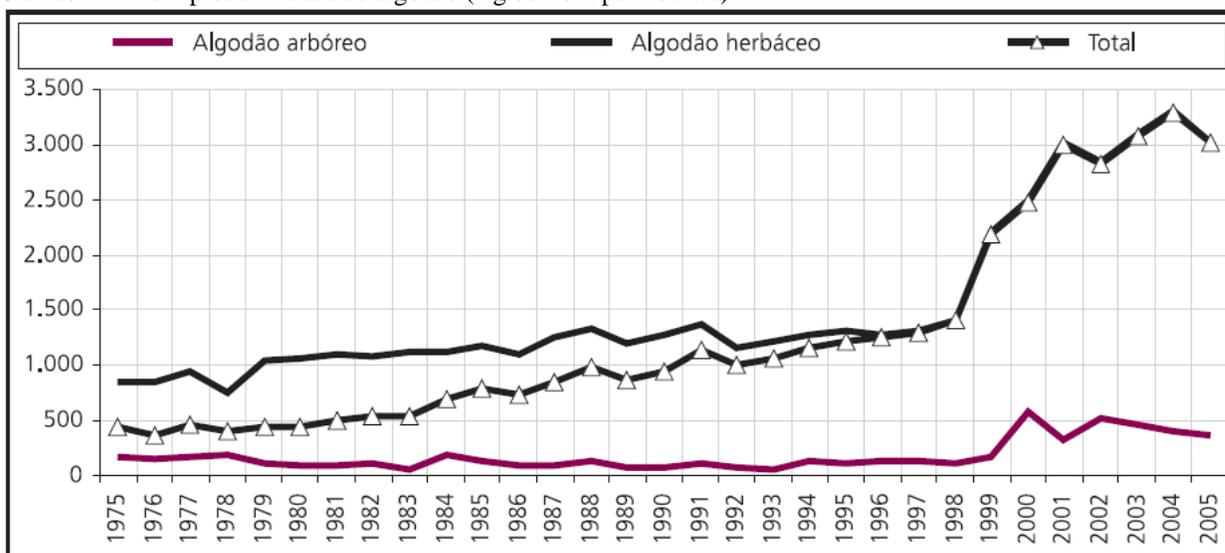
Gráfico 3. Brasil: produção, exportações e importações de fibras de algodão (mil toneladas)



Fonte: IICA:MAPA/SPA,2007, com dados do IBGE, USDA e SECEX.

A partir de 1998, a produção de fibras de algodão no Brasil foi predominantemente de algodão herbáceo, calcado em um modelo caracterizado por altos rendimentos.

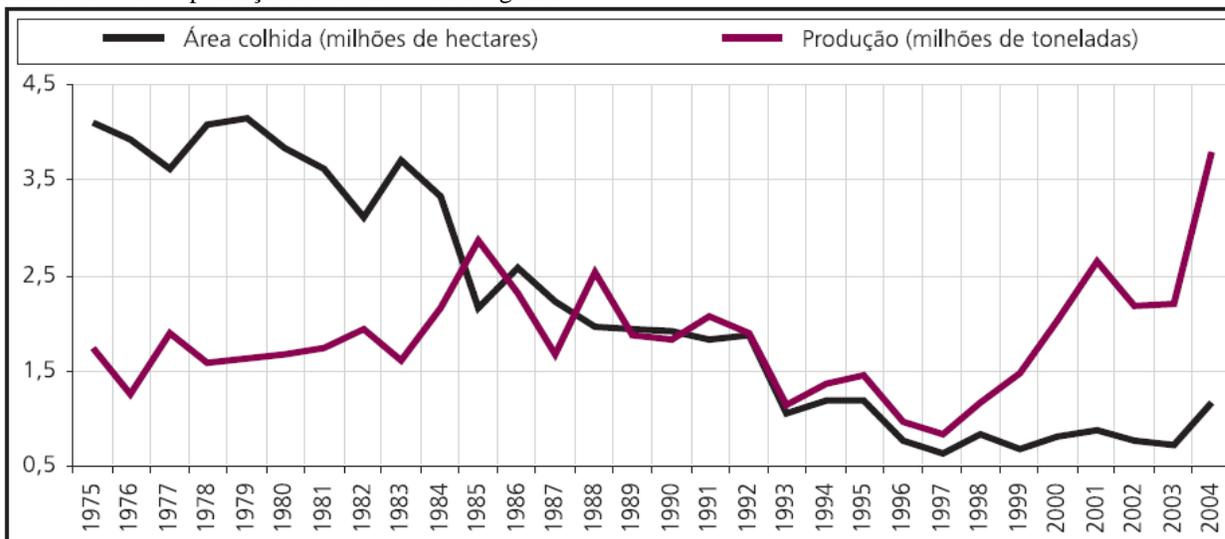
Gráfico 4. Brasil: produtividade de algodão (Kg de fibra por hectare)



Fonte: IICA:MAPA/SPA,2007, com dados do IBGE.

A produção brasileira, após um período de redução, voltou a apresentar tendência de crescimento, atribuída à depreciação da moeda brasileira e ao aumento das tarifas de importação de fibras de algodão, fatos que reprimiram as importações nacionais de fibras de algodão estimulando a produção doméstica.

Gráfico 5. Brasil: produção e área colhida de algodão



Fonte: IICA:MAPA/SPA,2007, com dados do IBGE.

#### 4.1.4 – Cerrado: o sucesso do algodão brasileiro

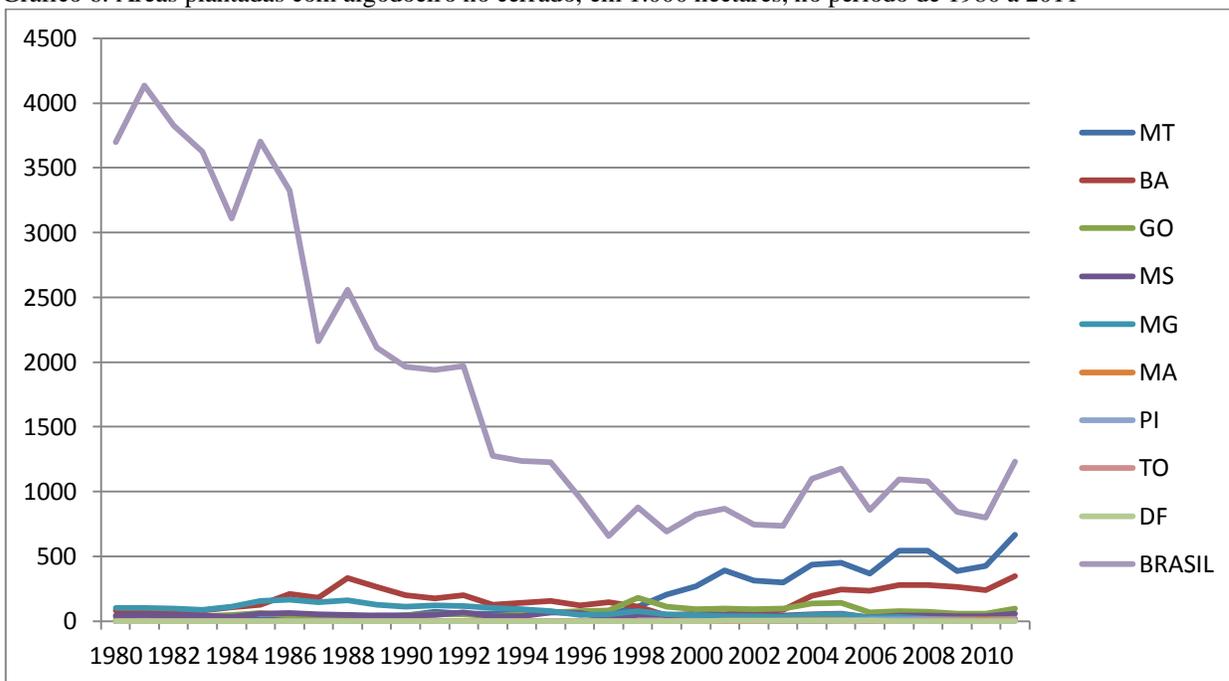
Segundo relata Freire (2011), a expansão da cotonicultura no cerrado ocorreu em épocas diferentes nos diversos Estados brasileiros. “Poderíamos considerar que a expansão do algodão no cerrado ocorreu em duas fases, denominadas de: fase do pioneirismo e fase moderna ou atual”, afirma. A primeira fase, a partir de 1942, engloba os Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Bahia, Minas Gerais, Maranhão e Piauí. Já a fase moderna, com início em 1988, inclui além dos Estados da primeira fase, o Estado de Tocantins (desde 2002).

Freire explica que os produtores empresariais de algodão no cerrado já superaram grandes desafios, como a geração e transferência das tecnologias necessárias a obtenção de algodão de alta produtividade e com qualidade aceita internacionalmente; implantação de parque de máquinas e algodojeiras que possibilitam expansão das áreas cultivadas; organização de instituições de financiamento as pesquisas e a transferência de tecnologias; organização de associações e cooperativas para aquisição de insumos e comercialização da produção nos mercados interno e externo; e negociação da produção junto as indústrias têxteis nacionais e internacionais e no mercado futuro. Segundo o autor, atualmente os desafios são outros: modernização das algodojeiras; organização de indústrias para aproveitamento do caroço do algodão na forma de óleo, tora e biodiesel; verticalização da industrialização da pluma com implantação de fiações e tecelagens; acesso as tecnologias transgênicas de segunda geração; implantação de *traidings* dos produtores, bem como a melhoria da logística das áreas produtoras e dos corredores de exportação, visando à ampliação dos volumes a serem exportados.

“A medida que novas etapas são equacionadas a cotonicultura desenvolvida no cerrado ampliará sua participação e importância na produção nacional de algodão, que hoje já corresponde a mais de 97,3% da fibra produzida no Brasil”, explica Freire (2011). As estimativas para a safra de 2020 vão além. Segundo o autor, estima-se que o Brasil poderá estar plantando 2,5 milhões de hectares de algodão, dos quais 2,4 milhões de alta qualidade, 96% concentrados no cerrado.

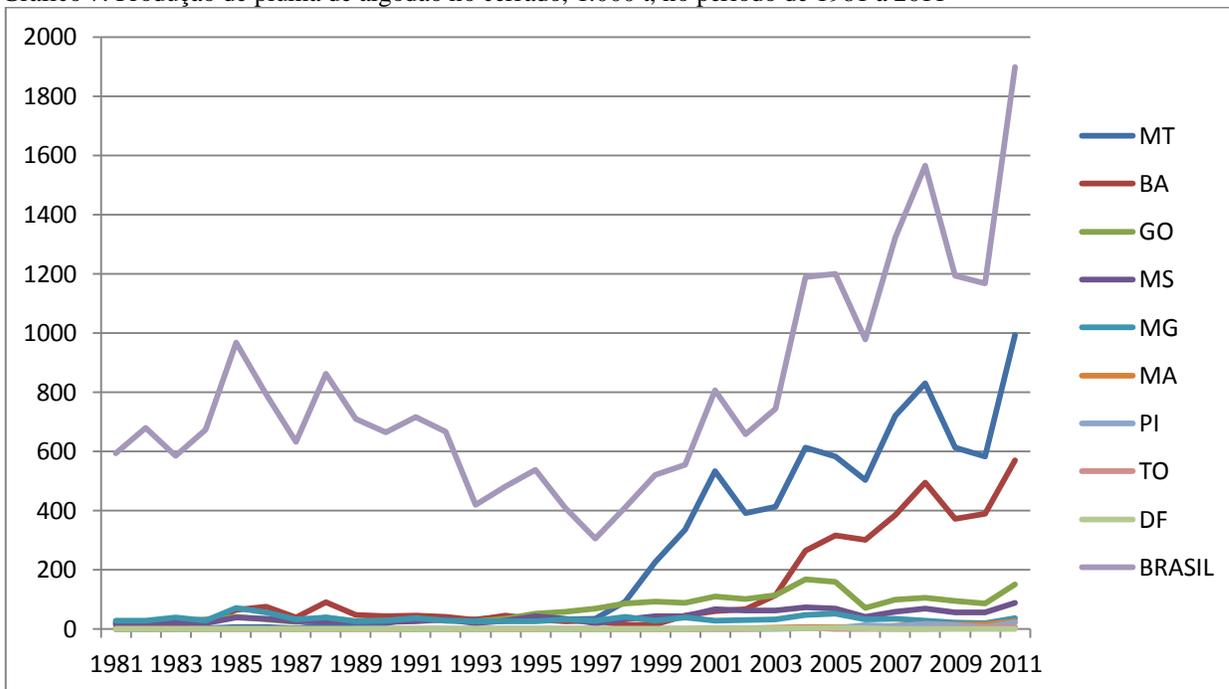
Nas tabelas abaixo é possível verificar que a área plantada com algodojeiro no cerrado foi cada vez mais reduzida. Já a produção, esteve cada vez maior. O resultado disso é o aumento da produtividade no cerrado brasileiro.

Gráfico 6. Áreas plantadas com algodoeiro no cerrado, em 1.000 hectares, no período de 1980 a 2011



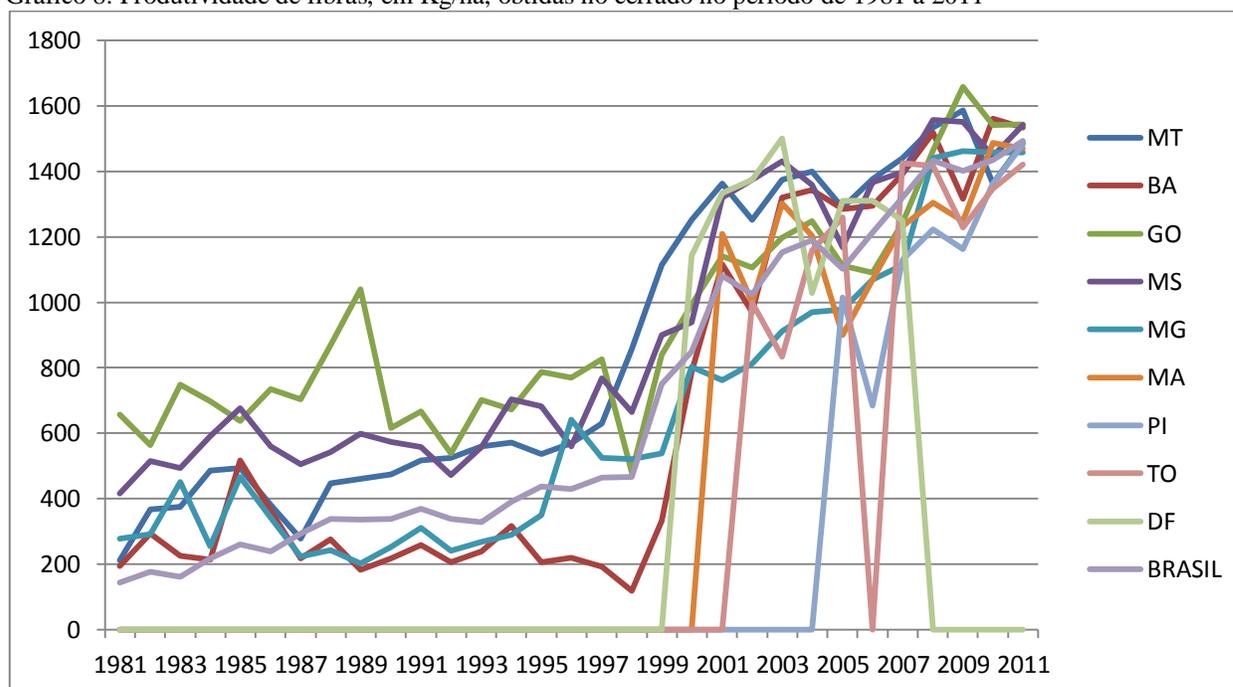
Fonte: Freire (2011), com dados da Conab, 2011.

Gráfico 7. Produção de pluma de algodão no cerrado, 1.000 t, no período de 1981 a 2011



Fonte: Freire (2011), com dados da Conab, 2011.

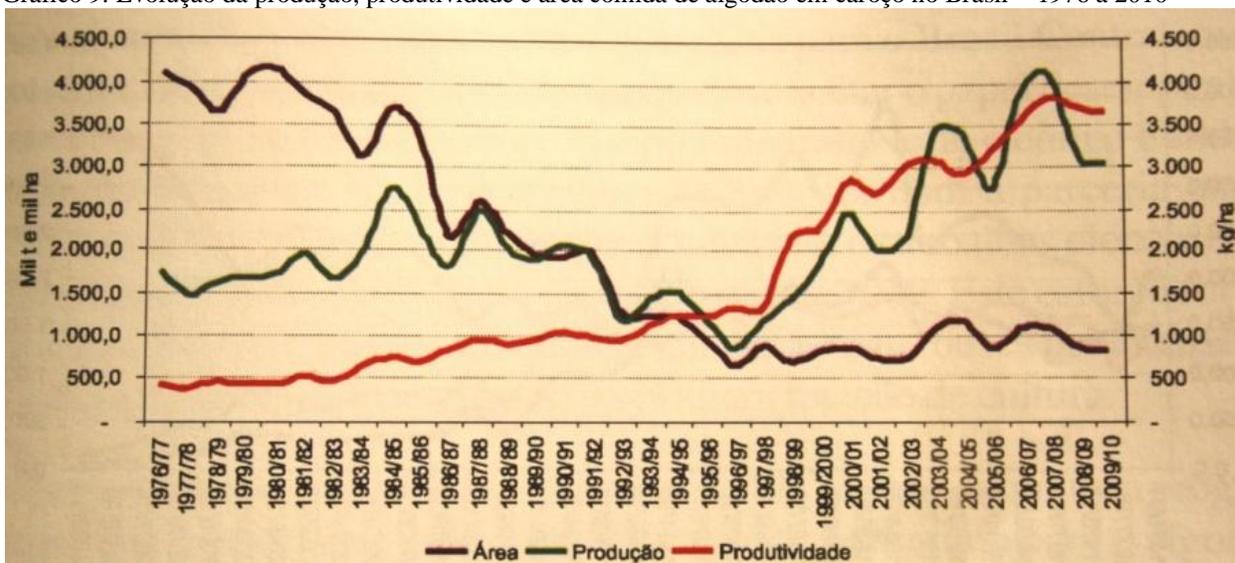
Gráfico 8. Produtividade de fibras, em Kg/ha, obtidas no cerrado no período de 1981 a 2011



Fonte: Freire (2011), com dados da Conab, 2011.

Conforme explicam Filho, Alves e Gottardo (2011), o surgimento da “nova cotonicultura brasileira” fez-se acompanhar de mudanças estruturais profundas na cadeia de produção e comercialização do algodão. A produtividade surgiu como um reflexo do avanço tecnológico. Nos gráficos abaixo refletem a evolução da produção, produtividade e área colhida de algodão em caroço em nível nacional e por Estados. A produtividade agrícola (Kg/ha) do algodão no Brasil foi rapidamente elevada, mesmo em períodos em que a produção era decrescente. Entretanto, foi com o advento da cotonicultura nas novas regiões que a produtividade média nacional teve o maior salto, principalmente entre os anos de 1998 e 1999. “A produtividade agrícola de algodão em caroço que em 20 anos anteriores a 1985 estagnara-se abaixo de 600 Kg/ha, em 1997 alcança 1.400 Kg, e em 2008 ultrapassou 3.800 kg”, explicam.

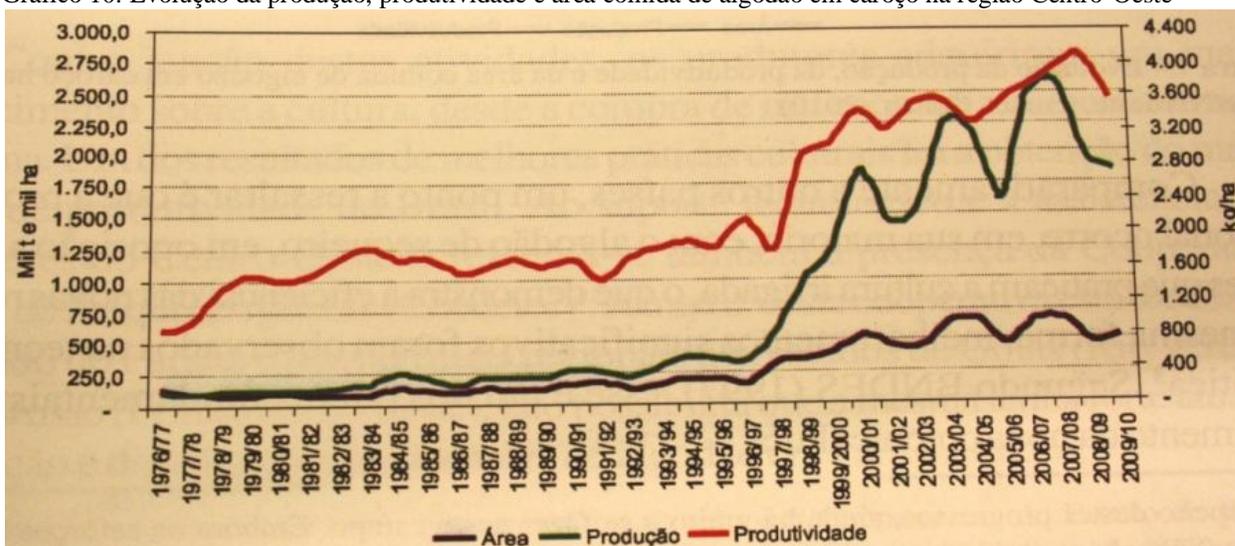
Gráfico 9. Evolução da produção, produtividade e área colhida de algodão em caroço no Brasil – 1976 a 2010



Fonte: Freire (2011), com dados da Conab, 2010.

A dinâmica da produção no Centro-Oeste parece ser dada pela produtividade, apesar de haver acréscimo na área colhida.

