

TEXTO PARA DISCUSSÃO Nº 576

**O PAPEL DO ESTADO NA PESQUISA
AGRÍCOLA NO BRASIL ***

Regis Bonelli **
Elisa de Paula Pessoa ***

Rio de Janeiro, julho de 1998

* Versão revista de texto apresentado no Seminário Internacional “O Papel dos Setores Público e Privado na Pesquisa Agropecuária”, patrocinado pela Embrapa (Brasília, DF, 3 de dezembro de 1996). Essa versão do trabalho beneficiou-se de comentários de Gervásio C. Rezende e de diversos membros do Comitê Técnico da SEA/Embrapa.

** Pesquisador-visitante na Diretoria de Pesquisa do IPEA.

*** Bolsista da Anpec/PNPE na Diretoria de Pesquisa do IPEA e professora do Departamento de Economia da PUC-RJ.



O IPEA é uma fundação pública vinculada ao Ministério do Planejamento e Orçamento, cujas finalidades são: auxiliar o ministro na elaboração e no acompanhamento da política econômica e prover atividades de pesquisa econômica aplicada nas áreas fiscal, financeira, externa e de desenvolvimento setorial.

Presidente
Fernando Rezende

Diretoria

*Claudio Monteiro Considera
Luís Fernando Tironi
Gustavo Maia Gomes
Mariano de Matos Macedo
Luiz Antonio de Souza Cordeiro
Murilo Lôbo*

TEXTO PARA DISCUSSÃO tem o objetivo de divulgar resultados de estudos desenvolvidos direta ou indiretamente pelo IPEA, bem como trabalhos considerados de relevância para disseminação pelo Instituto, para informar profissionais especializados e colher sugestões.

ISSN 1415-4765

SERVIÇO EDITORIAL

Rio de Janeiro – RJ

Av. Presidente Antônio Carlos, 51 – 14º andar – CEP 20020-010
Telefax: (021) 220-5533
E-mail: editrj@ipea.gov.br

Brasília – DF

SBS Q. 1 Bl. J, Ed. BNDES – 10º andar – CEP 70076-900
Telefax: (061) 315-5314
E-mail: editbsb@ipea.gov.br

© IPEA, 1998

*É permitida a reprodução deste texto, desde que obrigatoriamente citada a fonte.
Reproduções para fins comerciais são rigorosamente proibidas.*

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

| | |
|--|----|
| 1 - INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 - ANTECEDENTES E FATORES HISTÓRICOS | 3 |
| 3 - A TEORIA DA PRODUÇÃO DE INFORMAÇÃO E DA ATIVIDADE DE PESQUISA | 5 |
| 4 - A INTERVENÇÃO GOVERNAMENTAL NA PESQUISA AGRÍCOLA..... | 9 |
| 5 - ANÁLISE EMPÍRICA: O RETORNO DAS ATIVIDADES DE PESQUISA AGRÍCOLA NO BRASIL | 18 |
| 5.1 - Análises de <i>Cross-section</i> | 18 |
| 5.2 - Séries de Tempo..... | 24 |
| 6 - CONCLUSÃO | 26 |
| APÊNDICES | 31 |
| BIBLIOGRAFIA | 38 |

RESUMO

O investimento em pesquisa agrícola pode ser considerado um investimento como outro qualquer, mas, em geral, caracteriza-se por apresentar retornos muito superiores aos de diversas aplicações alternativas. De fato, taxas de retorno da ordem de 20% a 30% são a norma, e não a exceção, nessa área de atividade. Sugerem que há insuficiência de investimento, isto é, subinvestimento em pesquisa agrícola.

Graças, em parte, a isso, os países que se caracterizam por uma agricultura mais atrasada têm dedicado recursos à pesquisa e à extensão agrícola. Sua importância para a elevação da oferta de alimentos em regiões pobres é óbvia, razão pela qual diversas associações internacionais de transferência de tecnologia agrícola foram criadas nas últimas décadas. A ajuda internacional neste caso tem sido bem-sucedida e pode ser responsabilizada pelo sucesso na transferência de tecnologia. Mesmo assim, reconhece-se que a tecnologia não é tão facilmente transferível entre países, o que tem historicamente estimulado a criação de centros nacionais de pesquisa em diversas nações. A experiência brasileira nessa área apresenta diversos casos de sucesso.