Gráfico 10. Evolução da produção, produtividade e área colhida de algodão em caroço na região Centro-Oeste

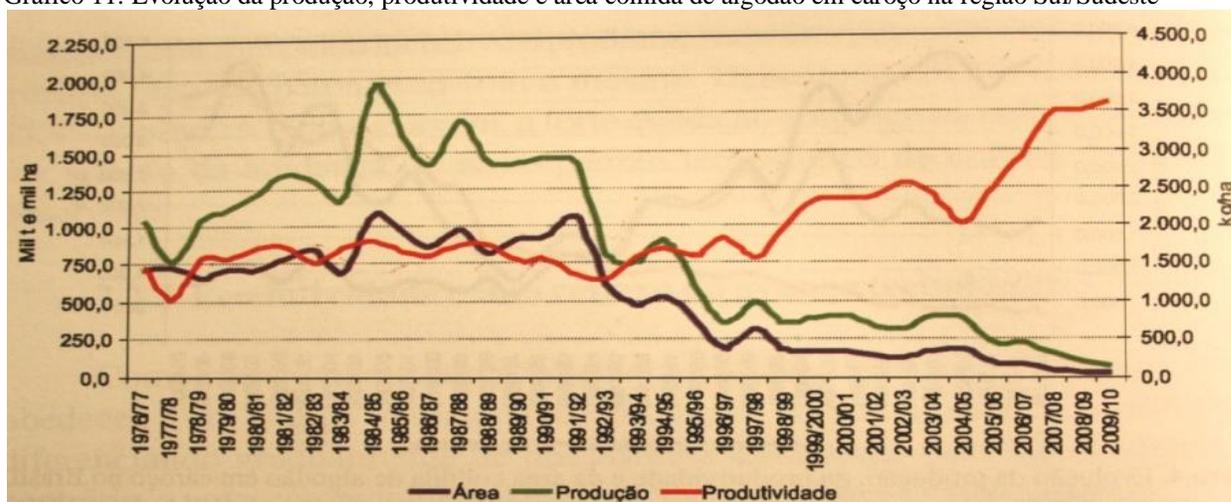


Fonte: Freire (2011), com dados da Conab, 2010.

Nas regiões Sul e Sudeste, houve quedas da área e da produção, com produtividade crescente, como se pode observar nos gráficos abaixo. Segundo Filho, Alves e Gottardo (2011), esse cenário decorre da saída, num primeiro momento, dos produtores menos eficientes da

atividade, sendo que a permanência dos mais eficientes causou ganhos iniciais de produtividade média para a região.

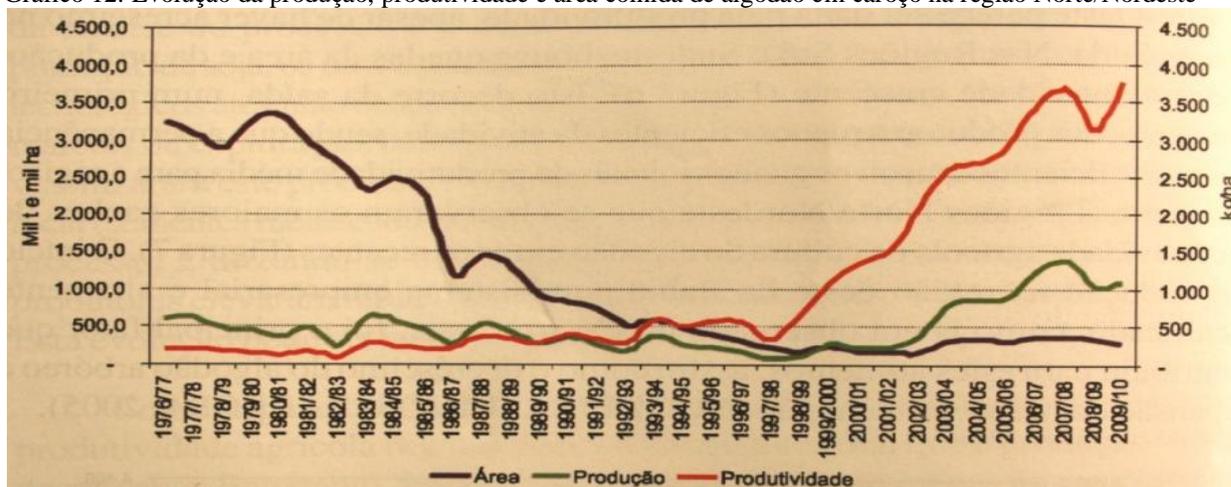
Gráfico 11. Evolução da produção, produtividade e área colhida de algodão em caroço na região Sul/Sudeste



Fonte: Freire (2011), com dados da Conab, 2010.

Já nas regiões Norte e Nordeste foram observados maiores ganhos de produtividade agrícola da cultura do algodão em anos recentes, isso devido ao início da produção na região oeste da Bahia, num sistema empresarial e altamente tecnificado, como já era observado no Centro-Oeste, foi o principal fator que contribuiu para esses aumentos, assim como o decréscimo do algodão arbóreo e expansão do herbáceo na região. Outro ponto a destacar é que a produção nacional ocorre, em sua maioria, com o algodão de sequeiro, em oposição a vários países que praticam a cultura irrigada, o que demonstra a eficiência das novas regiões.

Gráfico 12. Evolução da produção, produtividade e área colhida de algodão em caroço na região Norte/Nordeste



Fonte: Freire (2011), com dados da Conab, 2010.

## 4.2 – Milho

A cadeia produtiva do milho é uma das mais importantes do agronegócio brasileiro. Segundo Caldarelli e Bacchi (2010), considerando apenas a produção primária, essa cadeia responde por 37% da produção nacional de grãos. A demanda crescente, tanto interna quanto externa, reforça o grande potencial desse setor, que é insumo básico para a avicultura e suinocultura, setores extremamente competitivos internacionalmente e grandes geradores de receitas, via exportação, para o Brasil.

Apesar da sua importância, a cadeia produtiva do milho ainda é desorganizada. Conforme explica Pinazza (2007), um dos resultados desse processo tem sido a queda na área plantada com milho na 1ª safra, que vem sendo substituída pelo cultivo da soja, o que não é positivo para o setor, uma vez que o crescimento da área plantada e da produtividade do grão é crucial para a competitividade do segmento de carnes, que tem no milho a principal matéria-prima para a produção da ração. “O aumento da produção e da produtividade também é uma das bases para a redução do custo de produção, de forma que o Brasil se torne mais competitivo também no mercado internacional”, explica.

A exportação é um dos principais caminhos para que a cadeia produtiva do milho se torne mais coordenada. Além disso, a necessidade de um novo fornecedor de milho no mundo está cada vez mais evidente. Pinazza (2007) revela que nos últimos anos, a taxa de crescimento do consumo do grão tem sido superior à taxa de crescimento da produção. E ainda, os principais fornecedores do cereal, como Estados Unidos e China, têm apresentado forte crescimento na taxa de consumo doméstico.

### 4.2.1 – Aspectos agronômicos do milho

As plantas, de forma geral, em qualquer lugar do globo terrestre, se desenvolvem, crescem e se reproduzem, sujeitas a situações desfavoráveis de natureza diversa, que poderão contribuir para a limitação da potencialidade produtiva e de sua plena sobrevivência. De acordo com Fancelli e Dourado Neto (2005), o milho, apesar de reconhecidamente ser considerada uma das espécies cultivadas com elevada capacidade adaptativa, sob o ponto de vista fisiológico,

também se encontra submetido a condições de estresse. “Essas condições desfavoráveis ao seu pleno desempenho podem ser amplificadas por equívocos de manejo e, sobretudo, por inadequação de ambiente de produção”, explicam. Dessa forma, os autores destacam que apesar do milho apresentar adaptação satisfatória a diferentes tipos de ambiente, aqueles relacionados a regiões tropicais de baixa altitude, pelas suas características peculiares, representadas pela ocorrência de temperaturas elevadas e intensa radiação solar, merecem atenção especial.

Para o milho, as maiores exigências em água se concentram na fase de emergência, florescimento e formação do grão. Todavia, no período compreendido entre a etapa de emborrachamento (pré-pendoamento) e grãos leitosos, o requerimento de suprimento hídrico satisfatório aliado a temperaturas adequadas tornam tal período extremamente crítico. Por essa razão, explicam Fancelli e Dourado Neto (2005), a mencionada fase deve ser criteriosamente planejada, com o intuito de assegurar sua coincidência com o período estacional que apresente temperaturas favoráveis (25 a 30°) e chuvas frequentes. Os autores, apud Tollenaar (1977), argumentam que condições de estresse representadas pela ocorrência de déficit hídrico, além de nebulosidade prolongada, deficiências nutricionais e elevada população de plantas, afeta o sincronismo pendão-espiga, com conseqüente redução do número final de grãos por espiga. Estresses hídricos ou térmicos encontram-se relacionados, pois a adequada disponibilidade de água, mediante esfriamento evaporativo, evita que a temperatura da parte aérea das plantas suplante o valor de 45° (a maioria das plantas cultivadas é incapaz de sobreviver a uma prolongada exposição acima dessa temperatura).

Outro importante fator para o sucesso e aumento da produtividade do milho é a população e distribuição espacial de plantas. No caso brasileiro, tradicionalmente o espaço entre linhas adotado pela maioria dos produtores concentra-se entre 0,80 e 0,90m, devido, principalmente, à adequação das colhedoras em sistemas que adotam espaçamentos inferiores a 0,80m. Entretanto, atualmente, há disponibilidade no mercado brasileiro de semeadoras e colhedoras que permitem a utilização de até 72.000 plantas de milho por hectare, sob espaçamento entre linhas de 0,55m, com aumento de produtividade, conforme informam Fancelli e Dourado Neto (2005).

Uma ressalva a ser observada é que ocorreram importantes mudanças nos sistemas de produção de milho sequeiro no Brasil, ressaltando-se o aumento da área com uma segunda cultura no ano agrícola (safrinha) e a expansão do sistema de plantio direto – caracterizado pelo

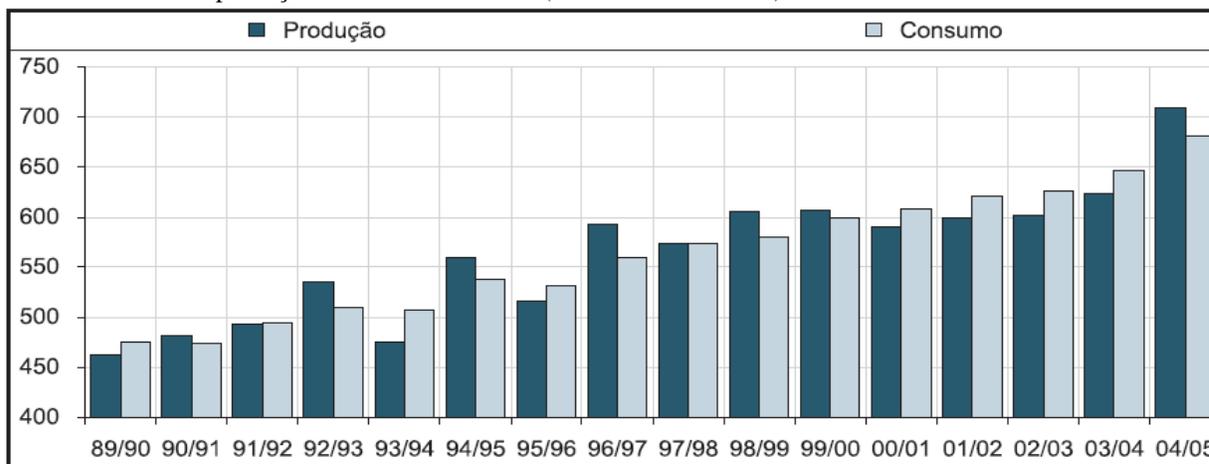
não revolvimento do solo, preservando, dessa forma, os resíduos vegetais da cultura anterior sobre a superfície do solo, um componente importante desse sistema, além de ser uma alternativa para reduzir riscos de degradação ambiental, sem alterar a produtividade das culturas. A adoção do sistema plantio direto alterou a permanência da biomassa vegetal no solo que, por sua vez, está demandando novos estudos sobre adubação das culturas, especialmente a nitrogenada. “O nitrogênio, além de ser o nutriente fornecido em maior quantidade nas adubações, é o que tem o manejo e recomendação de adubação mais complexa”, explicam Fancelli e Dourado Neto (2005).

Nos últimos anos vem sendo observado um aumento da produtividade da cultura do milho no Brasil em função, principalmente, da utilização adequada de híbridos cada vez mais produtivos e da maior profissionalização do agricultor, com emprego de tecnologias básicas de produção. Por outro lado, ao mesmo tempo tem sido notada maior ocorrência de doenças tanto na safra de verão como na safrinha, as quais podem acarretar danos à produtividade e diminuição da qualidade dos grãos. Dessa forma, é necessário que ocorra um manejo racional e eficiente de doenças de milho, tais como manchas foliares, ferrugens, carvões, podridões, enfezamentos e viroses.

#### **4.2.2 – Cenário Internacional do milho**

O consumo mundial de milho cresceu de forma expressiva nos últimos quinze anos, com crescimento médio anual de 2,4%, sendo os Estados Unidos o que registrou o maior crescimento no consumo doméstico, que sofreu um incremento de 78,68 milhões de toneladas nesse período. Além do crescimento do milho destinado à produção de ração, os Estados Unidos registraram também um elevado consumo do cereal destinado à produção de álcool. Mas, a demanda destinada à alimentação animal responde por cerca de 68% de todo o milho consumido no mundo. A América do Norte foi a região que registrou o maior crescimento no consumo nos últimos quinze anos, seguida do Leste da Ásia e em terceiro, a América do Sul, em contrapartida, a Europa registrou perda de participação. Já o sorgo, que atua como principal concorrente do milho registra um consumo mundial relativamente estabilizado. É importante observar que o ritmo de crescimento do consumo de milho passou a superar o ritmo de crescimento da produção, conforme figura abaixo.

Gráfico 13. Mundo: produção e consumo de milho (milhões de toneladas)



Fonte: IICA:MAPA/SPA, 2007, com dados USDA.

No que tange aos principais exportadores, permaneceram concentradas em poucos países como Estados Unidos, China e Argentina, que detém cerca de 90% das exportações globais. Já nas importações, é possível verificar que há uma pulverização do mercado e que o índice de concentração dos quatro maiores países (Japão, Coreia do Sul, México e Egito) é baixo, correspondendo a 48,7% da participação mundial. Dados da USDA revelam a existência de 84 países importadores de milho, contra cerca de 30 exportadores.

#### 4.2.3 – Milho no Brasil

O consumo doméstico brasileiro, entre 1997 e 2005, cresceu a uma taxa de 1,4% ao ano, sendo que o segmento animal é o grande motor que impulsiona o crescimento da demanda. Conforme explica Pinazza (2007), com a profissionalização da cadeia produtiva e com a migração da produção para a região Centro-Oeste, a produção de milho passou a ter caráter mais comercial, reduzindo, portanto, o consumo do produto dentro da propriedade, ainda que essa produção tenha um caráter de subsistência, principalmente nas regiões Norte e Nordeste. O autor explica ainda que entre 1990 e 2005, a área plantada com milho na safra de verão foi reduzida em 2,79 milhões de hectares, queda essa determinada por fatores econômicos e mudanças políticas no Brasil. Já na década de 1980 o ganho de produtividade obtido em campo ocorreu em virtude de uma política de subsídios na qual imperava um ambiente de ampla intervenção do Estado, na

década de 1990, o aumento da produtividade foi reflexo da política de liberalização do comércio e da redução do papel do Estado no setor agrícola.

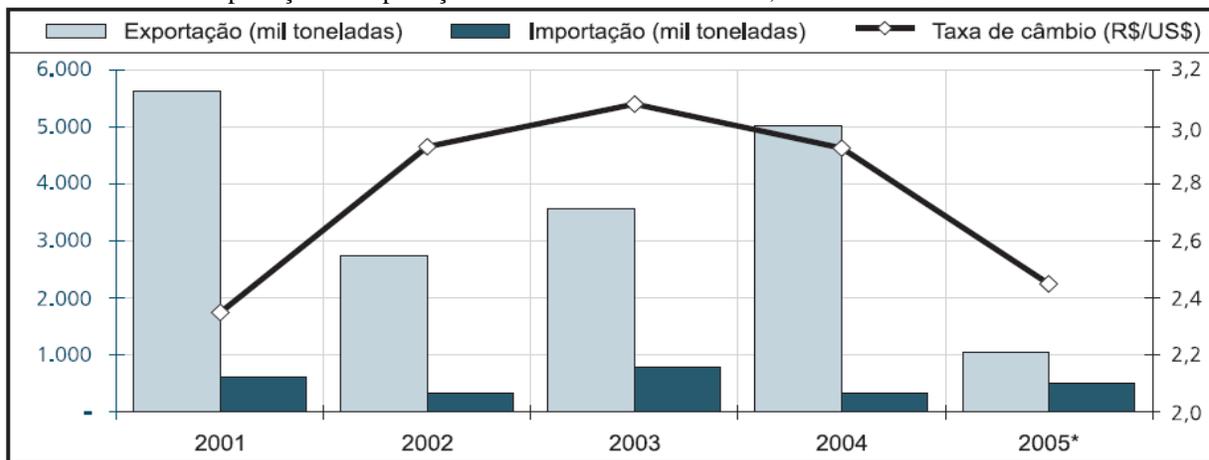
Por outro lado, houve crescimento na área plantada com milho na safra verão, sendo a região Centro-Oeste a que registrou o maior crescimento absoluto em área. De 1990 a 2005 a área plantada aumentou em 1,45 milhão de hectares, passando a ser essa região a principal produtora de milho-safrinha. O Centro-Oeste registrou ainda o maior crescimento na produtividade (3,9% a.a. nos últimos dez anos).

No que tange ao mercado internacional, o Brasil só possui competitividade nas exportações por uma questão cambial, e não por custo de produção. “Enquanto a moeda se manteve desvalorizada e aliada a altas nos preços internacionais, as exportações permaneceram ativas”, explica Pinazza (2007). De 2001 a 2004, o Brasil exportou um total de 16,9 milhões de toneladas. Já em 2005, com a apreciação do real perante o dólar e com a quebra de produção doméstica e a conseqüente alta dos preços no mercado brasileiro, as exportações de milho praticamente paralisaram a partir de abril. Pinazza explica que a inserção do milho brasileiro no mercado internacional ocorreu muito mais por uma mudança na política macroeconômica do Brasil que em decorrência das oportunidades oferecidas pelo mercado externo. “Em razão da baixa produtividade brasileira e diante do alto consumo doméstico, os preços do milho no Brasil sempre foram pouco competitivos em relação aos preços praticados nos países exportadores”, argumenta.

De fato, o mercado brasileiro do milho ainda não se encontra solidificado em uma base exportadora, o que dificulta a sua competitividade a nível internacional. O mercado brasileiro desse grão, que chegou a ser o quarto maior exportador (2001), não poderá ficar amparado apenas pela taxa cambial para que haja competitividade de exportação. A redução do custo de produção e o aumento de produtividade serão fatores cruciais para que o milho brasileiro seja competitivo no mercado internacional. Dados demonstram que as exportações brasileiras de milho tiveram queda. Já em relação às importações, o mercado brasileiro sempre foi um tradicional importador. Apesar de ter um histórico de auto-deficiência na produção, os impactos logísticos favoreceram a compra do produto argentino até a década de 1990. A partir de 2001, com a desvalorização cambial, o volume importado caiu de maneira significativa, ao mesmo tempo em que não existia a regulamentação da Lei de Biossegurança (sancionada apenas em 2005), a importação do milho

argentino tornava-se proibida, uma vez que o cultivo de transgênicos é largamente utilizado na Argentina.

Gráfico 14. Brasil: exportações e importações de milho e taxa de câmbio, de 2001 a 2005

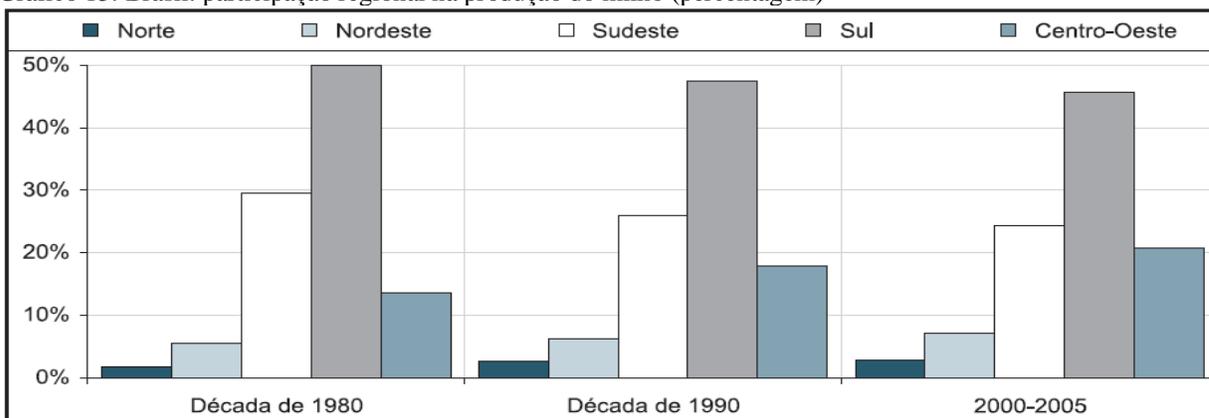


Fonte: IICA:MAPA/SPA, 2007, com dados Céleres e Banco Central.

Esse cenário brasileiro diante do mundo se deve, entre outros fatores, pela falta de crédito ao setor, baixa disseminação de tecnologia, obscuridade na formação de preços, quebra de contratos, ausência de estímulo à produção por parte das indústrias que deveriam coordenar esse processo, o que torna a produção primária de milho ainda mais atrasada diante dos principais concorrentes. No entanto, o Brasil está entre os maiores produtores do mundo, e que registrou um dos maiores aumentos de produtividade ao longo das últimas décadas (crescimento anual médio de 3% a.a.), perdendo apenas para Argentina (com 5,9%).

Em relação à produção nacional por região no Brasil, é notável que ao longo dos anos ocorreu uma queda na fatia das regiões Sul e Sudeste, e um aumento por parte do Centro-Oeste, conforme gráfico abaixo.

Gráfico 15. Brasil: participação regional na produção do milho (percentagem)



Fonte: IICA:MAPA/SPA, 2007, com dados Céleres e Conab.

### 4.3 – Soja

A soja é um grão muito versátil que dá origem a produtos e subprodutos muito usados pela agroindústria, indústria química e de alimentos. Na alimentação humana, a soja entra na composição de vários produtos embutidos, em chocolates, temperos para saladas, entre outros produtos. A proteína de soja é a base de ingredientes de padaria, massas, produtos de carne, cereais, misturas preparadas, bebidas, alimentação para bebês e alimentos dietéticos. A soja também é muito usada pela indústria de adesivos e nutrientes, alimentação animal, adubos, formulador de espumas, fabricação de fibra, revestimento, papel emulsão de água para tintas.

Seu uso mais conhecido, no entanto, é como óleo refinado, obtido a partir do óleo bruto. Nesse processo, também é produzida a lecitina, um agente emulsificante (substância que faz a ligação entre a fase aquosa e oleosa dos produtos), muito usada na fabricação de salsichas, maioneses, achocolatados, entre outros produtos. Recentemente, a soja vem crescendo também como fonte alternativa de combustível. O biodiesel de soja já vem sendo testado por instituições de pesquisa, como a Embrapa, além de estar sendo testado em diferentes cidades brasileiras.

A soja que hoje é cultivada mundo afora, é a principal fonte de proteína para a indústria de alimentação animal. Essa cultura tem crescido de forma suficiente para atender à demanda por este produto, que no período compreendido entre 1980 e 2005, numa base mundial, tem-se expandido crescentemente, com taxas médias anuais na década de 1980 da ordem de 3% ao ano, e na década de 1990, 5,5% a.a. A partir de então, uma nova aceleração é observada no consumo de soja, que, nos últimos anos cresceu a uma taxa média anual de 5,6%, com pico de 10,4% no ano comercial de 2004/2005. Esses dados, divulgados pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos – USDA, revelam que o crescimento médio da demanda por soja, desde 1998/1999, é de 6,8% ao ano.

Os chineses já conhecem o potencial da soja para uso na alimentação há milênios, mas somente nos últimos anos, os ocidentais passaram a considerar a soja como alimento funcional, aquele que, além das funções nutricionais básicas, produz efeitos benéficos à saúde.

Atentos às características especiais do grão, pesquisadores e técnicos da Embrapa Soja trabalham no desenvolvimento de cultivares de soja ainda mais adequada ao consumo humano, entre outras atividades que visam promover o uso da soja na alimentação. Desde 1985, ano em que o programa da Embrapa Soja para incentivo de utilização de soja na alimentação humana

iniciou, foram desenvolvidas oito cultivares de soja com conquistas que vão desde a diminuição do sabor característico da soja (sabor mais suave) ao tamanho da semente e teor de proteínas, entre outras características.

Quando se analisa a competitividade da matéria-prima (soja), a teoria das vantagens comparativas é bastante utilizada para justificar a competitividade do Brasil perante os concorrentes. O potencial produtivo de expansão dessa oleaginosa está quase todo no Brasil, em termos topográficos, meteorológicos e de disponibilidade de terras. O baixo custo da mão-de-obra brasileira também é amplamente utilizado na literatura como fator de competitividade. “Além do mais, o Brasil está na vanguarda mundial da tecnologia de produção dessa oleaginosa nas regiões tropicais”, explica Pinazza (2007).

#### **4.3.1 – Características agronômicas da soja**

Segundo Motta, et al. (2000), o desenvolvimento da soja é influenciado por inúmeros fatores ambientais, entre estes a temperatura, a precipitação pluvial, a umidade relativa do ar, a umidade do solo e, principalmente o fotoperíodo, a época de semeadura exerce influência decisiva sobre a quantidade e a qualidade da produção. Dessa forma, a avaliação do comportamento agronômico de cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura, em determinada região, é de importância fundamental na indicação do período mais favorável de plantio.

Motta, et al. (2000) explicam que a cultura da soja é muito sensível ao comprimento do dia, ou melhor, à extensão do período de ausência de luz para a indução floral. Portanto, o efeito típico do fotoperíodo na soja é a redução do período compreendido entre a emergência das plântulas e o início do florescimento e, conseqüentemente, do ciclo da cultura. Quando uma cultivar é levada para regiões com menor latitude ou quando a semeadura é retardada, traz como resultado plantas baixas, com menor altura de inserção da primeira vagem, redução da área foliar e menor produtividade.

Além da análise das características químicas e de adubação, potencial hídrico do solo e condições fisiológicas das sementes, é preciso atentar para o controle de lagartas e percevejos. A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill.) é atacada por diversos insetos e pragas, e entre os mais

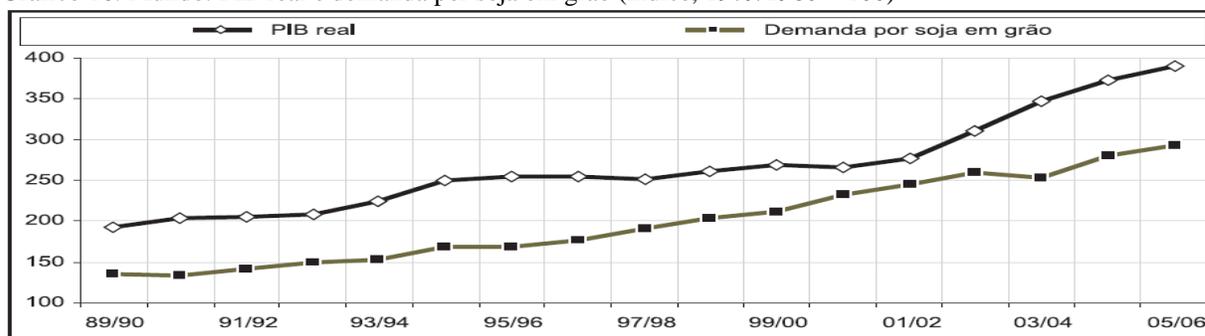
nocivos encontram-se espécies de percevejos, causadores de sérios prejuízos aos produtores. O ataque de percevejos durante a fase de formação de grãos ocasiona o aborto de grãos ou de vagens. No período de enchimento de grãos, pode causar enrugamento, deformações, redução da produtividade e da qualidade das sementes, além de retenção foliar, ou presença de caules verdes no momento da colheita.

Outro aspecto a ser observado é que evitar perda é sinônimo de multiplicar lucros. É necessário que os produtores estejam atentos para a medição das perdas durante a colheita, que podem ser medidas na frente, abaixo ou atrás da passagem da colheitadeira. As perdas na frente da colheitadeira são decorrentes de operações pré-colheita, como vento, chuva e aspectos da natureza. Já as perdas em baixo da colheitadeira representam problemas de corte e captação. A última medição, atrás da colheitadeira, representam perdas pós-colheita, com problemas de trilha, separação e limpeza. São pequenas ações que fazem a produtividade aumentar, uma vez que problemas básicos como regulagem correta da colheitadeira, velocidade, deformações na barra de corte, desnivelamento da plataforma, pneus descalibrados, posições do molinete, possam ser facilmente corrigidos.

#### 4.3.2 – Cenário Internacional da Soja

Segundo explica Pinazza (2007), há uma razoável correlação de longo prazo entre o crescimento da demanda mundial da soja e dos seus derivados com o crescimento do produto Interno Bruto (PIB) mundial. “No período de 1989/1990 e 2004/2005, o PIB mundial cresceu 114,1%, e a demanda mundial por soja em grãos, aumentou 123,8%, o que leva a uma correlação de 94,3%”, explica.

Gráfico 16. Mundo: PIB real e demanda por soja em grão (índice, 1979/1980 = 100)

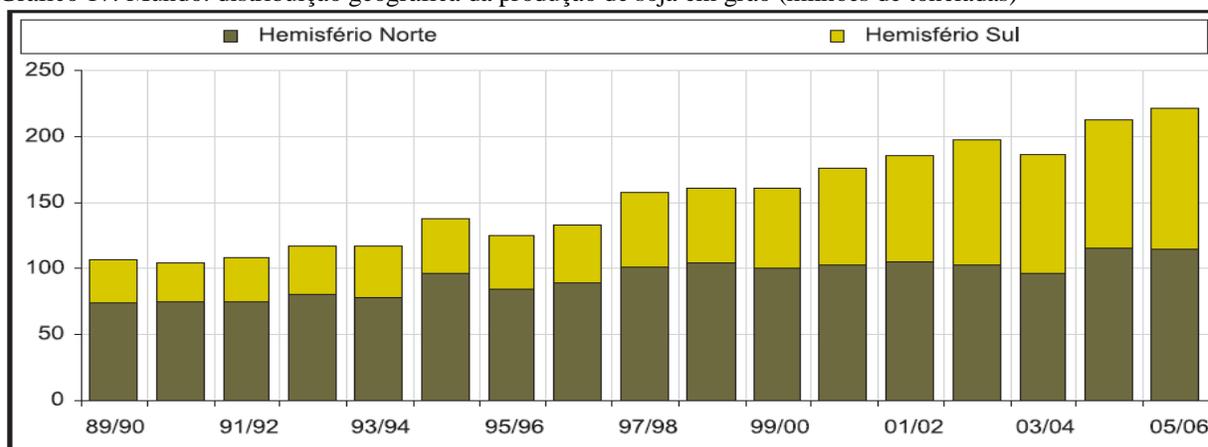


Fonte: IICA:MAPA/SPA, 2007, com dados USDA, FMI e Céleres.

O principal fato em curso na estrutura do mercado da soja é a alteração quase que simultânea da dispersão geográfica da produção e do consumo. Segundo Pinazza (2007), a emergência da América do sul como região predominante na produção de soja, ao mesmo tempo em que a Ásia desloca a Europa Ocidental como principal zona de consumo da soja, causa impactos ainda pouco definidos e quantificados nos processos de formação de preço internacional da soja.

Desde 1989/1990, a participação da produção de soja oriunda do hemisfério Sul cresceu de um patamar de 30% do total mundial para o nível expressivo de 47,8% (média dos últimos quatro anos). Brasil e Argentina, sozinhos, responderam por 91,8% da soja adicionada ofertada no mercado mundial. Já pelo hemisfério Norte, os Estados Unidos e China responderam por 92% do excedente de soja criado nos últimos dezessete anos.

Gráfico 17. Mundo: distribuição geográfica da produção de soja em grão (milhões de toneladas)

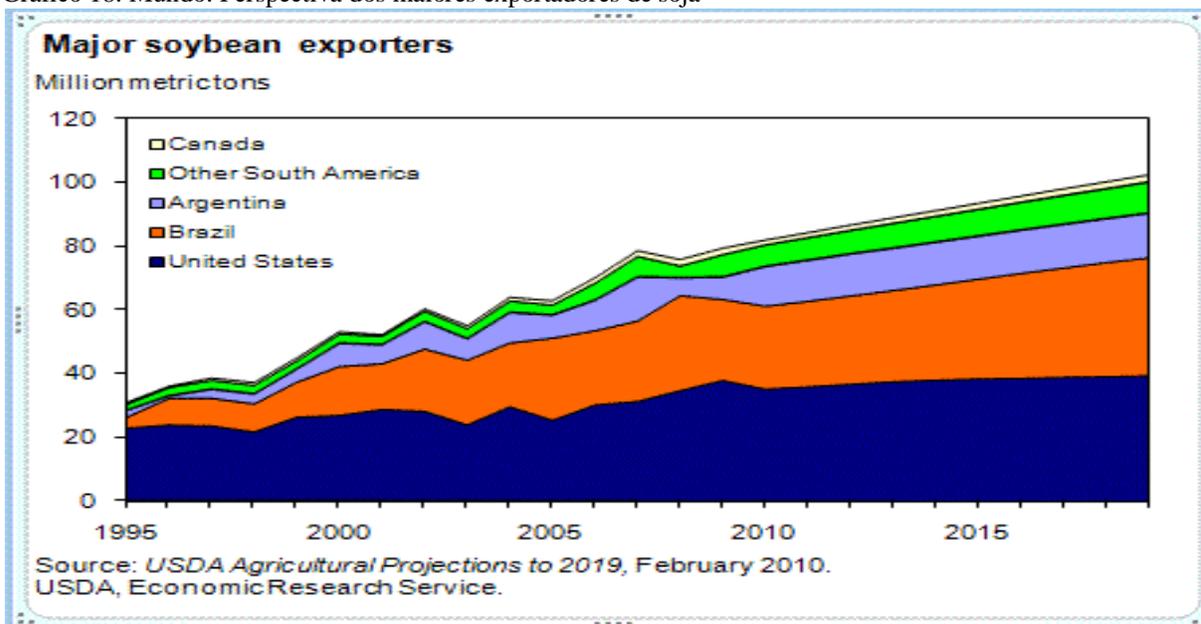


Fonte: IICA:MAPA/SPA, 2007, com dados USDA e Conab.

A geografia do comércio mundial vem sendo mudada, entre outros fatores, pelos acordos de políticas agrícolas, que integram dispositivos de redução das barreiras comerciais e novas disciplinas sobre os subsídios agrícolas, que leva a um aumento significativo dos fluxos de grãos comercializados no mercado internacional.

Uma perspectiva do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) para os próximos anos revela que o Brasil continuará ocupando o ranking de segundo maior exportador de soja, perdendo apenas para os Estados Unidos.

Gráfico 18. Mundo: Perspectiva dos maiores exportadores de soja



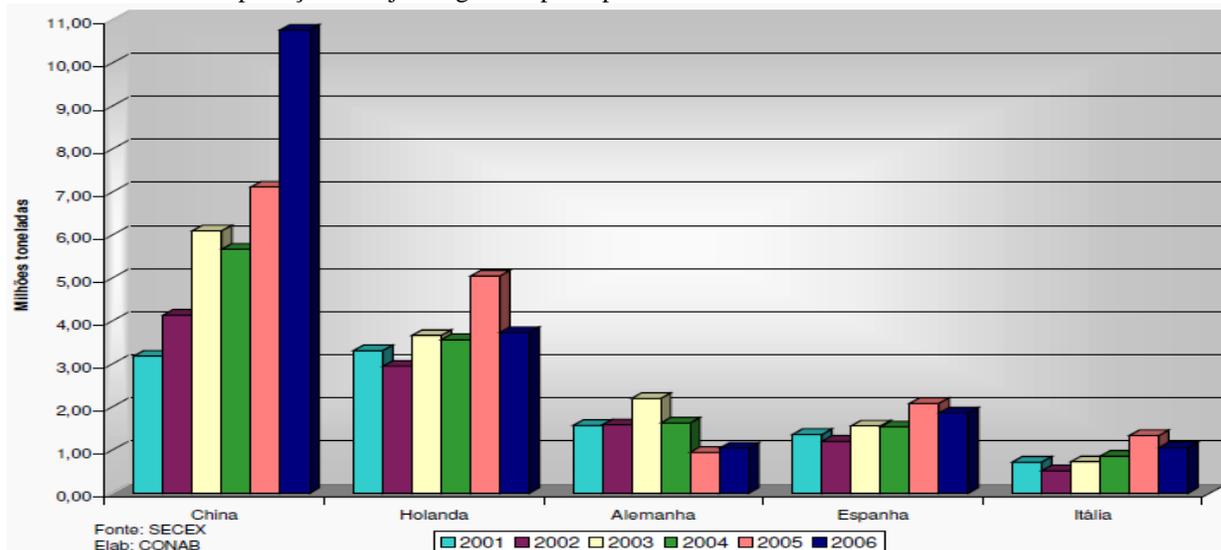
Fonte: USDA

### 4.3.3 – Soja no Brasil

Sendo o Brasil o segundo maior produtor mundial e um importante ator no contexto global do comércio exterior da soja e seus derivados, a dinâmica do comércio exterior exerce forte impacto sobre o sistema agroindustrial da soja e sobre a economia brasileira como um todo.

Entre 1993 e 2005, a receita cambial com a exportação de soja cresceu à expressiva taxa de 9,4% ao ano. Essa cultura vem cada vez mais ganhando espaço na pauta de exportações, que segundo os dados revelam, tem tido contínuo crescimento na produção. Segundo revela Pinazza (2007), o Brasil vem apresentando um intenso ritmo de captura de fatias do mercado externo de soja em grãos, por conta do apetite comprador no exterior, em especial na Ásia, da gradual redução dos excedentes exportáveis nos Estados Unidos, e, principalmente, por conta de desequilíbrios tributários no mercado interno. “De uma participação de mercado da ordem de 15%, no começo da década de 1990, o Brasil avançou substancialmente, a ponto de deter, no ano comercial de 2004/2005, 35,5% das exportações mundiais de soja”, comprova Pinazza.

Gráfico 19. Brasil: Exportação de soja em grãos – principais destinos



Fonte: Conab

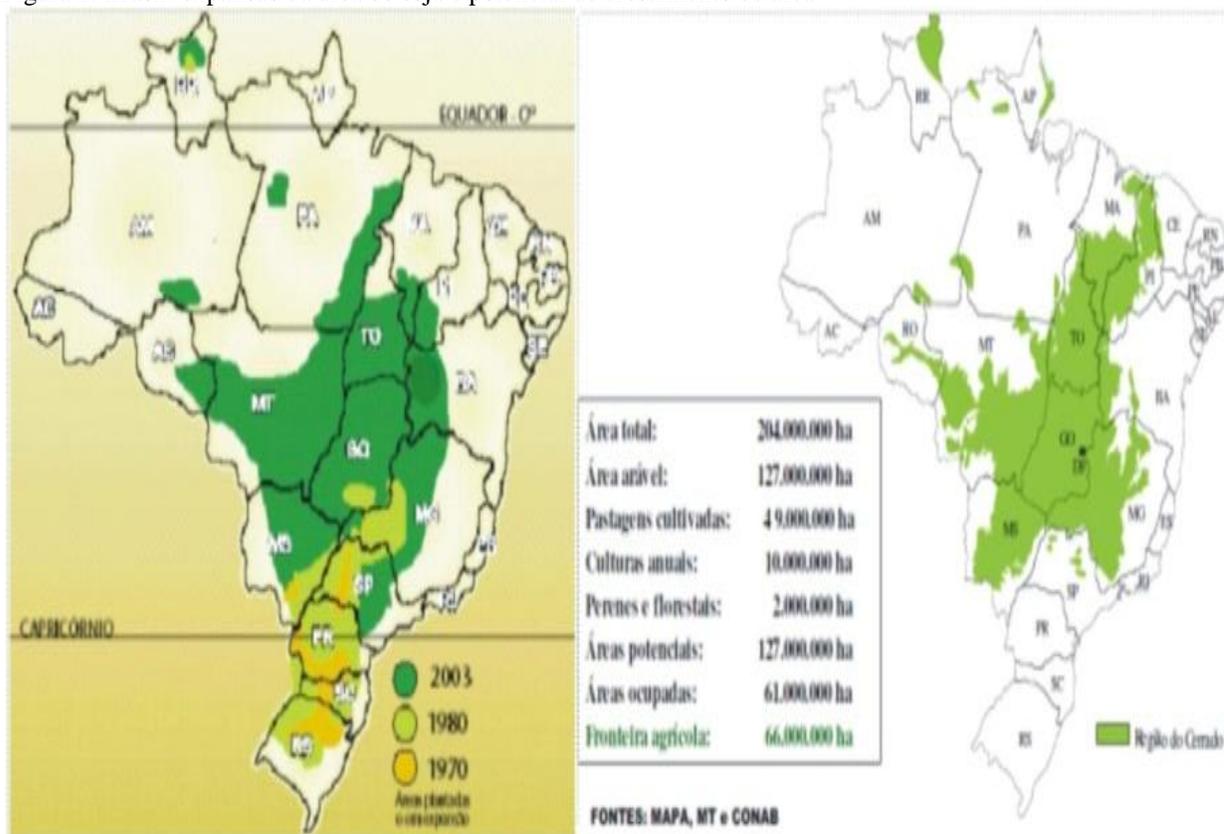
A partir da Lei Kandir, responsável por exonerar o ICMS sobre a exportação dos produtos básicos, incluindo a soja em grãos, tornou-se mais vantajoso para as indústrias exportarem soja diretamente, a partir dos estados produtores, ao invés de processar esta matéria-prima internamente.

O Brasil possui uma estratégia competitiva na exportação dos produtos do complexo da soja. Conforme explica Pinazza (2007), nos últimos dezesseis anos, a participação média da exportação com base em soja no Brasil foi de 73,1% da produção total. Nota-se um complexo e integrado mecanismo de financiamento, processamento e escoamento da produção, coordenado a partir das grandes multinacionais a fim de garantir um bom funcionamento dessa cadeia. Numa análise microeconômica, o elevado nível da produtividade média da produção de soja nas fazendas brasileiras também deve ser computado como um importante fator de competitividade do sistema agroindustrial da soja. Em contrapartida, alerta Pinazza, as ineficiências existentes na infra-estrutura brasileira de transporte e armazenamento são um fator que reduz claramente a competitividade brasileira na colocação dos derivados da soja nos mercados externos, em especial, para a produção oriunda das novas zonas de produção, localizadas no Centro-Oeste do país.

#### 4.3.4 – Soja no Cerrado brasileiro

O Cerrado brasileiro foi o responsável por grande parte do sucesso da soja brasileira. Considerada a nova e principal fronteira da soja, a região central do Brasil promoveu espetacular crescimento da sua produção.

Figura 1. Brasil: expansão da área de soja e potencial de crescimento de área



Fonte: Conab.

Nesse contexto, vários fatores contribuíram para o sucesso na região Centro-Oeste do país. A construção de Brasília na região, foi um deles, determinando uma série de melhorias na infra-estrutura regional, principalmente nas vias de acesso, comunicação e urbanização. Os incentivos fiscais disponibilizados para a abertura de novas áreas de produção agrícola, assim como para aquisição de máquinas e construção de silos e armazéns foi outro destaque, aliado ao estabelecimento de agro-indústrias na região, estimuladas pelos mesmos incentivos fiscais disponibilizados para a ampliação da fronteira agrícola. Outro fator foi o baixo valor da terra na região, comparada ao da Região Sul, nas décadas de 1960/70/80, além do desenvolvimento de um

bem sucedido pacote tecnológico para a produção de soja na região central, com destaque para as novas cultivares adaptadas à condição de baixa latitude da região. A topografia dessa região é altamente favorável à mecanização, favorecendo o uso de máquinas e equipamentos de grande porte, o que propicia economia de mão-de-obra e maior rendimento nas operações de preparo do solo, tratos culturais e colheita.

Destacam-se ainda as boas condições físicas dos solos da região, compensando, parcialmente, as desfavoráveis características químicas desses solos; as melhorias no sistema de transporte da produção regional, com o estabelecimento de corredores de exportação, utilizando articuladamente rodovias, ferrovias e hidrovias; bom nível econômico e tecnológico dos produtores de soja da região, oriundos, em sua maioria da Região Sul, onde cultivavam soja com sucesso previamente à sua fixação na região tropical; e regime pluviométrico da região altamente favorável aos cultivos de verão, em contraste com os frequentes veranicos ocorrentes na região Sul.

Fontes da Embrapa Soja revelam que o explosivo crescimento da produção de soja no Brasil, de quase 260 vezes no transcorrer de apenas quatro décadas, determinou uma cadeia de mudanças sem precedentes na história do país. Foi a soja, inicialmente auxiliada pelo trigo, a grande responsável pela aceleração da mecanização das lavouras brasileiras, pela mecanização do sistema de transportes, pela expansão da fronteira agrícola, pela profissionalização e pelo incremento do comércio internacional, pela modificação e pelo enriquecimento da dieta alimentar dos brasileiros, pela aceleração da urbanização do país, pela interiorização da população brasileira (excessivamente concentrada no Sul, Sudeste e litoral do Norte e Nordeste), pela tecnificação de outras culturas (destacadamente a do milho), bem como impulsionou e interiorizou a agro-indústria nacional, patrocinando a expansão da avicultura e da suinocultura brasileira.