Adicionalmente, não há nenhum sinal de que os recursos gastos em pesquisa, apesar do considerável aumento histórico, tenham implicado diminuição dos retornos à pesquisa. Nossa análise para o Brasil entre 1975 e 1985 é uma modesta contribuição. Ela sugere que as estratégias ótimas de investimento requerem aumentos dos recursos para investimento em pesquisa agrícola.

ABSTRACT

Investment in agricultural research can be viewed as any other kind of investment. But, in general, it is characterized by very high rates of return. Actually, rates of return of agricultural R&D on the order of magnitude of 20% to 30% per year are not uncommon. When this is the case, it seems clear that there is underinvestment in agricultural research. It is precisely for this reason that several countries have dedicated increasing amounts of resources to agricultural R&D and extension.

In addition to that, the importance of increased resources for agricultural research aiming at increasing the supply of food in poor areas is undisputed. This is the reason why many international agencies have been created to foster the transfer of modern agricultural technologies to these countries. International aid has been well succeeded, in this respect.

There is no evidence that resources devoted to agricultural research in Brazil so far have contributed to a decrease of returns, despite the considerable growth that these investments have experienced over the past few decades. Our analysis is aimed at studying this point with the help of cross-section data from the agricultural censuses of 1975 to 1985. The models devised for the purpose of evaluating the magnitudes of returns to agricultural investment in Brazil clearly point to results that confirm the hypothesis stated above: agricultural investments in research by Embrapa have been characterized by very large rates of return in the period analyzed. This suggests that additional resources should be applied in these activities.

1 - INTRODUÇÃO

Apesar do elevado custo social que resultou do histórico subinvestimento em pesquisa agrícola no Brasil, o êxito da experiência das agências nacionais encarregadas da pesquisa agrícola concorreu para diminuir esse ônus ao longo dos últimos 20 anos.¹ Ainda assim, a parcela dos recursos dedicada à pesquisa agrícola no Brasil é muito pequena, quando comparada à de diversos outros países. Não obstante essa pequena dimensão, o desequilíbrio fiscal do Estado brasileiro tem exigido (e irá demandar mais, no futuro) reprogramação e cortes de gastos em diversas áreas de atividade.² Os gastos em pesquisa efetuados por entidades governamentais, e em particular os investimentos em pesquisa agrícola, têm sido candidatos à redução, apesar do reconhecidamente elevado retorno que a pesquisa agrícola tem permitido em diversos países [Evenson, Waggoner e Ruttan (1979)]. O Brasil não é exceção.³

Além disso, a experiência de diversos países, particularmente os menos desenvolvidos, indica que se o setor privado não julgar que a legislação de patentes é adequada e/ou protege adequadamente seus direitos, terá pouca disposição para investir em pesquisa agropecuária, especialmente em pesquisa facilmente apropriável por outros agentes, dependendo do tipo de tecnologia [ver Pray e Echeverría (1991, p. 349)].

Sabe-se que uma parcela considerável da tecnologia agrícola é, geral e internacionalmente, um bem público gerado principalmente pelas instituições governamentais de pesquisa. Quando bem-sucedidas, o resultado das atividades de pesquisa agrícola tem um caráter de bem público, pois beneficia a sociedade mas não gera retorno financeiro direto para a entidade geradora da nova tecnologia.⁴ Graças a isso, a tendência quase universal é a de falta de recursos para pesquisa. O caráter de bem público, entre outras coisas, pode interpor dificuldades à privatização dessas atividades. Relacionado a isso, como se sabe, a cunha entre retorno social e retorno privado da pesquisa agrícola, como em diversas

¹ Embora tivesse interesse para o presente tipo de estudo, não efetuamos nessa nota uma avaliação do papel da Embrapa no passado, nem de órgãos com atuação em áreas conexas como o Ceplac, o IAA, o Instituto do Café, e as Universidades (Piracicaba, Viçosa, ENA/RJ, por exemplo), por entendermos que deveríamos nos concentrar apenas em aspectos conceituais e possíveis quantificações, e não em análise institucional dos agentes do sistema de pesquisa agrícola.

² Por outro lado, é igualmente verdadeiro que quando bem-sucedida a mudança em curso na política agrícola, para reduzir o subsídio ao crédito e à comercialização de produtos agropecuários, a economia de recursos reais poderá abrir espaço para mais investimento em pesquisa agrícola no futuro.