É conquista da pesquisa brasileira o desenvolvimento de cultivares adaptadas às baixas latitudes dos climas tropicais. Até 1970, os cultivos comerciais de soja no mundo restringiam-se a regiões de climas temperados e subtropicais, cujas latitudes estavam próximas ou superiores a 30°. Os pesquisadores brasileiros conseguiram romper essa barreira, desenvolvendo germoplasma adaptado às condições tropicais e viabilizando o seu cultivo em qualquer ponto do território nacional, transformando somente no Ecossistema do Cerrado, mais de 200 milhões de hectares improdutivos em área potencial para o cultivo da soja e de outros grãos.

#### **4.4 – Trigo**

Os relatos da utilização do trigo e seus derivados pelo homem no mundo são muito antigos. Mesmo no Brasil, a história desse grão desenvolveu-se desde a época do descobrimento. Infelizmente, o trigo é uma cultura que o Brasil ainda precisa importar cerca de 50% do consumo. Esse cenário decorre, entre outros fatores, de decisões políticas de Governo e erros da cadeia produtiva, desarticulada, além de falácias do tipo “o trigo brasileiro é de má qualidade”, fizeram com que diminuísse a confiança do produtor brasileiro em seu próprio produto.

Em nível mundial, o trigo é o segundo grão mais produzido, com 26,9% do total, atrás apenas do milho, com 27,6%. O Brasil possui solo, clima e tecnologia suficientes para aumentar a produção de trigo. Dados históricos da cultura demonstram que a área plantada no país vem crescendo. Também a produtividade por área, especialmente considerando áreas irrigadas do Centro-Oeste e da Bahia.

Estudos da Embrapa indicam alto potencial para a expansão da cultura, o que garantiria até mesmo excedentes para exportações, quando somos um dos maiores importadores do mundo. Sendo uma cultura de inverno – ou seja, uma típica “segunda” cultura, cultivada depois da soja, por exemplo -, o trigo é, inclusive, um produto interessante; do ponto de vista ambiental, ideal para rotação de culturas.

Apesar de ser o grão mais comercializado mundialmente, o volume de trigo negociado entre os países representa 18,37% do total produzido. Isso ocorre devido ao grande consumo interno desse produto em vários países produtores.

##### **4.4.1 – Características agronômicas do trigo**

Rossi e Neves (2004) destacam que o trigo usa a mesma área das lavouras de verão, podendo melhorar sua escala de uso, não só da terra e da mão-de-obra e maquinário na fazenda, como também estruturas de estocagem e comercialização (armazéns e infra-estrutura de cooperativas). Funciona também como cultura para a necessária rotação na produção, contribuindo para as condições do solo e de sanidade.

Vale ressaltar que o Brasil pode produzir praticamente todos os tipos de trigo e em regiões diferentes, reduzindo riscos da concentração regional e ampliando os benefícios para outras regiões. O trigo (*Triticum aestivum*) é uma planta de ciclo anual, cultivada durante o inverno e a primavera. O grão é consumido na forma de pão, massa alimentícia, bolo e biscoito. É usado também como ração animal quando não atinge a qualidade exigida para consumo humano. Cerca de 90% da produção de trigo está no Sul do Brasil. É cultivado nas regiões Sul (RS, SC e PR), Sudeste (MG e SP) e Centro-oeste (MS, GO e DF). Segundo dados da Embrapa trigo, o consumo anual no país tem se mantido em torno de 10 milhões de toneladas. O cereal vem sendo introduzido paulatinamente na região do cerrado, sob irrigação (geralmente em abril) ou sequeiro, “safrinha” (semeado em fevereiro).

A Embrapa trigo relata que embora seja uma cultura melhor adaptada as latitudes 30°-60°N e 27-40°S, pode ser cultivado fora destes limites, inclusive próximo à área equatorial. Avanços importantes na genética e manejo da cultura sustentaram o incremento no potencial produtivo das lavouras no Brasil durante as últimas décadas. A criação de novas cultivares, com maior resistência/tolerância a estresses bióticos e abióticos, melhor arquitetura de planta e qualidade industrial adequada às demandas da indústria são os principais responsáveis pelas médias nacionais de produtividade superiores a 2 toneladas/ha nos últimos anos.

O sucesso de uma lavoura, depende, necessariamente, da escolha correta do cultivar a ser semeada. Particularmente para cereais de inverno, onde a margem de receita obtida, em média, é inferior ao das culturas de verão, a decisão correta é fundamental. É preciso ainda observar os sistemas de manejo e conservação do solo, adubação, calagem, métodos de controle de doenças e pragas (ferrugem da folha, manchas foliares, oídio, pulgões, corós, percevejos, lagartas desfolhadoras) e plantas daninhas, além da correta colheita e pós-colheita da cultura de trigo, o que influencia na qualidade final do grão.

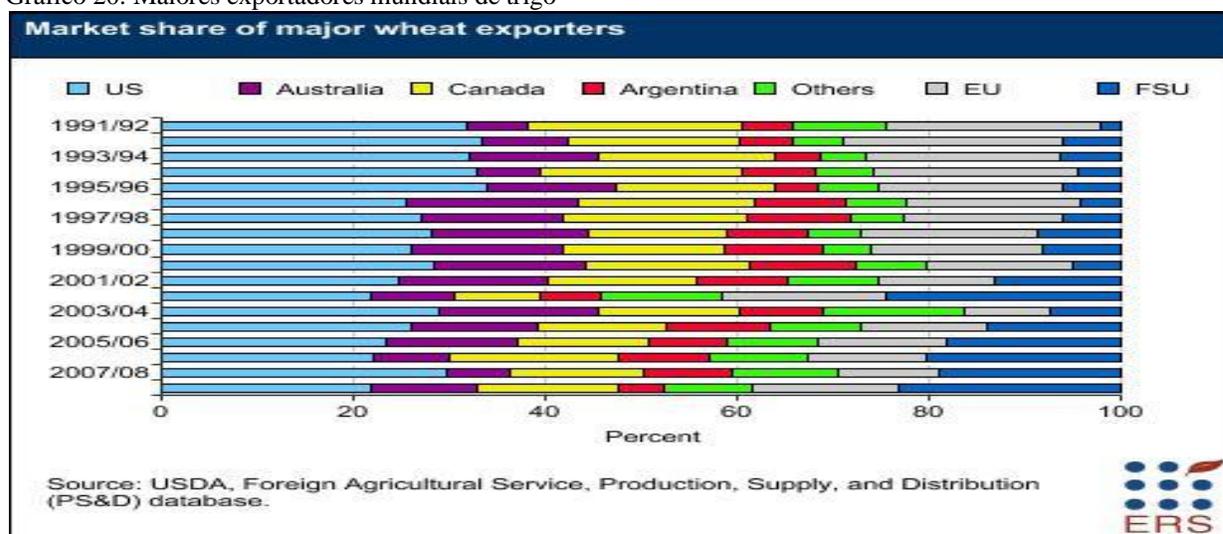
#### **4.4.2 – Cenário Internacional do Trigo**

O trigo é o grão mais comercializado no mundo, representando 35,63% de alimentos do comércio internacional de grãos, seguido por milho (24,54%), soja (17,14%) e arroz (8,41%), porém com pequena taxa de crescimento (3,60%) nos últimos cinco anos, conforme relatam

Rossi e Neves (2004). A China é o maior produtor individual de trigo, sendo responsável por 17,52% da produção mundial dos últimos cinco anos, seguida por Índia (12,19%), Estados Unidos (9,97%), e Rússia (6,50%). Já em relação à exportação, os Estados Unidos lideram.

Segundo dados do Departamento de agricultura dos Estados Unidos – USDA, na maioria dos anos, Estados Unidos, Canadá, Austrália, UE-27 da antiga União Soviética (incluindo três grandes exportadores de trigo: Rússia, Ucrânia e Cazaquistão), e Argentina respondem por cerca de 90% das exportações de trigo do mundo.

Gráfico 20. Maiores exportadores mundiais de trigo



Fonte: USDA

Relatórios do USDA relatam que a diversidade de países exportadores proporciona uma estabilidade significativa para o comércio mundial de trigo e os preços. A maioria da produção mundial de trigo é cultivo de inverno, como no Hemisfério Norte, mas o Canadá, Cazaquistão, Rússia e Estados Unidos têm grande produção de trigo de primavera, que é plantada mais tarde. Além disso, no Hemisfério Sul, Austrália e Argentina planta-se depois da primavera do hemisfério norte. Ou seja, o trigo é plantado e colhido em momentos diferentes, o que leva aos países às condições de responder rapidamente às exigências do mercado.

O comércio mundial de trigo atingiu o pico em 1987/88 em 111,5 milhões de toneladas, quando a China e a União Soviética estavam a importar grandes quantidades. Depois disso e até 2005/06 – momento em que o comércio mundial de trigo alcançou 114 milhões de toneladas -, as importações da Europa Oriental, da ex-União Soviética e China eram muito mais baixas, apesar do crescimento significativo das importações de países em desenvolvimento. Em 2003, a UE

criou as barreiras comerciais às importações de trigo de qualidade inferior, também limitando o comércio mundial de trigo. Em 2006/07, o comércio total de trigo aumentou modestamente, mas em 2007/08 o comércio de trigo estagnou com preços elevados.

O aumento da população em várias partes do mundo em desenvolvimento, combinado com um forte crescimento econômico aumentaram a demanda por alimentos e grãos para ração. Quantidades crescentes por produtos alimentares básicos de trigo são necessários para atender a demanda em países de baixa renda e populações em expansão na África Sub-Sariana (Nigéria, República da África do Sul, Sudão e Quênia) e Norte da África (Egito, Argélia e Marrocos), Sul (Afeganistão, Bangladesh e Paquistão) e Sudeste da Ásia (Indonésia, Filipinas e Vietnã), e América Latina (Brasil e México).

Enquanto algumas nações dominam as exportações de trigo, há muitos países importadores de trigo, incluindo a UE-27, Japão, Coreia do Sul e Brasil. No entanto, a maioria do trigo é importado por países em desenvolvimento com potencial de produção limitada. O crescimento populacional em países como Egito, Argélia, Iraque, Brasil, México, Indonésia, Nigéria, entre outros países em desenvolvimento será a base de uma futura expansão do comércio mundial de trigo.

#### **4.4.3 – Trigo no Brasil**

Rossi e Neves (2004) revelam que as lavouras do trigo no Brasil existem no período inicial de colonização do país, em especial em São Vicente. Os trigais brasileiros anteciparam-se aos norte-americanos, argentinos e uruguaios, pois foi o Brasil o primeiro país americano a exportar trigo, graças as lavouras que teve em São Paulo, Rio Grande do Sul e outras regiões, antes do aparecimento da ferrugem. Mas, a cultura só adquiriu importância econômica no Brasil colonial em meados do século XVIII. Já no século XIX, a cultura do trigo praticamente desapareceu do Brasil, devido a fatos como a abertura dos portos às nações amigas, entrada de farinha de trigo americana no país, epidemias de ferrugem, falta de mão-de-obra e falta de pagamento destinado às tropas imperiais.

O governo ditava as formas em que a exploração devia ocorrer, regulando o abastecimento de matéria-prima, a composição da produção e até a comercialização de farinha de trigo. “O controle governamental do setor industrial moageiro encerrou-se oficialmente em 1990

(governo Collor), com a publicação da Lei nº 8.096, que extinguiu o órgão que fiscalizava o setor, controlando os preços do trigo em grãos e da farinha”, explicam Rossi e Neves (2004), apud Queiroz (2001).

Junto a importância da Federação das Cooperativas de Trigo e Soja do rio Grande do Sul (Fecotrigo), em 1967, foi criado em 1969, o Programa Acelerado de Melhoramento de Trigo (PAT), na busca de desenvolver cultivares de porte baixo e colmos fortes, precoces e medianamente precoces, bom tipo agrônomico quanto a perfilhamento, fertilidade e tamanho da espiga e tolerância às doenças. Em 1973, O Instituto Agrônomico do Paraná (Iapar) começou o programa de melhoramento genético do trigo a fim de desenvolver em suas cultivares qualidade tecnológica, tolerância a germinação na espiga, produtividade, resistência aos estresses bióticos (pragas e doenças) e abióticos (seca, calor, excesso de chuva e acidez do solo). Foi então em 1975 que se criou o Centro Nacional de Pesquisa de trigo (CNPT), atualmente conhecida como Embrapa Trigo, que tem atualmente, entre outros focos, o da qualidade industrial, conforme aptidão de uso, buscando, por meio de pesquisa, que os produtores de grãos e as indústrias de moagem e transformação consigam atender às demandas dos consumidores finais em relação a diversos produtos (pães, massas, bolos, biscoitos, entre outros).

Os esforços tanto da iniciativa pública quanto privada para o melhoramento genético das cultivares de trigo no Brasil tem-se desenvolvido de forma constante nas últimas décadas, aliado ao Sistema Agroindustrial do Trigo (SAG Trigo). O setor de insumos agrícolas passou por uma nova realidade a partir da aprovação da Lei de Cultivares (1997), privilegiando o subsetor de sementes agrícolas. Nota-se então que a história do trigo no Brasil é repleta de acontecimento e de “altos” e “baixos”, passando por momentos de grande regulamentação até a desregulamentação do setor.

#### **4.4.4 – Trigo no Cerrado brasileiro**

Conforme explicam Rossi e Neves (2004), na última década o setor de insumos agrícolas vem aumentando sua importância na economia nacional. O aumento da profissionalização e conscientização do produtor rural, a necessidade de alta produtividade para alcançar lucros e a expansão dos cultivos nos cerrados são alguns dos fatores que estimularam o acréscimo das

vendas de insumos agrícolas no Brasil. Além da expansão das vendas de tradicionais produtos como tratores, colhedoras, adubos, calcários, sementes, entre outros, também surgiu um mercado promissor para novas tecnologias como plantadoras para plantio direto (equipadas com sistemas computadorizados de controle), GPS, sistemas modernos de irrigação, novos defensivos, fertilizantes foliares e diversos outros produtos.

A expansão do cultivo nos cerrados, região de solos considerados de baixa fertilidade no passado, propiciou o aparecimento de novos empresários rurais. “Esses novos fazendeiros mostraram que safras lucrativas e a conseqüente capitalização do agricultor são revertidas em aquecimento da economia brasileira”, explicam Rossi e Neves (2004). Proprietários rurais das tradicionais áreas agrícolas brasileiras (regiões Sul e Sudeste) se modernizaram e reestruturaram seus processos produtivos. Incentivados por pesquisadores e técnicos agrícolas, muitos produtores rurais aproveitaram a oportunidade do plantio sequencial de diferentes culturas como uma opção para adquirir maiores lucros e melhorar a qualidade do solo.

Segundo Rossi e Neves (2004), a produção de trigo no território brasileiro está distribuída de forma semelhante à produção rural desse grão. Assim, as regiões de maior produção dessas sementes são: Paraná (56%), Rio Grande do sul (31%), Mato Grosso do Sul (5%), Santa Catarina (4%), Goiás (2%) e São Paulo (2%).

## 5. METODOLOGIA

Silva (2005) explica a importância de indicadores de ciência, tecnologia e inovação na agricultura brasileira. A pesquisa agropecuária no Brasil delinea-se num patamar que é único, pelas suas peculiaridades que a diferencia de outras áreas da ciência e tecnologia, e de outros países, pelas dimensões territoriais do país e nível de desenvolvimento. Isso se evidencia pela variabilidade das condições ambientais, sociais e econômicas, por ser um país continental, com um sistema agropecuário de alta complexidade intrínseca e extrínseca.

Ao contrário do que ocorre na fase de elaboração da matéria prima, na agroindústria, onde as condições são mais controladas, a fase rural das pesquisas, onde se produz a matéria prima, necessita de controle de variáveis mais acentuadas, derivando para uma pesquisa mais estocástica (variância não conhecida, aleatória) e menos determinística (variância passada), com a existência de metodologias próprias.

Um indicador valioso para o sucesso de uma instituição de Ciência e Tecnologia é medir a eficiência ou eficácia da instituição pela sua competência em transformar ciência em tecnologia, e a velocidade com que se dá essa transformação. Considerando que a pesquisa agropecuária visa à geração de tecnologias para a melhoria do desempenho dos sistemas de produção vegetal e animal, principalmente no que se refere às implicações econômicas e sociais, investigar a produtividade é uma forma de analisar o cenário das instituições de pesquisas no setor agrícola. Esse trabalho objetiva verificar o retorno que a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa tem propiciado aos investimentos que nela têm sido aplicados, a fim de que a empresa possa tomar novas decisões e executar pesquisas cada vez mais eficazes, pelo provimento de tecnologias que possam elevar a rentabilidade para a agricultura brasileira.

### 5.1 – Descrição dos dados

Para mensurar a relação entre produtividade e investimentos, foram escolhidas quatro culturas importantes na pauta exportadora brasileira, são elas: algodão, milho, soja e trigo. Considerando que a Embrapa é a principal instituição pública de Ciência e Tecnologia no Brasil, voltada para o desenvolvimento econômico e social autossustentado da agricultura brasileira, sua

importância para o desenvolvimento dessas culturas no Brasil foi crucial. Isso nos leva a identificar que a base de dados utilizada nesse trabalho é extremamente confiável para os resultados obtidos nessa pesquisa. Como o objetivo do trabalho é mensurar o retorno dos investimentos públicos na Embrapa e analisar o cenário de inovação tecnológica e produtividade na agricultura brasileira, foram descartados os dados de investimentos privados, embora se saiba que atualmente esses investimentos são relativamente importantes.

A base de dados referente aos investimentos públicos, foi composta por informações internas anuais fornecidas, sob demanda, pelo Departamento de Administração Financeira (DAF) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. As informações contêm os valores dos investimentos realizados na empresa no período de 1975 a 2010.

Para o levantamento dos dados foram considerados os recursos aplicados às Embrapas de cada uma das culturas: Embrapa Algodão (CNPA), Embrapa Milho e Sorgo (CNPMS), Embrapa Soja (CNPSO) e Embrapa Trigo (CNPT). Isso porque os recursos são distribuídos para cada Centro de Pesquisa e posteriormente são destinados aos projetos, existentes em todo o país. Os valores utilizados estão na moeda corrente, reais, com valores corrigidos pela média anual do IGP-DI (Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna) da FVG – Fundação Getúlio Vargas.

Os dados utilizados nesse trabalho para o cálculo da produtividade foram obtidos com a divisão da produção por hectare, em cada uma das culturas, com dados anuais, obtidos na Companhia Nacional de Abastecimento – Conab, na série histórica das safras de 1976/77 a 2010/11 e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE/PAM – Produção Agrícola Municipal.

Para as variáveis de controle, inseridas no modelo, foram utilizados:

- Produto Interno Bruto - PIB dos Estados Unidos (\$), fonte: FMI – Fundo Monetário Internacional;

- Preço (\$): cotação internacional da *commoditie*, fonte: FMI/IFS (International Financial Statistics);

- Câmbio Nominal: usou-se a taxa de câmbio real/dólar de venda. Fonte: Boletim do Banco Central. Para calcular a taxa de câmbio real foi utilizado a taxa de câmbio nominal x IPA (Índice de Preços ao Atacado) dos EUA/IPA BRA. Fontes: IBGE e FMI;

As estimações econométricas foram realizadas com o uso do *software* RATS (*Regression Analysis of Time Series*), versão 7.0. E todos os coeficientes estão em logaritmo.

## 5.2 – Modelo Econométrico

Ao analisar diversos trabalhos empíricos com o objetivo de estudar a relação entre a produtividade e os investimentos, verificou-se que um dos tipos importantes de dados utilizados em análises empíricas é o de séries temporais, utilizado nesse trabalho. Com o objetivo de verificar a relação entre duas variáveis, a análise utilizada foi a série temporal de 35 anos, considerando o período de 1975 a 2010. Os gráficos resultantes dos dados, gerados em cada uma das culturas estudadas, auxiliam a melhor entender a análise das séries temporais.

Conforme explica Wooldridge (2007), para analisar dados de séries temporais nas ciências sociais é preciso reconhecer que o passado pode afetar o futuro, mas o contrário não acontece. Dessa forma, quando coletamos um conjunto de dados de séries temporais, obtemos um resultado possível, ou realização, do processo estocástico.

Conforme explicam Gujarati e Porter (2011), em economia a dependência de uma variável  $Y$  (a variável dependente) sobre outras variáveis  $X$  (a variável explanatória) raramente é imediata. Com muita frequência,  $Y$  responde a  $X$  com lapsos de tempo. Esse lapso é chamado defasagem. Na análise de regressão envolvendo dados de séries temporais, o modelo de defasagens distribuídas inclui no modelo de regressão não só os valores correntes mas também os defasados (passados) das variáveis explanatórias (os  $X$ ), representado por:

$$Y_t = \alpha + \beta_0 X_t + \beta_1 X_{t-1} + \dots + \beta_k X_{t-k} + \varepsilon_t \quad (7)$$

Em que:

$\alpha$  é o termo constante;

$Y_t$  é a variável dependente no ano  $t$ ;

$X_t$  é a variável explicativa no ano  $t$ ;

$X_{t-1}$  é a variável explicativa de um período,  $t-1$ ;

$\beta_0$  e  $\beta_1$  são os parâmetros do modelo;

$\varepsilon_t$  é o erro aleatório.

O modelo aplicado nesse trabalho foi o modelo econométrico temporal dinâmico e considerou que os impactos dos investimentos à produtividade é temporal, sendo representado por:

$$Y_t = \alpha + \beta X_t + \gamma X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (8)$$

O modelo representa um modelo autoregressivo, por retratar a trajetória da variável dependente no tempo, em relação a seus valores passados.

Algebricamente, podemos representar esse efeito de defasagem, o retardamento, dizendo que uma modificação com uma variável  $X_t$  tem efeito sobre resultados econômicos  $Y_t, Y_{t+1}, Y_{t+2}, \dots$  ou seja, podemos inverter ligeiramente a situação dizendo que  $Y_t$  é afetado pelo valor presente e pelos valores passados de  $X$ , tal que:

$$Y_t = f(X_t, X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_{t-i}) \quad (9)$$

Onde:

$Y_t$  = variável dependente;

$X$  = são as variáveis explicativas;

$T$  = tempo;

$-1, -2, \dots -i$  = lapso do tempo.

No modelo aplicado nesse trabalho,  $Y$  representa a produtividade em função de  $X$ , representado pelos investimentos.

### 5.3 – Estratégia empírica

Embora seja muito usado, o modelo de defasagens distribuídas de Koyck baseia-se no pressuposto de que os coeficientes  $\beta$  diminuem geometricamente à medida que a defasagem aumenta. Segundo Gujarati e Porter (2011), Koyck inicia o modelo de defasagens distribuídas no infinito, atribuindo o mesmo sinal aos  $\beta$ , supondo que eles declinam geometricamente, como:

$$B_k = \beta_0 \lambda^k \quad k = 0, 1, \dots \quad (10)$$

Em que  $\lambda$ , tal que  $0 < \lambda < 1$ , é conhecido como taxa de declínio, ou queda, das defasagens distribuídas e em que  $1 - \lambda$  é a velocidade do ajustamento. É postulado que cada coeficiente sucessivo de  $\beta$  é numericamente menor que o  $\beta$  anterior, o que implica que, quando se volta ao passado distante, o efeito dessa defasagem sobre  $Y_t$  torna-se cada vez menor. Então o valor do coeficiente de defasagem  $B_k$  depende, além do  $\beta_0$  comum, do valor de  $\lambda$ . Quanto mais próximo  $\lambda$  estiver de 1, mais lenta será a taxa de declínio no  $B_k$ , enquanto que, quanto mais próximo estiver de zero, mais rápido será o declínio em  $B_k$ . No primeiro caso, os valores de  $X$

exercerão impacto considerável em  $Y_t$ , enquanto no último caso sua influência sobre  $Y_t$  desaparecerá rapidamente.

Koyck então rearranja seu modelo defasado infinito, obtendo a transformação para:

$$Y_t = \alpha(1-\lambda) + \beta_0 X_t + \lambda Y_{t-1} + v_t \quad (11)$$

Onde  $v_t$  é uma média de  $u_t$  e  $u_{t-1}$ . Enquanto antes tínhamos que estimar  $\alpha$  e um número infinito de  $\beta$ , agora temos que estimar apenas três incógnitas:  $\alpha$ ,  $\beta_0$  e  $\lambda$ . Agora não há razão para esperar que ocorra a multicolineariedade, que foi resolvida substituindo  $X_{t-1}$ ,  $X_{t-2}, \dots$ , por uma única variável,  $Y_{t-1}$ .

Conforme explicam Gujarati e Porter (2011), Shirley Almon, seguindo um teorema em matemática conhecido como teorema de Weierstrass, supõe que  $\beta_i$  pode ser aproximado por um polinômio de grau adequado em  $i$ . Para esse trabalho foram usados os Modelos de Defasagens Distribuída Polinomial de Almon, de segundo e terceiro grau, com e sem variável dependente defasada, descritas respectivamente como:

$$\beta_i = a_0 + a_1 i + a_2 i^2 \quad (12)$$

$$\beta_i = a_0 + a_1 i + a_2 i^2 + a_3 i^3 \quad (13)$$

As equações no esquema de Almon podem então ser descrita como:

$$Y_t = \alpha + a_0 Z_{0t} + a_1 Z_{1t} + a_2 Z_{2t} + u_t \quad (14)$$

$$Y_t = \alpha + a_0 Z_{0t} + a_1 Z_{1t} + a_2 Z_{2t} + a_3 Z_{3t} + u_t \quad (15)$$

No esquema de Almon, faz-se a regressão de  $Y$  contra as variáveis  $Z$  construídas, e não contra as variáveis originais  $X$ . As estimativas de  $\alpha$  e  $a_i$  obtidas assim terão todas as propriedades estatísticas desejadas, contanto que o termo de erro estocástico  $u$  satisfaça as premissas do modelo clássico de regressão linear. A esse respeito, a técnica de Almon tem vantagem sobre o método de Koyck, porque, este último apresenta sérios problemas de estimação que resultam da presença da variável explanatória estocástica  $Y_{t-1}$  e sua provável correlação com o termo de erro.

Escolheu-se utilizar o Modelo de Defasagens Distribuída Polinomial de Almon a fim de evitar problemas de multicolinearidade. No modelo de Koyck, começa-se com um modelo de defasagens distribuídas, mas acaba-se com um modelo autorregressivo, uma vez que  $Y_{t-1}$  aparece como uma das variáveis explanatórias, evitando que ocorram problemas de multicolinearidade. Mas Almon fornece um método flexível de incorporar uma variedade de estruturas de defasagem. Para maiores detalhes consultar Gujarati (2011). Já a técnica de Koyck é bem rígida no sentido de que pressupõe que os  $\beta$  declinem geometricamente. Almon também não relata a presença da

variável defasada como uma variável explanatória no modelo e nos problemas que ele cria para estimação. E ainda, se um polinômio de grau suficientemente baixo puder ser ajustado, o número de coeficientes a serem estimados (os  $a$ ) será consideravelmente menor que o número original de coeficientes (os  $\beta$ ).

Para a escolha da duração adequada da defasagem e do grau adequado do polinômio, foi usado o Critério de Informação de Akaike (CIA), definido como:

$$CIA = e^{\frac{2k/n \sum \hat{u}_i^2}{n}} = e^{\frac{2k/n \text{SQR}}{n}} \quad (16)$$

Em que  $k$  é o número de regressores (incluindo o intercepto) e  $n$  é o número de observações. Por conveniência matemática, a equação é escrita como:

$$\text{Ln CIA} = \left( \frac{2k}{n} \right) + \ln \left( \frac{\text{SQR}}{n} \right) \quad (17)$$

Em que  $\ln(\text{CIA})$  é o logaritmo natural de CIA e  $2k/n =$  fator de correção. Como é possível verificar na fórmula, o critério de informação de Akaike impõe uma medida corretiva mais dura que  $\bar{R}^2$  pelo acréscimo de regressores.

Para verificar a autocorrelação de resíduos foram realizados os testes Durbin-Watson, Durbin-H e Ljung-Box (também conhecido como teste Q). O teste de Durbin-Watson, popularmente conhecido como estatística  $d$  de Durbin-Watson. Uma grande vantagem da estatística  $d$  é que ela se baseia nos resíduos estimados, que costumam ser calculados na análise de regressão. Porém, o teste não se aplica aos modelos com variável defasadas. Para os modelos com variáveis defasadas foram aplicados o teste Durbin-H, a fim de testar correlação serial dos modelos.

Os testes de cointegração dependem do número de defasagens do modelo, por isso, são realizados considerando modelos de ordens diferentes. Para tanto, foram observados os resultados dos testes de autocorrelação de Ljung-Box.

## 6. DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os investimentos em pesquisa agrícola trás retornos sociais, ambientais e econômicos ao país, aliados a inovação tecnológica e aumento na produtividade. Nesse sentido, o trabalho buscou analisar algumas das principais culturas de grãos que o país produz em sua pauta exportadora a partir de informações geradas pela principal empresa pública que realiza trabalhos agrícolas, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Essa empresa recebe investimentos públicos e privados. Para esse trabalho, foram considerados apenas os investimentos públicos, com dados extraídos pela autora junto ao banco de informações do Departamento de Administração Financeira (DAF), na Sede da Embrapa.

Um importante aspecto a ser identificado é conhecer como o Setor de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) da Embrapa opera em relação ao processo de construção da tecnologia. A existência do “Ciclo de Inovação” que a Embrapa busca é uma forma de aumentar a competitividade dos produtos com os quais a empresa trabalha. O setor de P&D objetiva ofertar tecnologias que atendam à sociedade. Para isso são identificados os problemas existentes em inúmeros setores da agricultura brasileira. A partir daí, são construídas tecnologias que serão posteriormente validadas em condições reais da agricultura, juntamente às políticas de transferência de tecnologias para os produtos criados. Só então os produtos são ofertados para a comercialização. Essa observação é importante ao passo que demonstra que todo investimento aplicado à Embrapa tem seu tempo de retorno à sociedade.

Esse trabalho apresenta quatro modelos aplicados em cada uma das culturas estudadas, que consideraram a significância de 10%, são eles:

**Modelo 1:** Modelo de polinômio de **segundo grau sem** variável dependente defasada.

**Modelo 2:** Modelo de polinômio de **terceiro grau sem** variável dependente defasada.

**Modelo 3:** Modelo de polinômio de **segundo grau com** variável dependente defasada.

**Modelo 4:** Modelo de polinômio de **terceiro grau com** variável dependente defasada.

Os modelos 1 e 2 são representados por:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_i X_i + \dots \beta_{t-1} Y_{t-1} + \dots Y_{t-n} + \mathcal{E}_i \quad (18) \quad \text{Onde:}$$

$Y_t$  = Produtividade

$\beta_i$  = coeficientes

$X_t$  = investimentos e variáveis de controles

$\mathcal{E}_i$  = erro aleatório

Já os modelos 3 e 4, apresentam variável dependente defasada, leva em conta uma defasagem da variável dependente, a fim de considerar o efeito do aumento passado da produtividade, isto é:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + \dots + \beta_n Y_t + \beta_{n+1} Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (19)$$

## 6.1 – Resultados do modelo para o algodão

Na tabela comparativa é possível observar a descrição geral dos resultados dos quatro modelos aplicados à cultura do algodão. Analisando esses critérios de observação, chega-se a conclusão de que o modelo 1 é o que apresentou resultados mais satisfatórios. Isso porque os testes de Ljung-Box e Durbin Watson não indicaram nenhum tipo de autocorrelação, o que demonstra que o modelo está bem ajustado. Outra confirmação foi quando se analisou o critério estatístico de Akaike (ACI), que no modelo 1 é menor do que no modelo 3, confirmando menor valor.

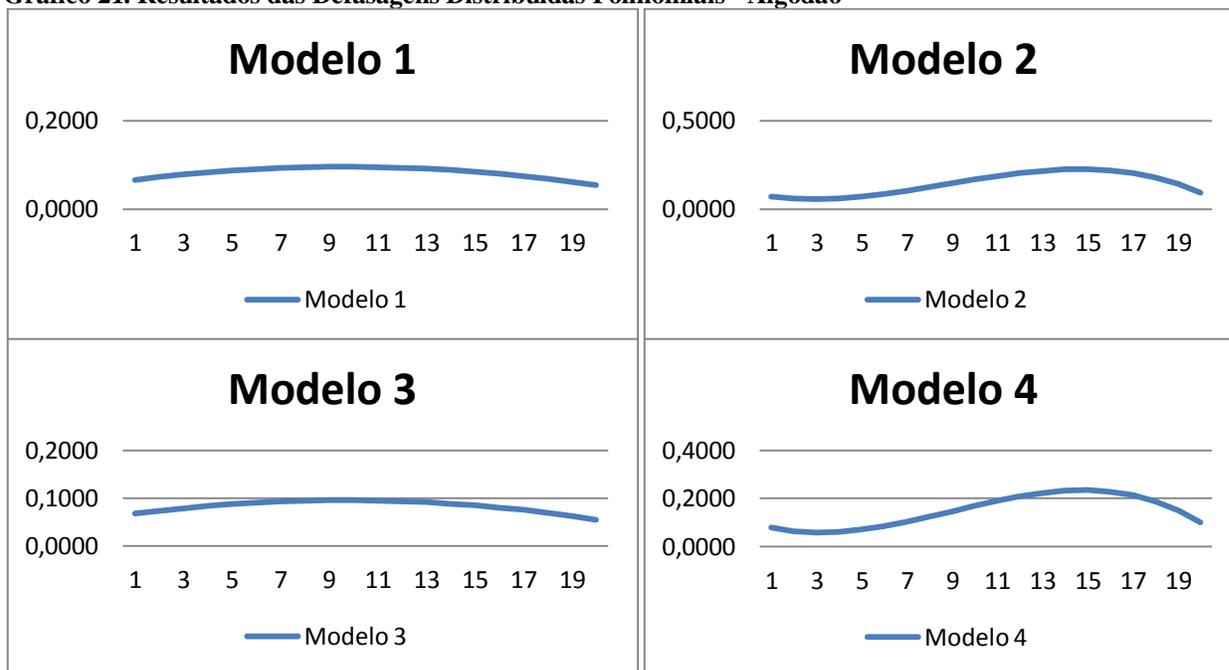
Tabela 3. Principais observações dos modelos de defasagens distribuídas polinomiais - Algodão.

Análises	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
	Polinômio 2º Grau sem variável dependente defasada	Polinômio 3º Grau sem variável dependente defasada	Polinômio 2º Grau com variável dependente defasada	Polinômio 3º Grau com variável dependente defasada
Significância	1 ao 18º	1 ao 19º	1 ao 17º	1 ao 19º
Maior coeficiente	9º ano	14º ano	9º ano	14º ano
Durbin-Watson/H	Sem autocorrelação	Sem autocorrelação	Sem autocorrelação	Com autocorrelação
Ljung-Box	Sem autocorrelação	Com autocorrelação	Sem autocorrelação	Com autocorrelação
Akaike	6.02	5.56	6.15	5.63

Fonte: Resultados da pesquisa.

Os gráficos apresentados a seguir demonstram os resultados das defasagens distribuídas polinomiais para a cultura do algodão. Neles é possível observar com mais clareza as curvas geradas a partir dos modelos, que indicaram comportamentos semelhantes nos polinômios de segundo grau, sem e com variável dependente defasada. Também foram semelhantes os resultados dos modelos 2 e 4, de terceiro grau, sem e com variável dependente defasada.

**Gráfico 21. Resultados das Defasagens Distribuídas Polinomiais - Algodão**



Fonte: Resultados da pesquisa.

Na tabela abaixo é possível melhor observar os resultados do modelo 1. Considerando o nível de significância de 10%, os resultados apontaram que todos os coeficientes até o L<sub>INVEST</sub>{17} são significativos e estão relacionados com os investimentos ao longo do período.

Estão também representadas as variáveis de controle, LPIBEUA, LPREÇO e LCÂMBIO, que foram usadas para deixar o modelo mais bem ajustado. Para o teste de Ljung-Box, os resultados indicaram que não há autocorrelação até a 9º ordem, uma vez que estão acima de 10%.

Todos os coeficientes da tabela indicaram valores positivos, com investimentos positivos e maiores valores nos anos 8, 9 e 10. De acordo com o modelo, o retorno do investimento em algodão atinge seu valor máximo em 9 anos. Os demais modelos podem ser vistos no apêndice.

Tabela 4. Resultados do Modelo 1 - Algodão.

Variável dependente: LPRODQ (Y)		Data: 1995 a 2009	
Variáveis (X)	Coefficiente ( $\beta$ )	T	Significância
Constante	-5759.203988	-4.13376	0.00328145
L INVEST	0.066271	3.41568	0.00914603
L INVEST{1}	0.072684	3.50952	0.00796715
L INVEST{2}	0.078314	3.36661	0.00983495
L INVEST{3}	0.083160	3.16030	0.01338892
L INVEST{4}	0.087223	2.96618	0.01797564

L INVEST{5}	0.090502	2.80336	0.02307802
L INVEST{6}	0.092997	2.67161	0.02829148
L INVEST{7}	0.094709	2.56600	0.03333450
L INVEST{8}	0.095637	2.48129	0.03803533
L INVEST{9}	0.095781	2.41300	0.04230974
L INVEST{10}	0.095142	2.35743	0.04614323
L INVEST{11}	0.093719	2.31136	0.04958363
L INVEST{12}	0.091513	2.27173	0.05274780
L INVEST{13}	0.088523	2.23513	0.05584810
L INVEST{14}	0.084749	2.19721	0.05925148
L INVEST{15}	0.080192	2.15176	0.06360024
L INVEST{16}	0.074851	2.08962	0.07005926
L INVEST{17}	0.068727	1.99746	0.08083325
L INVEST{18}	0.061819	1.85796	0.10024465
L INVEST{19}	0.054127	1.65386	0.13675432
L PIB EUA	4.819557	4.92664	0.00115431
L PREÇO	0.765793	3.54614	0.00755183
L CÂMBIO	1.608778	6.55672	0.00017722
<b>R<sup>2</sup> ajustado: 0.981885</b>		<b>DW: 2.103672</b>	
<b>AKAIKE: 6.02317</b>		<b>Teste F(6,8): 127.4757</b>	
<b>Estatística Ljung-Box 0.179 – Significância 0.672235.</b>			

Fonte: Resultados da pesquisa.

O ciclo do algodão sofreu alterações ao longo de sua história no Brasil. Os gráficos dos modelos 1 e 3 apontam para o maior coeficiente no 9º ano. Com a Lei de Proteção de Cultivares (LPC), sancionada em 1997 - que garante aos melhoristas direitos de Propriedade Intelectual para as cultivares - houve um grande salto nos investimentos na pesquisa agrícola, especialmente privados, que se concentraram em culturas de exportação, como a soja e o algodão. A LPC estimulou os investimentos em melhoramento dessas culturas, e isso fez com que fosse também modificado o período de vida útil da cultivar no mercado. Dados da Embrapa Algodão demonstram que antes as cultivares ficavam dominando o mercado por até 10 anos, atualmente, esse ciclo diminuiu para 7 ou 8 anos. Isso devido à geração de tecnologias pela pesquisa na busca de melhorias no manejo, controle de crescimento com fitorregulador (importante para que o algodão não cresça muito a fim de dificultar o manejo), colheita, solo, entre tantas outras linhas de atuação.

Já os modelos 2 e 4, podem estar aliados a situações anteriores, em que o melhoramento genético da cultura de algodão foi mais lento. O melhoramento genético é produto natural da interveniência humana na co-evolução, que originou o fenômeno “*redesign*” de plantas, animais e microorganismos objetivando o consumo. Sempre se valeu do fato de que a recombinação

genética é um procedimento de busca determinado a obter otimizações em um espaço de oportunidades, onde os fenômenos primordiais são a mutação e a seleção.

O melhoramento genético pode ser realizado pela transgenia ou de forma convencional (não transgenia). Para o sucesso do ciclo do algodão há de se considerar diversos fatores favoráveis como solo, clima e temperatura. Aliados a esses fatores, o melhoramento genético trouxe um novo cenário para o algodão brasileiro, que antes era de até 14 anos, o que vai ao encontro dos gráficos dos modelos 2 e 4, onde o maior coeficiente ocorre no 14º ano.

Barroso e Hoffmann (2011), explicam que a biotecnologia pode ser entendida como qualquer aplicação tecnológica que usa sistemas biológicos, organismos vivos ou seus derivados para produzir ou modificar produtos ou processos para um uso específico. “Contudo, há apenas poucas décadas abriu-se a possibilidade de realizar manuseios de DNA, de modo a permitir a execução de tarefas difíceis ou impossíveis usando as metodologias do melhoramento genético”, argumentam.

Aliado ao melhoramento genético, estão ainda a Lei Fiscal do Algodão - com o objetivo de recuperar a expansão da cultura em diversos Estados, dentro dos padrões tecnológicos e ambientais de produtividade e qualidade, bem como estimular investimentos públicos e privados, visando promover a verticalização e agroindustrialização, oferecendo incentivos fiscais aos produtores rurais interessados; e a Lei do Mínimo, que expõe que o sucesso de um organismo em um meio ambiente depende de que nenhum fator de sobrevivência exceda seu limite de tolerância, em outras palavras, para que um ser vivo continue vivo, todos os fatores necessários à sobrevivência devem estar presentes, de nada adianta haver excesso de todos se um estiver em falta.

Para Barroso e Hoffmann (2011), o algodoeiro é uma das culturas que mais tem se beneficiado com a nova biotecnologia, fato que reflete a importância da espécie no mercado mundial de *comodities*. As novas tecnologias geradas tornaram possível reduzir os custos de produção, aumentar a produtividade e tornaram a cultura ambientalmente mais amigável. “Considerando que a biotecnologia baseada no DNA é uma ciência nova e em franco desenvolvimento, maiores e mais profundas alterações são esperadas para a agricultura e, particularmente, para a cotonicultura nas próximas décadas”, estimam.

## 6.2 – Milho

Na tabela comparativa é possível observar a descrição geral dos resultados dos quatro modelos aplicados à cultura do milho. Analisando esses critérios de observação, chega-se a conclusão de que o modelo 2 é o que apresentou resultados mais satisfatórios. Isso porque os testes de Ljung-Box e Durbin Watson não indicaram nenhum tipo de autocorrelação, o que demonstra que o modelo está bem ajustado. Outra confirmação foi quando se analisou o critério estatístico de Akaike (ACI), que no modelo 2 é menor do que nos demais.

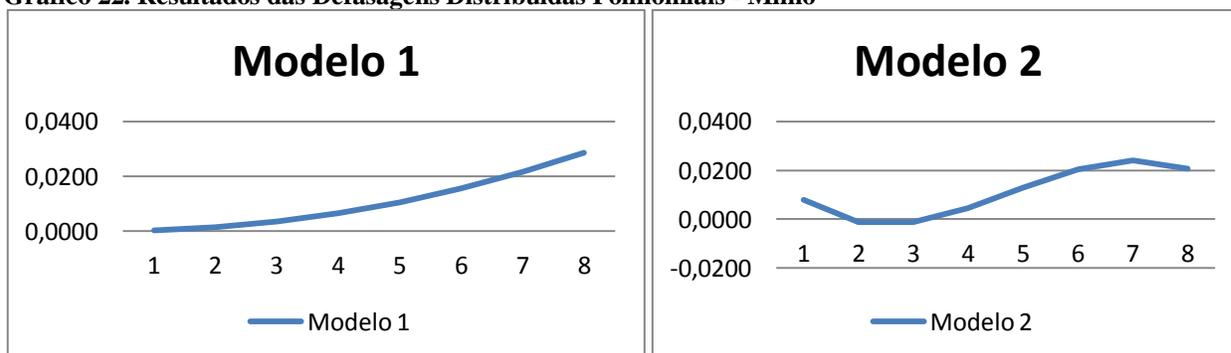
Tabela 5. Principais observações dos modelos de defasagens distribuídas polinomiais - Milho.

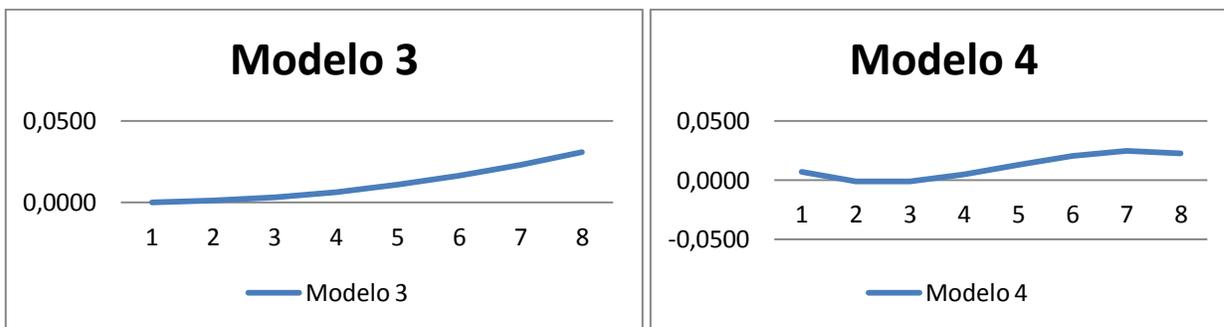
Análises	Modelo 1 Polinômio 2º Grau sem variável dependente defasada	Modelo 2 Polinômio 3º Grau sem variável dependente defasada	Modelo 3 Polinômio 2º Grau com variável dependente defasada	Modelo 4 Polinômio 3º Grau com variável dependente defasada
Significância	5 ao 7º	5 e 6º	5 ao 7º	5 e 6º
Maior coeficiente	7º ano	6º ano	7º ano	6º ano
Durbin-Watson/H	Sem autocorrelação	Sem autocorrelação	Sem autocorrelação	Sem autocorrelação
Ljung-Box	Sem autocorrelação	Sem autocorrelação	Sem autocorrelação	Sem autocorrelação
Akaike	4.63	4.58	4.68	4.65

Fonte: Resultados da pesquisa.