³ Ver nossas estimativas e dados do MCT apresentados mais adiante. Segundo essa fonte as despesas públicas com a Embrapa vêm caindo desde 1989 (até 1994) quando medidas em dólares de 1994. Em 1995 registra-se aumento. O gasto público total em Ciência e Tecnologia tem sido aproximadamente constante em 1990/94 (exceto em 1992, quando cai cerca de 20%), mas bem abaixo da média de 1987/89.

⁴ Uma forma de estimar o resultado econômico deste retorno, no entanto, ocorre pelos aumentos de produtividade e renda que a inovação possibilita. Esse aspecto ocupará parte do restante deste trabalho.

atividades relacionadas à produção de conhecimento puro e aplicado, implica a necessidade de gasto governamental em pesquisa.

O impacto e extensão do apoio governamental à pesquisa agrícola e à produção de inovações são, em boa medida, determinados pela divisão de ganhos de produtividade entre produtores e consumidores. Se a demanda pela produção agrícola é elástica e está crescendo rápido (como freqüentemente acontece com a demanda externa por *commodities* agrícolas em acelerada expansão), os produtores podem reter uma parcela relativamente grande dos ganhos da inovação. Se, por outro lado, a demanda é inelástica ou cresce lentamente, uma parte relativamente maior dos ganhos será repassada aos consumidores na forma de menores preços. Por causa desse fato, os consumidores só estarão, em princípio, dispostos a apoiar a pesquisa agrícola nos períodos em que os preços relativos dos alimentos estejam em rápido crescimento, o que só acontece esporadicamente.

Outro ponto importante diz respeito à especificidade da inovação tecnológica na produção agrícola. Quando o ganho é próprio da empresa, ela investirá em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) como em qualquer outro investimento — tal como, por exemplo, em unidades de ativo fixo. A pesquisa agrícola, no entanto, não é apropriável apenas por quem a executa. De fato, a experiência histórica internacional registra que há *spillover effects* relevantes em inúmeros casos — o que ajuda a explicar o subinvestimento em P&D pelas instituições privadas ou grandes empresas agrícolas e também por que, apesar dos elevadíssimos retornos das culturas que resultam da pesquisa agrícola, o investimento nessa atividade é subótimo. Isso é o que registra a experiência internacional relevante nesse contexto. Os *spillovers* para outras regiões ou mesmo países vizinhos, isto é, a existência de não-negligenciáveis externalidades — representam um dos principais fatores que explicam o fenômeno.

Em face desse quadro é oportuno perguntar: qual a magnitude, limites e implicações desses processos em um país como o Brasil? E qual o papel e importância das instituições públicas de pesquisa nesse contexto? É possível pensar em divisão de áreas de atuação (pesquisa básica *versus* aplicada, por exemplo), na qual complementam-se os gastos privados com gastos de instituições estatais, isto é, harmonizar os papéis de modo que caminhem para um ótimo do ponto de vista social? Em outras palavras, é possível pensar em parcerias público-privadas nessa área?

Obviamente, essas perguntas não têm respostas fáceis. Na tentativa de encontrá-las, no entanto, estaremos lançando *insights* sobre o papel da pesquisa agrícola no Brasil. Ninguém nega que a pesquisa, básica ou aplicada, é uma das mais importantes prioridades da política econômica governamental em relação ao setor agrícola — não importando o grau de desenvolvimento do país em questão — dado seu impacto potencial sobre a produção de alimentos e matérias-primas.

Dispondo, assim, o problema e as preocupações que o cercam, o complemento deste trabalho está organizado da seguinte forma. Na seção seguinte apresenta-se

uma breve perspectiva histórica do desenvolvimento agrícola e da pesquisa agrícola no Brasil, como pano de fundo para o que se segue. Nessa mesma seção, avalia-se a evolução recente dos gastos em pesquisa no Brasil. Na Seção 3 introduz-se o tema da economia da atividade de pesquisa e uma discussão dos benefícios econômicos da pesquisa agrícola. A Seção 4 destaca o papel do governo no financiamento da pesquisa e discorre sobre as possibilidades de parceria público-privada. A Seção 5 apresenta resultados empíricos de modelos de regressão estimados para a agricultura brasileira, com destaque para o papel da pesquisa agrícola. A Seção 6 conclui o trabalho com observações complementares. Parte do material utilizado foi deslocado para Apêndices, na tentativa de não sobrecarregar o leitor. Uma bibliografia relaciona as fontes de consulta mais utilizadas na elaboração do texto.