Os gráficos apresentados a seguir demonstram os resultados das defasagens distribuídas polinomiais para a cultura do milho. Neles é possível observar com mais clareza as curvas geradas a partir dos modelos, que indicaram comportamentos semelhantes nos polinômios de segundo grau, sem e com variável dependente defasada. Também foram semelhantes os resultados dos modelos 2 e 4, de terceiro grau, sem e com variável dependente defasada.

Gráfico 22. Resultados das Defasagens Distribuídas Polinomiais - Milho





Fonte: Resultados da pesquisa.

Na tabela abaixo é possível melhor observar os resultados do modelo 2. Considerando o nível de significância de 10%, os resultados apontaram que todos os coeficientes de LINVEST {3} a LINVEST {7} são significativos e estão relacionados com os investimentos ao longo do período. As variáveis de controle, LPIBEUA e LPREÇO, usadas para deixar o modelo mais bem ajustado, também apontaram valores positivos.

Para o teste de Ljung-Box, os resultados indicaram que não há autocorrelação até a 12ª ordem, uma vez que estão acima de 10%.

Diversos coeficientes da tabela indicaram valores positivos, com investimentos positivos e maiores valores nos anos 5, 6 e 7. De acordo com o modelo, o retorno do investimento em milho atinge seu valor máximo em 6 anos. Os demais modelos podem ser vistos no apêndice.

Tabela 6. Resultados do Modelo 2 - Milho.

Variável dependente: LPRODQ (Y)		Data: 1983 a 2010	
Variáveis (X)	Coefficiente ( $\beta$ )	T	Significância
Constante	-627.9750088	-8.20937	0.00000005
L INVEST	0.0078241	0.55261	0.58636819
L INVEST{1}	-0.0012277	-0.13455	0.89425204
L INVEST{2}	-0.0012471	-0.13427	0.89446728
L INVEST{3}	0.0045223	0.52097	0.60784015
L INVEST{4}	0.0128371	1.41711	0.17111556
L INVEST{5}	0.0204536	2.03943	0.05418808
L INVEST{6}	0.0241285	2.53766	0.01915049
L INVEST{7}	0.0206181	1.51802	0.14392145
L PIB EUA	0.6259763	14.60696	0.00000000
L PREÇO	0.2048686	2.46699	0.02231047
R <sup>2</sup> ajustado: 0.929110		DW: 2.384800	
AKAIKE: 4.58551		Teste F(6,21): 59.9788	
Estatística Ljung-Box 1.913 – Significância 0.166619.			

Fonte: Resultados da pesquisa.

Algumas observações devem ser feitas na cultura do milho. Em primeiro lugar, o milho é cultivado tanto em áreas com alta tecnologia, com poucos problemas de estresse ambiental e produções acima de 10 ton/ha como em áreas de baixíssimas tecnologias, em locais com muito estresse abiótico e biótico, chegando muitas vezes a uma produção abaixo de 1 ton/ha.

Outra situação é o tipo de agricultor que cultiva milho, podendo ser de uma condição econômica bastante alta, cultivando a cultura para o mercado de grãos ou de condições baixa, com o objetivo principal voltado para o consumo próprio e criação de animais.

Outra observação que confere alta variação nos valores de produção final é o tipo de milho que é cultivado, podendo ser híbrido (variedade melhorada), variedade local, ou mesmo milho de paiol, e híbridos de segunda geração.

Por serem plantas alógamas (fecundação cruzada), há a existência da variabilidade genética, que conta com a hereditariedade, variação do caráter, transmissão dos genes (DNA). Para a produção de um milho híbrido, que leva 14 anos, existem etapas a serem cumpridas: seleção de plantas desejáveis; autofecundação dessas plantas, por várias gerações, para produzir linhagens; cruzamentos dialélicos – obtidos a partir das melhores linhagens para encontrar os melhores híbridos, melhores combinações entre linhagens; ensaios de avaliação, a fim de encontrar as melhores combinações entre linhagens; produção de sementes; e distribuição comercial. Atualmente, a Embrapa, após o estabelecimento do programa de híbrido, reduziu o tempo do processo acima citado. A etapa de obtenção de linhagem, por exemplo, que antes era de 6 a 7 anos, hoje pode ser realizada de 4 a 6 anos.

Para que a pesquisa desse trabalho fosse mais exata, o ideal seria colher dados por região ou por variedade e híbridos, devido às diferenças em cada uma das produções. Nos híbridos, os estresses são uniformes, já as variedades se caracterizam por alta variabilidade e populações abertas, submetidas em áreas como as regiões Sul, Sudeste ou de estresse, como o Catingueiro e São Francisco.

### **6.3 – Soja**

Na tabela comparativa é possível observar a descrição geral dos resultados dos quatro modelos aplicados à cultura da soja. Analisando esses critérios de observação, chega-se a

conclusão de que o modelo 3 é o que apresentou resultados mais satisfatórios. Isso porque os testes de Ljung-Box e Durbin Watson não indicaram nenhum tipo de autocorrelação, o que demonstra que o modelo está bem ajustado. Outra confirmação foi quando se analisou o critério estatístico de Akaike (ACI), que no modelo 3 é menor do que nos demais.

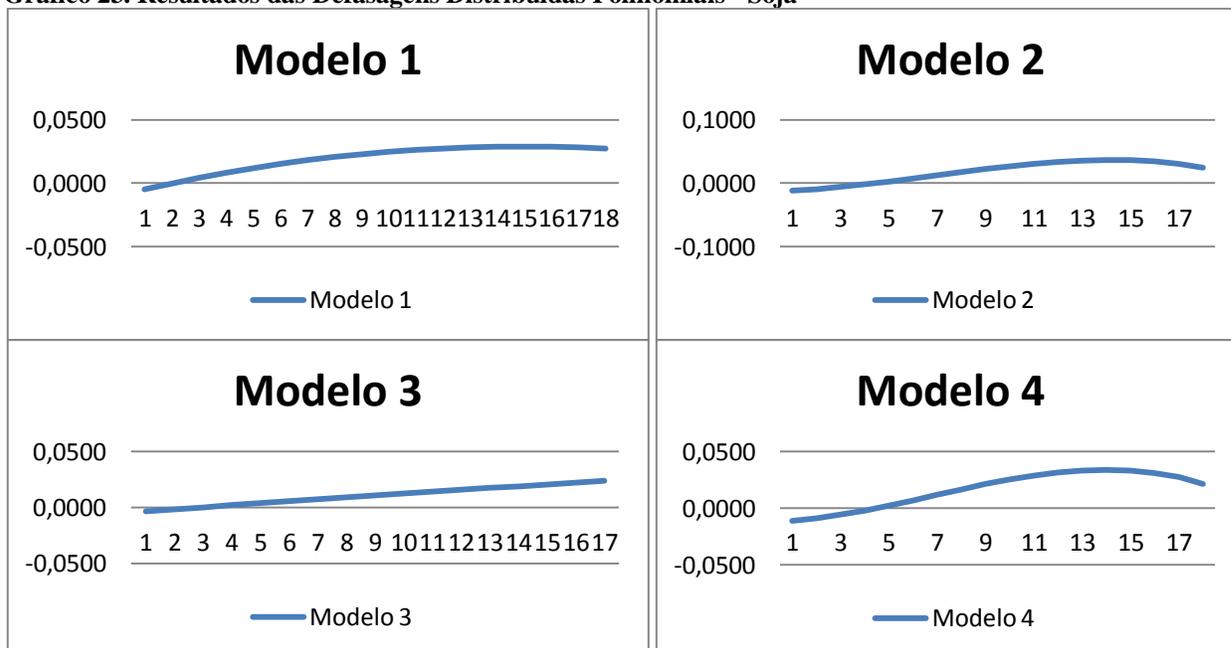
Tabela 7. Principais observações dos modelos de defasagens distribuídas polinomiais - Soja.

Análises	Modelo 1 Polinômio 2º Grau sem variável dependente defasada	Modelo 2 Polinômio 3º Grau sem variável dependente defasada	Modelo 3 Polinômio 2º Grau com variável dependente defasada	Modelo 4 Polinômio 3º Grau com variável dependente defasada
Significância	14 ao 17º	13 e 14º	14 ao 16º	11 a 16º
Maior coeficiente	14º ano	13º ano	16º ano	13º ano
Durbin-Watson/H	Sem autocorrelação	Sem autocorrelação	Sem autocorrelação	Sem autocorrelação
Ljung-Box	Sem autocorrelação	Sem autocorrelação	Sem autocorrelação	Sem autocorrelação
Akaike	5.70	5.63	5.46	5.71

Fonte: Resultados da pesquisa.

Os gráficos apresentados a seguir demonstram os resultados das defasagens distribuídas polinomiais para a cultura da soja. Neles é possível observar as curvas geradas a partir dos modelos, que indicaram comportamentos semelhantes nos polinômios de terceiro grau, sem e com variável dependente defasada.

Gráfico 23. Resultados das Defasagens Distribuídas Polinomiais - Soja



Fonte: Resultados da pesquisa.

Na tabela abaixo é possível melhor observar os resultados do modelo 3. Considerando o nível de significância de 10%, os resultados apontaram que todos os coeficientes de L INVEST {2} a L INVEST {16} são significativos e estão relacionados com os investimentos ao longo do período. As variáveis de controle, L PIBEUA e L PRODQ, usadas para deixar o modelo mais bem ajustado, também apontaram valores positivos. Para o teste de Ljung-Box, os resultados indicaram que não há autocorrelação até 2º ordem, uma vez que estão acima de 10%.

Diversos coeficientes da tabela indicaram valores positivos, com investimentos positivos e maiores valores nos anos 14, 15 e 16. De acordo com o modelo, o retorno do investimento em soja atinge seu valor máximo em 16 anos. Os demais modelos podem ser vistos no apêndice.

Tabela 8. Resultados do Modelo 3 - Soja.

Variável dependente: LPRODQ (Y)		Data: 1992 a 2010	
Variáveis (X)	Coefficiente ( $\beta$ )	T	Significância
Constante	-684.1381496	-2.07273	0.05863999
L INVEST	-0.0035284	-0.22064	0.82880385
L INVEST{1}	-0.0016707	-0.13514	0.89457066
L INVEST{2}	0.0001651	0.01757	0.98625148
L INVEST{3}	0.0019789	0.27102	0.79062792
L INVEST{4}	0.0037708	0.59575	0.56156858
L INVEST{5}	0.0055408	0.85723	0.40684551
L INVEST{6}	0.0072889	1.00384	0.33377440
L INVEST{7}	0.0090150	1.09177	0.29475591
L INVEST{8}	0.0107192	1.16622	0.26447643
L INVEST{9}	0.0124014	1.24655	0.23455791
L INVEST{10}	0.0140617	1.34045	0.20305564
L INVEST{11}	0.0157001	1.45077	0.17054180
L INVEST{12}	0.0173165	1.57669	0.13888068
L INVEST{13}	0.0189111	1.71174	0.11068060
L INVEST{14}	0.0204836	1.84008	0.08869375
L INVEST{15}	0.0220343	1.93432	0.07514027
L INVEST{16}	0.0235630	1.96256	0.07146247
L PIB EUA	0.6888007	2.27205	0.04071398
L PRODQ{1}	0.0458206	0.20742	0.83889339
<b>R<sup>2</sup> ajustado: 0.651430</b>		<b>DW: 2.057927</b>	
<b>AKAIKE: 5.46164</b>		<b>Teste F(5,13): 7.7279</b>	
<b>Estatística Ljung-Box 1.866 – Significância 0.891359.</b>			

Fonte: Resultados da pesquisa.

De acordo com dados da Embrapa, para que seja feito o desenvolvimento de uma variedade de soja são necessários 14 anos. Após esse período ainda existem 3 anos para que a cultura seja testada no sistema de produção de sementes e aí sim, estará disponível para chegar ao

mercado. Ou seja, somado os períodos o ponto máximo de retorno de um investimento para a criação de uma variedade é exatamente o 17º ano, conforme apontam os modelos 1 e 3.

Os resultados dos modelos 2 e 4 apontam para o retorno no 14º ano. Esse resultado pode estar aliado ao fato de que novas técnicas estão sendo implantadas com o uso da biotecnologia. Atualmente há técnicas como plantio no inverno com irrigação e uso de marcadores moleculares para auxílio na seleção dos genótipos, que aceleram o processo de criação de novas cultivares. Já foi possível disponibilizar cultivares de soja no mercado com até 14 anos.

O histórico da cultura de soja aponta que o crescimento na produtividade das variedades de soja aumenta em média 1,5 a 2,0% ao ano. Mas, há um contraponto a ser levantado que está intrínseco ao próprio sistema de inovação: os ganhos são menores ao longo do tempo. Isso ocorre porque à medida que se especializa na criação de variedades de soja mais produtivas, fica mais difícil inovar de forma que a curva da produtividade continue crescendo. Antes, o setor da cultura de soja era menos competitivo em termos de inovação de variedades, as inovações eram colocadas no mercado e eram rapidamente absorvidas. Isso implica que os investimentos podem até aumentar, mas fazer com que a curva de produtividade cresça ficará mais difícil com o passar do tempo. Como o setor da cultura de soja já possui tecnologias bastante avançadas, produzir melhorias genéticas nas plantas, no solo, combater novas doenças e produzir mais inovações se torna cada vez mais caro e desafiador.

Outro ponto abordado a ser observado é a “qualidade” do dinheiro aplicado na pesquisa. É importante que os investimentos sejam feitos com eficiência, chegando na hora que a pesquisa necessita e sendo alocado de forma correta, pois ações mal planejadas podem afetar todo um trabalho já realizado e tempo despendido. O Brasil também precisa melhorar sua política “fora da porteira”, com investimento em infraestrutura, logística e escoamento, que ainda são problemas que impactam na exportação de nossas culturas brasileiras.

## **6.4 – Trigo**

Na tabela comparativa é possível observar a descrição geral dos resultados dos quatro modelos aplicados à cultura do trigo. Analisando esses critérios de observação, chega-se a conclusão de que o modelo 4 é o que apresentou resultados mais satisfatórios. Isso porque os

testes de Ljung-Box e Durbin Watson não indicaram nenhum tipo de autocorrelação, o que demonstra que o modelo está bem ajustado. Outra confirmação foi quando se analisou o critério estatístico de Akaike (ACI), que no modelo 4 é menor do que nos demais.

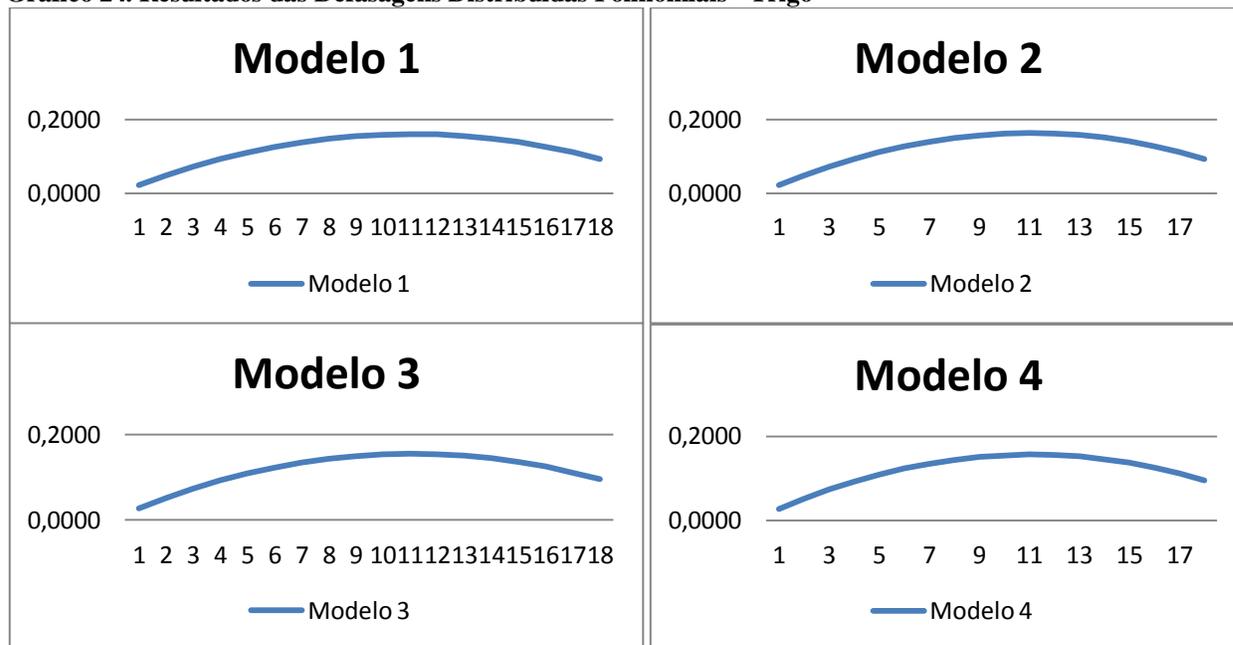
Tabela 9. Principais observações dos modelos de defasagens distribuídas polinomiais - Trigo.

Análises	<b>Modelo 1</b> Polinômio 2º Grau <b>sem</b> variável dependente defasada	<b>Modelo 2</b> Polinômio 3º Grau <b>sem</b> variável dependente defasada	<b>Modelo 3</b> Polinômio 2º Grau <b>com</b> variável dependente defasada	<b>Modelo 4</b> Polinômio 3º Grau <b>com</b> variável dependente defasada
Significância	2 ao 17º	1 e 17º	1 ao 17º	1 a 17º
Maior coeficiente	10º ano	10º ano	10º ano	10º ano
Durbin-Watson/H	Sem autocorrelação	Sem autocorrelação	Sem autocorrelação	Sem autocorrelação
Ljung-Box	Sem autocorrelação	Sem autocorrelação	Sem autocorrelação	Sem autocorrelação
Akaike	6.95	6.95	6.7574	6.7573

Fonte: Resultados da pesquisa.

Os gráficos apresentados a seguir demonstram os resultados das defasagens distribuídas polinomiais para a cultura do trigo. Neles é possível observar as curvas geradas a partir dos modelos, que indicaram comportamentos semelhantes nos modelos 1 e 2; e 3 e 4.

Gráfico 24. Resultados das Defasagens Distribuídas Polinomiais - Trigo



Fonte: Resultados da pesquisa.

Na tabela abaixo é possível melhor observar os resultados do modelo 4. Considerando o nível de significância de 10%, os resultados apontaram que todos os coeficientes de LINVEST {21} a LINVEST {17} são significativos e estão relacionados com os investimentos ao longo do período. A variável de controle LPIBEUA, usada para deixar o modelo mais bem ajustado, também apontou valores positivos. Para o teste de Ljung-Box, os resultados indicaram que não há autocorrelação de 1º ordem, uma vez que estão acima de 10%.

Os coeficientes da tabela indicaram valores positivos, com investimentos positivos e maiores valores nos anos 8, 9, 10, 11 e 12. De acordo com o modelo, o retorno do investimento em soja atinge seu valor máximo em 10 anos. Os demais modelos podem ser vistos no apêndice.

Tabela 10. Resultados do Modelo 4 - Trigo.

Variável dependente: LPRODQ (Y)		Data: 1993 a 2010	
Variáveis (X)	Coefficiente ( $\beta$ )	T	Significância
Constante	-4139.840816	-2.54649	0.02716418
LINVEST	0.028138	1.46084	0.17202788
LINVEST{1}	0.052107	2.21697	0.04862250
LINVEST{2}	0.073647	2.26541	0.04466590
LINVEST{3}	0.092744	2.20560	0.04959808
LINVEST{4}	0.109383	2.14334	0.05528323
LINVEST{5}	0.123548	2.08771	0.06088093
LINVEST{6}	0.135225	2.03775	0.06636015
LINVEST{7}	0.144399	1.99295	0.07166351
LINVEST{8}	0.151056	1.95413	0.07657639
LINVEST{9}	0.155179	1.92323	0.08070862
LINVEST{10}	0.156755	1.90327	0.08348748
LINVEST{11}	0.155769	1.89865	0.08414179
LINVEST{12}	0.152205	1.91618	0.08168078
LINVEST{13}	0.146049	1.96707	0.07490546
LINVEST{14}	0.137285	2.07154	0.06260674
LINVEST{15}	0.125900	2.26781	0.04447790
LINVEST{16}	0.111878	2.61598	0.02400003
LINVEST{17}	0.095204	2.97427	0.01264839
LPIBEUA	2.984645	2.90456	0.01432765
LPRODQ{1}	-0.452902	-2.00708	0.06994988
<b>R<sup>2</sup> ajustado: 0.650929</b>		<b>DW: 2.106431</b>	
<b>AKAIKE: 6.75730</b>		<b>Teste F(6,11): 6.2834</b>	
<b>Estatística Ljung-Box 0.234 – Significância 0.628314.</b>			

Fonte: Resultados da pesquisa.

A Embrapa possui o Programa de Melhoramento Genético de Trigo, e os resultados dos estudos apontam que se levam dez anos para que uma cultivar seja lançada até a sua comercialização, o pico máximo do retorno do investimento para a criação de uma cultivar. A

Embrapa tem trabalhado para que esse período seja diminuído. Nos últimos anos já foram lançadas cultivares em 7 ou 8 anos, devido ao uso de novas tecnologias e novas ferramentas dos programas de melhoramento.

Outra frente ainda pouco explorada é a região do Cerrado, que chega atualmente a 3% da produção nacional. As perspectivas para o Cerrado são muito boas, o objetivo é atingir patamares com grandes produtividades e altos retornos. Para isso, ainda é preciso investir em pesquisas, bancos de germoplasmas (elemento dos recursos genéticos que maneja a variabilidade genética entre e dentro da espécie, com fins de utilização para a pesquisa) e cultivares resistentes às doenças e a seca.

## 7. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cenário internacional indica que o Brasil é um país em desenvolvimento que tem o setor primário como uma das principais bases econômicas. Dessa forma é visto que a agricultura exerce papel fundamental nos indicadores do Produto Interno Bruto – PIB e da Balança Comercial. Os produtos analisados nesse trabalho (algodão, milho, soja e trigo) são fundamentais quando se observa a Balança Comercial Brasileira, uma vez que são responsáveis por grande parte da produtividade e apresentam enorme potencial de expansão da produção.

O Brasil apresenta um quadro em que as exportações agrícolas são cada vez mais ascendentes e as importações decrescentes. Dessa forma, é válido lembrar a importância de se agregar valor aos produtos agrícolas a fim de conquistar novos mercados internacionais e adquirir maior competitividade. A participação dos setores público e privado em negociações internacionais de comércio agrícola vem se expandindo, o que reflete em melhores condições de competição dos produtos agrícolas brasileiro.

É importante analisar que um país como o Brasil, com grandes dimensões territoriais, enfrenta problemas de infraestrutura tais como transporte, estoques reguladores, armazenagem, entre outros, que, se sanados, auxiliam na melhoria da logística de escoamento da produção para os canais de exportação, aumentando assim o potencial do país diante do mercado internacional. Outra observação é em relação à diversidade climática e ecológica brasileira. Daí a importância das instituições de pesquisa como a Empresa brasileira de pesquisa agropecuária - Embrapa como forma de melhor instruir e disseminar os processos de produção na agricultura, visando um agronegócio de sucesso.

É válido ressaltar que os efeitos da pesquisa sobre a produtividade agrícola não são imediatos. Uma nova tecnologia tem que ser conhecida, testada e disseminada, antes de atingir a plenitude de seu potencial, em que é largamente adotada pelos produtores, até que entre em fase de obsolescência, com impactos cadentes.

Os impactos dos investimentos foram diferenciados em cada cultura analisada: algodão, milho, soja e trigo. Isso tanto em termos de magnitude (investimentos com maior retorno em algumas culturas e menor retorno em outras), como no horizonte do tempo. Nesse sentido, os aspectos agronômicos expostos em cada uma das culturas auxiliam na análise que vai desde a sua inovação à comercialização. Os resultados se devem a quantidade de investimento bem como a eficiência de alocação dos recursos investidos.

O Estado desempenha papel fundamental na definição de programas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) agrícola, uma vez que tem o poder de cristalizar acordos e alianças entre instituições de pesquisa e entre nações. Políticas tecnológicas são cada vez mais necessárias para que o Brasil possa melhor inserir-se no mercado internacional, ampliando as oportunidades mercadológicas com produtos de maior valor agregado, ampliando a pauta exportadora e tornando o país cada vez mais competitivo. O cenário é complexo e mutante. Novos processos de produção e novas formas organizacionais, aliados às forças econômicas, institucionais e tecnológicas são necessários por parte dos agentes formuladores de políticas públicas no sentido de inserir o Brasil em um patamar mais alto dentro do ambiente de competição dinâmica.

A modernização do setor agropecuário indicou que as inovações foram sendo delineadas baseadas em paradigmas tecnológicos. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa surgiu em um momento extremamente importante para o Brasil (1973), uma vez que criou estratégias próprias, valorizou as competências tecnológicas e incorporou inovações no setor agrícola, maximizando os resultados do país nesse setor. O sucesso da criação da Embrapa reforçou o importante papel das instituições públicas na geração de tecnologias, criando instrumentos capazes de promover a disponibilidade de tecnologias modernas à sociedade.

O trabalho abordou os investimentos públicos realizados na Embrapa na expectativa de mensurar os impactos na produtividade de alguns produtos da pauta exportadora, são eles: algodão, milho, soja e trigo. Também foi analisado o aspecto da inovação tecnológica como fator de influência na produtividade das culturas estudadas na agricultura brasileira.

É visto que há outras empresas que investem em Pesquisa e Desenvolvimento no Brasil, além da Embrapa, o que resulta em uma das limitações desse trabalho. Os resultados também são importantes para os agentes privados que buscam oportunidades tecnológicas, desde que os mercados estejam dispostos a pagar, ou seja, comprovado os bons resultados que a Embrapa proporciona à sociedade mundial. Nesse sentido, esse trabalho focou-se nos resultados de produtividade apenas dos investimentos públicos, ficando como sugestão que em um trabalho posterior sejam considerados os investimentos privados, que representam parte significativa dos investimentos na Embrapa.

O modelo econométrico elaborado procurou entender e analisar a dinâmica dos investimentos em P&D agrícola, especificamente para os produtos analisados. Procuraram-se as principais características relacionadas aos investimentos na Embrapa como forma de mensurar os

resultados da produtividade da empresa nas culturas estudadas. Os resultados demonstraram que as estratégias competitivas utilizadas pela empresa buscaram novas oportunidades tecnológicas, quebrando paradigmas no setor, elevando a produtividade das culturas, e alavancando a produtividade em regiões até então improdutivas, como o Cerrado brasileiro até meados da década de 70.

O modelo aplicado foi considerado adequado de acordo com os indicadores escolhidos. Os resultados demonstraram impactos significativos dos investimentos públicos efetuados na Instituição de Pesquisa, Embrapa, no horizonte de tempo estudado, 1975-2010. Os resultados referentes aos retornos dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento comprovam que se materializam no longo prazo. É importante lembrar que as inovações não se restringem apenas a investimentos em equipamentos avançados, mas sim, dependem da capacidade da empresa em explorar o potencial criativo dos recursos tangíveis e disponíveis combinados com outros menos tangíveis, como habilidades, experiência acumulada e conhecimentos incorporados pelo seu capital humano.

Num ambiente globalizante atual, é necessário que a Embrapa, a fim de estimular ainda mais o crescimento da produtividade de produtos competitivos que o Brasil possui, esteja atenta para novas oportunidades de mercados nacionais e internacionais, bem como formas organizacionais alternativas mais eficientes, sem prejuízo da qualidade, visto que a vantagem competitiva só é mantida mediante melhorias contínuas. Nesse sentido, cabe ressaltar a importância da empresa em melhor estruturar seu setor de comércio exterior, de forma que seja capaz de construir novas aptidões e atender as demandas internas e externas à pesquisa e desenvolvimento de suas atividades fins, bem como seu processo de internacionalização.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENE, Arega D. *Productivity growth and the effects of R&D in African agriculture*. Economia Agrícola. Vol. 41, Ed. 3-4. P. 223-238. Maio/julho 2010.
- BACHA, C. J. C. *Alguns aspectos dos modelos de análise dos impactos de mudança tecnológica no comportamento do setor agrícola*. Revista de Economia e Sociologia Rural, v.30, n.1, p. 41-62, jan./abr. 1992.
- BARROS, A. L. M. *Capital, produtividade e crescimento da agricultura: o Brasil de 1970 a 1995*. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, (Esalq/USP), Piracicaba, 1999.
- BARROSO, Paulo A. V., e HOFFMANN, Lúcia V. *Algodão no cerrado do Brasil. Cap.6: Algodoeiros geneticamente modificados*. Associação Brasileira dos Produtores de Algodão – ABRAPA. 2. Ed. Aparecida de Goiânia: Mundial Gráfica, 2011.
- BHARATI, Preeti e FULGINITI, Lilyan. Institutions and Agricultural Productivity in Mercosur. Disponível em: <<http://mpr.ub.uni-muenchen.de/9669/>>. MPRA. Acesso em 10 nov. 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Cadeia produtiva do algodão*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Política Agrícola, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura. Antônio Márcio Buainain e Mário Otávio Batalha (coordenadores), Pedro Vieira Junior, Sheila Ferreira Leite. Brasília: IICA: MAPA/SPA, 2007.
- CALDARELLI, Carlos Eduardo. *Fatores de influência no preço do milho no Brasil*. Carlos Eduardo Caldarelli, Mirian Rumenos Piedade Bacchi. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010.
- CARVALHO, Rosemeiry Melo e BARRETO, Flávio Ataliba F.D. *Learning-by-Doing, Produtividade Agrícola e Crescimento Econômico*. RBE. Rio de Janeiro. V. 60. N-1.p. 5-19. Jan/mar., 2006.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Conab**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em 25 mar. 2012.
- CHRISTENSEN, L. R; JORGENSEN, D. U. S. *Real product and real factor input, 1929-1967*. Income and Wealth, v. 16, n. 1, May 1970.
- CUADRA, Fernando Marcelo de La. *A teoria da inovação induzida: uma crítica*. Estudos Sociedade e Agricultura, 2, p. 107-112, junho/1994.

- DALL'ACQUA, Fernando Maida. *O problema da agregação de capital: uma crítica ao modelo de inovações induzidas de Hayami e Ruttan*. Rio de Janeiro: Pesq. Plan. Econ., p.921-944, dez/1983.
- DELGADO, Guilherme C. *Mudança técnica na agricultura, constituição do complexo agroindustrial e política tecnológica recente*. Brasília: Cad. Dif. Tecnol, 2(1), p. 79-97, jan/abr 1985.
- DOSI, G. *Technical change and industrial transformation*. New York: St. Martin's Press, 1984. 338p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Embrapa Soja*. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/>>. Acesso em 14 mar. 2012.
- \_\_\_\_\_. *Embrapa Trigo*. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/>>. Acesso em 25 mar. 2012.
- FANCELLI, Antonio Luiz. *Milho: tecnologia e produção*. Edição de Antonio Luiz Fancelli e Durval Dourado Neto. Piracicaba: ESALQ/USP/LVP, 2005.
- FILHO, Joaquim B. S. F, ALVES, Lucilio R. A e GOTTARDO, Luiz C. B. *Algodão no cerrado do Brasil. Cap. 2: Aspectos econômicos do algodão no cerrado: ajustes estruturais e consolidação*. Associação Brasileira dos Produtores de Algodão – ABRAPA. 2. Ed. Aparecida de Goiânia: Mundial Gráfica, 2011.
- FREIRE, Eleusio Curvelo. *Algodão no cerrado do Brasil*. Associação Brasileira dos Produtores de Algodão – ABRAPA. 2. Ed. Aparecida de Goiânia: Mundial Gráfica, 2011.
- GALVÃO, O. J. de A. *A Inserção Comercial e financeira do Brasil no cenário mundial*. Relatório de Pesquisa. Jan, 2010.
- GASQUES, José Garcia; BASTOS, Eliana Teles e BACCHI, Mirian R. Piedade. *Produtividade e fontes de crescimento da agricultura brasileira*. Brasília-DF. Ipea, 2008. Cap 11, p.435-459.
- GUJARATI, Damodar N. e PORTER, Dawn C. *Econometria básica*. Tradução Denise Durante, Mônica Rosemberg, Maria Lúcia G. L. Rosa. Revisão técnica Claudio D. Shikida, Ari Francisco de Araújo Júnior, Márcio Antônio Salvato. 5 Ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.
- HAYAMI, Yujiro e RUTTAN, V. W. *Agricultural Productivity Differences among Countries*. The American Economic Review. Vol. 60. Nº 5, Dec., 1970, pp.895-911.
- \_\_\_\_\_. *Agricultural Development: An International Perspective* . Baltimore, The Johns Hopkins Press, 1971.
- \_\_\_\_\_. *Agricultural Development: An International Perspective* . Baltimore, The Johns Hopkins Press, 1985, 527p.

- HICKS, J. R. *The Theory of Wages*. Macmillan, Londres, 1963.
- JOHNSTON, B. F. e MELLOR, J. W. *The Role of Agriculture in the Economic Development*. American Economic Review, 51(4):566-93, set, 1961.
- JORGENSON, D. W. *The Development of a dual economy*. The Economic Journal, 71:310-34, jun, 1961.
- KIRESUR, V.R e MELINAMANI, V.P. *Inter-Linkages Among Agricultural Research Investment, Agricultural Productivity and Rural Poverty in India*. Disponível em: <ideas.repec.org/p/ess/wpaper/id 896.html>. Acesso em 10 nov. 2011.
- LABINI, P. S. *Oligopólio e progresso técnico*. São Paulo: Forense, 1980. 306p.
- MACHADO, Rosa Teresa Moreira. *Fundamentos sobre o Estudo da Dinâmica das Inovações no Agribusiness*. RAC, v.2, p. 127-141, maio/ago, 1998.
- MAZOYER, Marcel e ROUDART, Laurence. *História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea*. Tradução de Cláudia F. Falluh Balduino Ferreira. São Paulo: Editora UNESP. Brasília-DF:NEAD, 2010.
- MUELLER, Charles C. *Preços de fatores e desemprego rural no Brasil – um exame crítico de abordagens neoclássicas*. Revista de Economia Política, vol. 9, nº 2, abril-junho/1989.
- NICHOLLS, W. H. *Agricultural Surplus as a factor in economic development*. Journal of Political Economy, 71(1):1-29, fev, 1963.
- OWEN, W. F. *The Double Developmental Squeeze on Agriculture*. American Economic Review, 56(1):43-70, mar, 1966.
- PASTORE, A.C. *A Oferta de Produtos Agrícolas no Brasil*. Estudos Econômicos, 1(3):35-69, set-dez, 1971.
- PASTORE, A.C., ALVES, E.R.A., RIZZIERI, J. A. B. *A Inovação induzida e os limites à modernização da agricultura brasileira*. São Paulo, FIPE/USP, 1974 (Trabalho para Discussão Interna, 25).
- PINAZZA, Luiz Antônio. *Cadeia produtiva do milho*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Política Agrícola, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura. Brasília: IICA: MAPA/SPA, 2007.
- \_\_\_\_\_. *Cadeia produtiva da soja*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Política Agrícola, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura. Brasília: IICA: MAPA/SPA, 2007.
- REZENDE, G. C. *Trabalho assalariado e agricultura de subsistência no Brasil: uma análise histórica*. Pesquisa e Planejamento Econômico, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 179-216, abr. 1980.

- \_\_\_\_\_. *Políticas trabalhista, fundiária e de crédito agrícola no Brasil: uma avaliação crítica*. Rio de Janeiro: RER, vol.44, nº 01, p. 047-078, jan/mar 2006 – impressa em abril 2006.
- ROMEIRO, Ademar Ribeiro. *O modelo de inovações induzidas de Hayami e Ruttan*. Rio de Janeiro: Pesq. Plan. Econ., p 469-476, ago/1988.
- ROMEIRO, Ademar Ribeiro. *Dinâmica de introdução de inovações na agricultura: uma crítica à abordagem neoclássica*. Revista de Economia Política, vol.11, nº1(41), janeiro-março/1991.
- ROSENBERG, N. *The direction of technological change*. Inducement mechanisms and focusing devices. Economic Development and Cultural Change, v.18, n.1, p. 1-24, october 1969.
- ROSSI, Ricardo Messias e NEVES, Marcos Fava, coordenação. Prefácio Roberto Rodrigues, Carlos Vogt, Ademerval Garcia, Osmundo Rebouças. *Estratégias para o trigo no Brasil*. São Paulo: Atlas, 2004.
- SANTOS, Robério Ferreira. *Processo de modernização da agricultura brasileira: um teste da hipótese da inovação induzida*. Pesq. Plan. Econ. Rio de Janeiro. 17(3). P. 679-710. Dez.,1987.
- SANTOS, Robério Ferreira. *Análise crítica da interpretação neoclássica do processo de modernização da agricultura brasileira*. Revista de Economia Política. Vol. 8, nº3, julho/setembro, 1988.
- SILVA, Enedino Corrêa. *Pesquisa Agrícola e Tecnologia*. Brasília-DF. Editora Otimismo Ltda, 2005.
- SHIKIDA, Pery Francisco Assis e LOPEZ, Ariel Abderraman Ortiz. *A questão da mudança tecnológica e o enfoque neoclássico*. Passo Fundo: Teor. Evid. Econ., v.5, nº9, p.81-92, maio/1997.
- SHULTZ, T. W. *A Transformação da Agricultura Tradicional*. Rio de Janeiro, Zahar, 1965.
- SHYJAN, D. *Public Investment and Agricultural Productivity: A State-wise Analysis of Foodgrains in India*. Disponível em: <ideas.repec.org/p/ess/wpaper/id 896.html>. Acesso em 17 out. 2011.
- SCHMOOKLER, J. *Economic Sources of Investive Activity*. The Journal of Economic History. Vol XXII, nº1, março, 1962.
- SCHUMPETER, J. A. *Capitalismo, Socialismo e Democracia*. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961. 512p.
- \_\_\_\_\_. *Teoria do desenvolvimento econômico*. São Paulo: Abril Cultural, 1982. 169p. (Os economistas).

- SOLOW, R. M. *El cambio técnico y la función de producción agregada*. In:ROSENBERG, N. (Org.) *Economía del cambio tecnológico*, México: Fondo de Cultura Económica, 1979. p. 319-336.
- UDSA. Disponível em: <<http://www.ers.usda.gov/>>. Acesso em 25 mar. 2012
- VICENTE, José Roberto. *Impactos dos investimentos em pesquisa agrícola no Estado de São Paulo, Brasil, 1960-2000*. Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural. Julho 2006.
- WOOLDRIDGE, Jeffrey M. *Introdução à econometria: uma abordagem moderna*. Tradução de Rogério César de Souza, José Antônio Ferreira. Revisão técnica Nelson Carneiro. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

## 9. APÊNDICES

### ALGODÃO - MODELO 2

Linear Regression - Estimation by Least Squares

Dependent Variable LPRODQ

Annual Data From 1995:01 To 2009:01

Usable Observations 15

Degrees of Freedom 7

Centered R\*\*2 0.993486

R Bar \*\*2 0.986971

Regression F(7,7) 152.5047

Durbin-Watson Statistic 2.974388

Variáveis (X)	Coefficiente ( $\beta$ )	Std Error	T-Stat	Significância
Constante	-7952.904616	1601.046051	-4.96732	0.00162409
L INVEST	0.071490	0.016654	4.29268	0.00359880
L INVEST{1}	0.059923	0.018655	3.21216	0.01481352
L INVEST{2}	0.056760	0.022403	2.53363	0.03902535
L INVEST{3}	0.060769	0.024892	2.44128	0.04467507
L INVEST{4}	0.070716	0.026230	2.69598	0.03081770
L INVEST{5}	0.085366	0.027495	3.10474	0.01720760
L INVEST{6}	0.103487	0.029970	3.45302	0.01064763
L INVEST{7}	0.123843	0.034434	3.59653	0.00878033
L INVEST{8}	0.145201	0.040797	3.55914	0.00923004
L INVEST{9}	0.166328	0.048378	3.43811	0.01086505
L INVEST{10}	0.185989	0.056333	3.30162	0.01309150
L INVEST{11}	0.202950	0.063848	3.17866	0.01551956
L INVEST{12}	0.215978	0.070177	3.07764	0.01787450
L INVEST{13}	0.223839	0.074629	2.99935	0.01996043
L INVEST{14}	0.225299	0.076561	2.94274	0.02162875
L INVEST{15}	0.219124	0.075371	2.90727	0.02274895
L INVEST{16}	0.204079	0.070523	2.89379	0.02319063
L INVEST{17}	0.178932	0.061623	2.90366	0.02286616
L INVEST{18}	0.142449	0.048715	2.92412	0.02220927
L INVEST{19}	0.093395	0.033829	2.76080	0.02806377
L PIB EUA	6.295436	1.103023	5.70744	0.00072972
L PREÇO	0.735043	0.183770	3.99981	0.00519118
L CÂMBIO	1.413196	0.229301	6.16305	0.00046161
AKAIKE = 5.56009				

Ljung-Box Q-Statistics		
Lags	Statistic	Signif Lvl
1	4.572	0.032493
2	4.574	0.101567
3	4.657	0.198675
4	5.058	0.281377
5	11.512	0.042124
6	13.050	0.042242
7	15.229	0.033170
8	15.599	0.048495
9	18.721	0.027676
10	20.266	0.026833
11	21.989	0.024458
12	40.099	0.000069

### ALGODÃO - MODELO 3

Linear Regression - Estimation by Least Squares

Dependent Variable LPRODQ

Annual Data From 1995:01 To 2009:01

Usable Observations 15

Degrees of Freedom 7

Centered R\*\*2 0.989659

R Bar \*\*2 0.979318

Regression F(7,7) 95.7045

Durbin-Watson Statistic 2.114282

Variáveis (X)	Coefficiente ( $\beta$ )	Std Error	T-Stat	Significância
Constante	-5796.539427	1553.384469	-3.73155	0.00734372
L INVEST	0.067323	0.024213	2.78050	0.02727862
L INVEST{1}	0.073464	0.023990	3.06219	0.01826695
L INVEST{2}	0.078849	0.025655	3.07341	0.01798112
L INVEST{3}	0.083478	0.028369	2.94253	0.02163531
L INVEST{4}	0.087352	0.031458	2.77681	0.02742403
L INVEST{5}	0.090471	0.034497	2.62258	0.03428050
L INVEST{6}	0.092834	0.037245	2.49254	0.04144238
L INVEST{7}	0.094441	0.039566	2.38694	0.04838559
L INVEST{8}	0.095293	0.041386	2.30255	0.05478449
L INVEST{9}	0.095390	0.042668	2.23563	0.06046660
L INVEST{10}	0.094731	0.043400	2.18274	0.06537569
L INVEST{11}	0.093316	0.043589	2.14080	0.06955228
L INVEST{12}	0.091146	0.043263	2.10677	0.07313647
L INVEST{13}	0.088221	0.042471	2.07720	0.07640011

L INVEST{14}	0.084539	0.041289	2.04750	0.07982442
L INVEST{15}	0.080103	0.039835	2.01086	0.08425881
L INVEST{16}	0.074911	0.038281	1.95687	0.09123884
L INVEST{17}	0.068963	0.036872	1.87037	0.10362150
L INVEST{18}	0.062260	0.035937	1.73247	0.12679326
L INVEST{19}	0.054802	0.035878	1.52744	0.17049085
L PIB EUA	4.857669	1.139206	4.26408	0.00372776
L PREÇO	0.772980	0.246047	3.14160	0.01634273
L CÂMBIO	1.627629	0.344871	4.71953	0.00215873
L PRODQ{1}	-0.015187	0.180507	-0.08414	0.93530291
AKAIKE = 6.15549				

Ljung-Box Q-Statistics		
Lags	Statistic	Signif Lvl
1	0.195	0.658590
2	2.469	0.290958
3	3.781	0.286071
4	4.536	0.338328
5	8.017	0.155326
6	9.072	0.169557
7	9.076	0.247215
8	12.666	0.123887
9	14.418	0.108210
10	15.560	0.112945
11	22.501	0.020769
12	52.041	0.000001

Durbin h test

Normal Statistic = -0.222285 with Significance Level 0.82409177

### **ALGODÃO - MODELO 4**

Linear Regression - Estimation by Least Squares

Dependent Variable LPRODQ

Annual Data From 1995:01 To 2009:01

Usable Observations 15

Degrees of Freedom 6

Centered R\*\*2 0.993832

R Bar \*\*2 0.985608

Regression F(8,6) 120.8431

Durbin-Watson Statistic 2.981023

Variáveis (X)	Coefficiente ( $\beta$ )	Std Error	T-Stat	Significância
Constante	-8336.788601	1808.036107	-4.61096	0.00364977
L INVEST	0.078116	0.020897	3.73820	0.00964287
L INVEST{1}	0.063597	0.020603	3.08673	0.02147738
L INVEST{2}	0.058332	0.023701	2.46118	0.04904104
L INVEST{3}	0.060995	0.026165	2.33113	0.05855006
L INVEST{4}	0.070259	0.027580	2.54752	0.04363610
L INVEST{5}	0.084802	0.028915	2.93282	0.02619080
L INVEST{6}	0.103295	0.031501	3.27916	0.01684033
L INVEST{7}	0.124416	0.036204	3.43650	0.01386033
L INVEST{8}	0.146837	0.042971	3.41715	0.01419334
L INVEST{9}	0.169234	0.051092	3.31235	0.01615738
L INVEST{10}	0.190282	0.059667	3.18908	0.01885834
L INVEST{11}	0.208655	0.067821	3.07655	0.02175886
L INVEST{12}	0.223028	0.074750	2.98364	0.02452083
L INVEST{13}	0.232075	0.079710	2.91150	0.02692770
L INVEST{14}	0.234472	0.082004	2.85927	0.02882927
L INVEST{15}	0.228892	0.080984	2.82638	0.03010078
L INVEST{16}	0.214011	0.076071	2.81332	0.03062219
L INVEST{17}	0.188503	0.066833	2.82051	0.03033369
L INVEST{18}	0.151044	0.053299	2.83391	0.02980431
L INVEST{19}	0.100306	0.037496	2.67513	0.03677401
L PIB EUA	6.630720	1.295239	5.11930	0.00217972
L PREÇO	0.775363	0.205257	3.77752	0.00920708
L CÂMBIO	1.510442	0.293515	5.14605	0.00212342
L PRODQ{1}	-0.090021	0.155093	-0.58043	0.58274891
AKAIKE = 5.63879				

Ljung-Box Q-Statistics		
Lags	Statistic	Signif Lvl
1	4.753	0.029244
2	4.760	0.092546
3	5.006	0.171344
4	5.132	0.274026
5	11.957	0.035382
6	15.513	0.016622
7	16.158	0.023715
8	16.377	0.037290
9	25.414	0.002546
10	26.495	0.003128
11	26.527	0.005414
12	35.159	0.000442

Durbin h test

Normal Statistic = -1.905996 with Significance Level 0.05665077

## MILHO - MODELO 1

Linear Regression - Estimation by Least Squares

Dependent Variable LPRODQ

Annual Data From 1983:01 To 2010:01

Usable Observations 28

Degrees of Freedom 22

Centered R\*\*2 0.942177

R Bar \*\*2 0.929035

Regression F(5,22) 71.6937

Durbin-Watson Statistic 2.330502

Variáveis (X)	Coeficiente ( $\beta$ )	Std Error	T-Stat	Significância
Constante	-624.9833807	76.4783325	-8.17203	0.00000004
L INVEST	0.0001141	0.0119386	0.00956	0.99246138
L INVEST{1}	0.0012699	0.0087888	0.14449	0.88642607
L INVEST{2}	0.0033904	0.0080820	0.41949	0.67892266
L INVEST{3}	0.0064754	0.0084677	0.76471	0.45256675
L INVEST{4}	0.0105251	0.0087702	1.20009	0.24286833
L INVEST{5}	0.0155393	0.0087787	1.77011	0.09056744
L INVEST{6}	0.0215182	0.0091562	2.35012	0.02814779
L INVEST{7}	0.0284617	0.0111577	2.55084	0.01821911
L PIB EUA	0.6292491	0.0427551	14.71753	0.00000000
L PREÇO	0.1932501	0.0822897	2.34841	0.02825034
AKAIKE = 4.63309				

Ljung-Box Q-Statistics		
Lags	Statistic	Signif Lvl
1	1.595	0.206562
2	1.951	0.376924
3	3.841	0.279203
4	3.847	0.427052
5	3.873	0.567871
6	4.900	0.556751
7	10.162	0.179576
8	10.535	0.229484
9	12.352	0.194172
10	12.352	0.262171
11	13.816	0.243348
12	13.887	0.308006

### MILHO - MODELO 3

Linear Regression - Estimation by Least Squares

Dependent Variable LPRODQ

Annual Data From 1983:01 To 2010:01

Usable Observations 28

Degrees of Freedom 21

Centered R\*\*2 0.943104

R Bar \*\*2 0.926848

Regression F(6,21) 58.0156

Durbin-Watson Statistic 2.092835

Variáveis (X)	Coeficiente ( $\beta$ )	Std Error	T-Stat	Significância
Constante	-690.8162701	136.7167389	-5.05290	0.00005290
L INVEST	0.0001018	0.0121212	0.00840	0.99337887
L INVEST{1}	0.0010654	0.0089300	0.11930	0.90617158
L INVEST{2}	0.0031766	0.0082137	0.38675	0.70283438
L INVEST{3}	0.0064357	0.0085975	0.74855	0.46243070
L INVEST{4}	0.0108424	0.0089208	1.21540	0.23770100
L INVEST{5}	0.0163969	0.0090327	1.81528	0.08378971
L INVEST{6}	0.0230991	0.0096810	2.38602	0.02652524
L INVEST{7}	0.0309490	0.0120999	2.55779	0.01833026
L PIB EUA	0.7006394	0.1295170	5.40963	0.00002294
L PREÇO	0.2128707	0.0900278	2.36450	0.02776379
L PRODQ{1}	-0.1200903	0.2052679	-0.58504	0.56475351
AKAIKE = 4.68836				

Ljung-Box Q-Statistics		
Lags	Statistic	Signif Lvl
1	0.375	0.540378
2	0.771	0.679975
3	2.965	0.397009
4	2.998	0.558115
5	3.022	0.696571
6	3.867	0.694684
7	9.171	0.240616
8	10.162	0.253848
9	10.793	0.290156
10	10.821	0.371670
11	12.908	0.299375
12	13.238	0.352004

Durbin h test

Normal Statistic = -0.246126 with Significance Level 0.80558454

### MILHO - MODELO 4

Linear Regression - Estimation by Least Squares

Dependent Variable LPRODQ

Annual Data From 1983:01 To 2010:01

Usable Observations 28

Degrees of Freedom 20

Centered R\*\*2 0.945164

R Bar \*\*2 0.925972

Regression F(7,20) 49.2467

Durbin-Watson Statistic 2.230759

Variáveis (X)	Coeficiente ( $\beta$ )	Std Error	T-Stat	Significância
Constante	-666.5928253	140.3424241	-4.74976	0.00012245
L INVEST	0.0071085	0.0146289	0.48592	0.63230655
L INVEST{1}	-0.0011190	0.0093300	-0.11994	0.90572726
L INVEST{2}	-0.0009473	0.0095342	-0.09935	0.92184658
L INVEST{3}	0.0046783	0.0088832	0.52665	0.60423205
L INVEST{4}	0.0128121	0.0092572	1.38401	0.18160646
L INVEST{5}	0.0205087	0.0102500	2.00085	0.05916702
L INVEST{6}	0.0248226	0.0099396	2.49734	0.02135464
L INVEST{7}	0.0228083	0.0153734	1.48362	0.15349830
L PIB EUA	0.6684528	0.1354766	4.93408	0.00007999
L PREÇO	0.2153925	0.0906119	2.37709	0.02754358
L PRODQ{1}	-0.0709468	0.2141327	-0.33132	0.74384789
AKAIKE = 4.65147				

Ljung-Box Q-Statistics		
Lags	Statistic	Signif Lvl
1	0.930	0.334863
2	1.399	0.496764
3	2.771	0.428379
4	2.935	0.568813
5	3.052	0.691991
6	4.110	0.661857
7	8.935	0.257372
8	9.659	0.289781
9	10.158	0.337825
10	10.324	0.412526
11	11.912	0.370304
12	12.252	0.425674

Durbin h test

Normal Statistic = -0.612368 with Significance Level 0.54029449

## SOJA - MODELO 1

Linear Regression - Estimation by Least Squares

Dependent Variable LPRODQ

Annual Data From 1993:01 To 2010:01

Usable Observations 18

Degrees of Freedom 13

Centered R\*\*2 0.681208

R Bar \*\*2 0.583118

Regression F(4,13) 6.9447

Durbin-Watson Statistic 1.719186

Variáveis (X)	Coeficiente ( $\beta$ )	Std Error	T-Stat	Significância
Constante	-1092.544043	479.196335	-2.27995	0.04012263
L INVEST	-0.005120	0.016936	-0.30229	0.76721190
L INVEST{1}	-0.000371	0.012711	-0.02918	0.97716225
L INVEST{2}	0.004022	0.009397	0.42797	0.67567594
L INVEST{3}	0.008058	0.007433	1.08406	0.29803480
L INVEST{4}	0.011738	0.007205	1.62914	0.12726305
L INVEST{5}	0.015062	0.008307	1.81327	0.09293312
L INVEST{6}	0.018030	0.009922	1.81712	0.09231465
L INVEST{7}	0.020642	0.011552	1.78688	0.09728467
L INVEST{8}	0.022898	0.012977	1.76456	0.10110351
L INVEST{9}	0.024797	0.014103	1.75827	0.10220556
L INVEST{10}	0.026341	0.014895	1.76845	0.10042982
L INVEST{11}	0.027528	0.015341	1.79442	0.09602275
L INVEST{12}	0.028359	0.015450	1.83561	0.08938791
L INVEST{13}	0.028834	0.015246	1.89129	0.08107680
L INVEST{14}	0.028953	0.014778	1.95927	0.07188245
L INVEST{15}	0.028716	0.014125	2.03297	0.06300024
L INVEST{16}	0.028123	0.013421	2.09550	0.05627033
L INVEST{17}	0.027173	0.012869	2.11148	0.05466055
L PIB EUA	1.002428	0.400027	2.50590	0.02629435
AKAIKE = 5.70384				

Ljung-Box Q-Statistics		
Lags	Statistic	Signif Lvl
1	0.377	0.539116
2	4.044	0.132391
3	11.783	0.008166
4	11.842	0.018563
5	15.303	0.009145
6	17.982	0.006279
7	18.034	0.011819

8	22.750	0.003701
9	22.847	0.006549
10	23.082	0.010449
11	27.215	0.004264
12	27.220	0.007182

### SOJA - MODELO 2

Linear Regression - Estimation by Least Squares

Dependent Variable LPRODQ

Annual Data From 1993:01 To 2010:01

Usable Observations 18

Degrees of Freedom 12

Centered R\*\*2 0.702730

R Bar \*\*2 0.578867

Regression F(5,12) 5.6735

Durbin-Watson Statistic 1.785891

Variáveis (X)	Coefficiente ( $\beta$ )	Std Error	T-Stat	Significância
Constante	-1200.535325	495.372956	-2.42350	0.03211167
L INVEST	-0.011622	0.018396	-0.63176	0.53939213
L INVEST{1}	-0.009337	0.015992	-0.58383	0.57014639
L INVEST{2}	-0.006117	0.014405	-0.42463	0.67862197
L INVEST{3}	-0.002153	0.013260	-0.16238	0.87370799
L INVEST{4}	0.002364	0.012393	0.19073	0.85192360
L INVEST{5}	0.007244	0.011835	0.61203	0.55193712
L INVEST{6}	0.012295	0.011718	1.04924	0.31474163
L INVEST{7}	0.017328	0.012143	1.42704	0.17906863
L INVEST{8}	0.022152	0.013067	1.69529	0.11578813
L INVEST{9}	0.026576	0.014303	1.85810	0.08784869
L INVEST{10}	0.030410	0.015594	1.95008	0.07491724
L INVEST{11}	0.033463	0.016682	2.00593	0.06794379
L INVEST{12}	0.035543	0.017336	2.05030	0.06283893
L INVEST{13}	0.036462	0.017372	2.09893	0.05765434
L INVEST{14}	0.036027	0.016679	2.15998	0.05171339
L INVEST{15}	0.034049	0.015307	2.22446	0.04606723
L INVEST{16}	0.030337	0.013696	2.21494	0.04686231
L INVEST{17}	0.024699	0.013204	1.87056	1.87056
L PIB EUA	1.134956	0.426462	2.66133	0.02074034
AKAIKE = 5.63394				

Ljung-Box Q-Statistics		
Lags	Statistic	Signif Lvl
1	0.213	0.644639
2	4.218	0.121382
3	11.382	0.009832
4	11.382	0.022594
5	15.236	0.009399
6	17.073	0.009020
7	17.530	0.014282
8	22.235	0.004499
9	22.628	0.007088
10	24.640	0.006072
11	30.889	0.001147
12	36.353	0.000284

#### **SOJA - MODELO 4**

Linear Regression - Estimation by Least Squares

Dependent Variable LPRODQ

Annual Data From 1993:01 To 2010:01

Usable Observations 18

Degrees of Freedom 11

Centered R\*\*2 0.711637

R Bar \*\*2 0.554348

Regression F(6,11) 4.5244

Durbin-Watson Statistic 1.990310

Variáveis (X)	Coefficiente ( $\beta$ )	Std Error	T-Stat	Significância
Constante	-1095.638199	540.431994	-2.02734	0.06755928
L INVEST	-0.011377	0.018929	-0.60105	0.55998611
L INVEST{1}	-0.009086	0.016457	-0.55214	0.59189580
L INVEST{2}	-0.005929	0.014822	-0.40004	0.69678738
L INVEST{3}	-0.002089	0.013641	-0.15312	0.88107766
L INVEST{4}	0.002254	0.012750	0.17675	0.86291390
L INVEST{5}	0.006916	0.012188	0.56741	0.58183081
L INVEST{6}	0.011715	0.012096	0.96849	0.35361406
L INVEST{7}	0.016468	0.012578	1.30928	0.21712798
L INVEST{8}	0.020995	0.013588	1.54514	0.15057901
L INVEST{9}	0.025112	0.014926	1.68241	0.12062438
L INVEST{10}	0.028638	0.016327	1.75396	0.10721642
L INVEST{11}	0.031389	0.017525	1.79107	0.10080541
L INVEST{12}	0.033184	0.018287	1.81468	0.09691056
L INVEST{13}	0.033841	0.018427	1.83650	0.09343160

L INVEST{14}	0.033177	0.017841	1.85961	0.08987383
L INVEST{15}	0.031011	0.016586	1.86966	0.08836472
L INVEST{16}	0.027159	0.015107	1.79772	0.09969414
L INVEST{17}	0.021440	0.014689	1.45954	0.17237633
L PIB EUA	1.026841	0.476298	2.15588	0.05409099
L PRODQ{1}	0.158878	0.272565	0.58290	0.57171805
AKAIKE = 5.71463				

Ljung-Box Q-Statistics		
Lags	Statistic	Signif Lvl
1	1.556e-05	0.996853
2	3.067	0.215803
3	9.192	0.026847
4	9.365	0.052599
5	12.989	0.023479
6	13.733	0.032767
7	14.308	0.045963
8	18.507	0.017732
9	19.718	0.019737
10	21.419	0.018352
11	24.635	0.010306
12	31.225	0.001820

Durbin h test

Normal Statistic = 0.020623 with Significance Level 0.98354633

### TRIGO - MODELO 1

Linear Regression - Estimation by Least Squares

Dependent Variable LPRODQ

Annual Data From 1993:01 To 2010:01

Usable Observations 18

Degrees of Freedom 13

Centered R\*\*2 0.691346

R Bar \*\*2 0.596375

Regression F(4,13) 7.2796

Durbin-Watson Statistic 2.740952

Variáveis (X)	Coefficiente ( $\beta$ )	Std Error	T-Stat	Significância
Constante	-4004.638275	1522.197547	-2.63083	0.02075477
L INVEST	0.020939	0.016189	1.29339	0.21838674
L INVEST{1}	0.047370	0.023042	2.05584	0.06045612
L INVEST{2}	0.071029	0.033328	2.13118	0.05273604
L INVEST{3}	0.091913	0.043305	2.12244	0.05358229

L INVEST{4}	0.110024	0.052107	2.11148	0.05466076
L INVEST{5}	0.125361	0.059477	2.10772	0.05503567
L INVEST{6}	0.137924	0.065317	2.11159	0.05464991
L INVEST{7}	0.147713	0.069589	2.12266	0.05356098
L INVEST{8}	0.154729	0.072276	2.14081	0.05181801
L INVEST{9}	0.158971	0.073378	2.16648	0.04944448
L INVEST{10}	0.160439	0.072905	2.20065	0.04644178
L INVEST{11}	0.159134	0.070883	2.24502	0.04279899
L INVEST{12}	0.155055	0.067354	2.30208	0.03851017
L INVEST{13}	0.148202	0.062396	2.37520	0.03360810
L INVEST{14}	0.138576	0.056147	2.46810	0.02823536
L INVEST{15}	0.126175	0.048880	2.58133	0.02279898
L INVEST{16}	0.111001	0.041175	2.69584	0.01833867
L INVEST{17}	0.093054	0.034342	2.70964	0.01786240
L PIB EUA	2.801480	0.968085	2.89384	0.01255559
AKAIKE = 6.95845				

Ljung-Box Q-Statistics		
Lags	Statistic	Signif Lvl
1	3.493	0.061619
2	3.633	0.162605
3	6.063	0.108570
4	10.996	0.026608
5	11.330	0.045217
6	15.989	0.013816
7	16.012	0.025006
8	16.697	0.033421
9	22.133	0.008466
10	42.414	0.000006
11	45.922	0.000003
12	48.771	0.000002

## **TRIGO - MODELO 2**

Linear Regression - Estimation by Least Squares

Dependent Variable LPRODQ

Annual Data From 1993:01 To 2010:01

Usable Observations 18

Degrees of Freedom 12

Centered R\*\*2 0.691413

R Bar \*\*2 0.562836

Regression F(5,12) 5.3774  
 Durbin-Watson Statistic 2.742784

Variáveis (X)	Coefficiente ( $\beta$ )	Std Error	T-Stat	Significância
Constante	-4050.434410	1818.626103	-2.22719	0.04584154
L INVEST	0.021602	0.021245	1.01682	0.32930368
L INVEST{1}	0.047911	0.026198	1.82879	0.09237879
L INVEST{2}	0.071588	0.036363	1.96872	0.07251985
L INVEST{3}	0.092607	0.047057	1.96797	0.07261433
L INVEST{4}	0.110941	0.057105	1.94276	0.07587830
L INVEST{5}	0.126565	0.066205	1.91171	0.08008340
L INVEST{6}	0.139452	0.074225	1.87876	0.08477810
L INVEST{7}	0.149577	0.081032	1.84589	0.08971056
L INVEST{8}	0.156913	0.086445	1.81519	0.09455212
L INVEST{9}	0.161435	0.090228	1.78918	0.09883511
L INVEST{10}	0.163116	0.092101	1.77105	0.10192431
L INVEST{11}	0.161931	0.091748	1.76496	0.10298174
L INVEST{12}	0.157853	0.088835	1.77692	0.10091551
L INVEST{13}	0.150856	0.083046	1.81655	0.09433258
L INVEST{14}	0.140915	0.074137	1.90074	0.08162030
L INVEST{15}	0.128003	0.062116	2.06069	0.06169527
L INVEST{16}	0.112094	0.047860	2.34212	0.03724206
L INVEST{17}	0.093163	0.035803	2.60208	0.02313721
L PIB EUA	2.829555	1.146689	2.46759	0.02962407
AKAIKE = 6.95823				

Ljung-Box Q-Statistics		
Lags	Statistic	Signif Lvl
1	3.532	0.060210
2	3.660	0.160391
3	6.062	0.108619
4	11.152	0.024912
5	11.482	0.042616
6	16.415	0.011691
7	16.431	0.021459
8	17.115	0.028938
9	22.912	0.006397
10	43.448	0.000004
11	46.987	0.000002
12	49.728	0.000002

### TRIGO - MODELO 3

Linear Regression - Estimation by Least Squares

Dependent Variable LPRODQ

Annual Data From 1993:01 To 2010:01

Usable Observations 18

Degrees of Freedom 12

Centered R\*\*2 0.774108

R Bar \*\*2 0.679987

Regression F(5,12) 8.2246

Durbin-Watson Statistic 2.108091

Variáveis (X)	Coefficiente ( $\beta$ )	Std Error	T-Stat	Significância
Constante	-4113.698077	1356.393262	-3.03282	0.01041186
L INVEST	0.027760	0.014777	1.87852	0.08481330
L INVEST{1}	0.051799	0.020625	2.51140	0.02733734
L INVEST{2}	0.073328	0.029696	2.46925	0.02953412
L INVEST{3}	0.092348	0.038561	2.39488	0.03383308
L INVEST{4}	0.108858	0.046401	2.34605	0.03697715
L INVEST{5}	0.122860	0.052973	2.31929	0.03881684
L INVEST{6}	0.134351	0.058185	2.30904	0.03954490
L INVEST{7}	0.143334	0.061999	2.31189	0.03934124
L INVEST{8}	0.149807	0.064399	2.32624	0.03833091
L INVEST{9}	0.153771	0.065384	2.35181	0.03659239
L INVEST{10}	0.155225	0.064964	2.38940	0.03417282
L INVEST{11}	0.154170	0.063160	2.44093	0.03110463
L INVEST{12}	0.150605	0.060011	2.50962	0.02742701
L INVEST{13}	0.144532	0.055586	2.60014	0.02321973
L INVEST{14}	0.135948	0.050010	2.71843	0.01866181
L INVEST{15}	0.124856	0.043528	2.86839	0.01413211
L INVEST{16}	0.111254	0.036663	3.03448	0.01037984
L INVEST{17}	0.095142	0.030595	3.10977	0.00902476
L PIB EUA	2.968638	0.865681	3.42925	0.00499256
L PRODQ{1}	-0.452992	0.216040	-2.09680	0.05787261
AKAIKE = 6.75740				

Ljung-Box Q-Statistics		
Lags	Statistic	Signif Lvl
1	0.235	0.628139
2	5.932	0.051501
3	7.972	0.046592
4	14.505	0.005846
5	18.455	0.002427

6	27.086	0.000140
7	30.021	0.000094
8	33.039	0.000061
9	42.108	0.000003
10	47.231	0.000001
11	52.238	0.000000
12	53.030	0.000000

Durbin h test

Normal Statistic = -0.229748 with Significance Level 0.81828723