2 - ANTECEDENTES E FATORES HISTÓRICOS ⁵

A abundância do fator terra tem sido, historicamente, uma característica fundamental do desenvolvimento agrícola brasileiro. Essa característica explica, com propriedade, o marco institucional e tecnológico em que cresceu e se desenvolveu nossa agricultura. Em particular, a modernização agrícola só viria a ganhar impulso a partir de meados dos anos 1960 — embora uma significativa diversificação de culturas acompanhada de mudanças locacionais em benefício de novas regiões tenha começado um pouco antes, já no imediato pós-guerra.

A ênfase da política agrícola desde então concentrou-se no uso de subsídios aos fertilizantes e outros insumos químicos, na adoção de taxas de juros subsidiadas nos créditos do governo e nos privilégios fiscais. Essas políticas distorceram preços relativos porque aumentaram artificialmente o preço da terra nas regiões mais densamente povoadas. Isso tendeu a aumentar a concentração da renda rural e da terra. Por outro lado, estimulou a expansão da fronteira agrícola na direção da região centro-oeste do país.

A modernização agrícola brasileira baseou-se em mudanças na composição das colheitas pela diversificação, incorporação de novas tecnologias e em modificações na estrutura e na organização dos fatores de produção. A mais notável mudança, no que toca à diversificação de culturas, ocorreu na composição da produção na direção de culturas caracterizadas por mercado em forte expansão no comércio internacional, com destaque para a soja. Além disso, a mecanização, a pesquisa agrícola e o uso de insumos químicos também foram fundamentais para a expansão da fronteira agrícola na direção centro-oeste. Graças a esses fatores, nas décadas de 70 e 80 os ganhos de produtividade passaram a ser uma importante fonte de crescimento da produção agrícola, especialmente das culturas mais modernas, ao contrário do que ocorreu nas décadas anteriores. Na década de 80, em particular, os ganhos de produtividade explicam cerca de 3/4 do aumento da produção agrícola [Reis (1996, Tabela 4)]. Quando a variável *crop mix* é

⁵ A parte inicial desta seção está parcialmente baseada em Reis (1996).

introduzida, a parcela explicada pelos ganhos de produtividade cai para 39%, secundada pela parcela causada pelas mudanças na composição das colheitas (31%) e pelo aumento de área plantada (28%). Ainda assim, os ganhos que se devem a aumentos no *yield* agrícola foram o fator de maior importância.⁶

A modernização foi, sem dúvida, grandemente estimulada pela atuação governamental em diversos níveis. A política agrícola beneficiou-se especialmente de: *a*) mudanças na estrutura de incentivos implícita nos instrumentos de política macroeconômica, destacando-se as políticas de crédito e de preços mínimos e as desvalorizações cambiais; *b*) maciços investimentos na infra-estrutura de pesquisa; *c*) expansão e integração do sistema viário nacional.

As políticas macroeconômicas adotadas no Brasil até os anos 80, particularmente os subsídios fiscais e creditícios, exerceram grande influência na modernização agrícola. Com a crise da dívida e a redemocratização do país as distorções diminuíram substancialmente em consequência da desvalorização cambial, da eliminação de alguns subsídios pela indexação do crédito, da adoção da política de preços mínimos indexados e da vocalização de novos grupos de pressão na agricultura.

No que diz respeito aos investimentos em pesquisa, o marco fundamental das novas políticas é a criação da Embrapa em 1973. As despesas em pesquisa efetuadas por essa agência aumentaram rapidamente nos anos 70, tanto em termos reais quanto em relação ao PIB agrícola, mas permaneceram praticamente constantes até o início dos anos 90. As pesquisas da Embrapa produziram importantes inovações nas áreas de tecnologias bioquímicas, técnicas de manejo do solo e adaptações no cultivo para as condições agroecológicas prevalentes no Brasil — a bem-sucedida adaptação das variedades de soja ao solo do Cerrado ratifica essa visão.

As inovações originadas na Embrapa tiveram, no entanto, um viés para constituírem tecnologias poupadoras de terra, particularmente nas áreas do Cerrado. Como essas áreas também se adequavam à mecanização, conclui-se que essas inovações revestiam-se, ainda, de inovações tecnológicas poupadoras de mão-de-obra.

Do ponto de vista da alocação de fundos federais para pesquisa, pode-se afirmar que a situação brasileira atual não difere muito da de diversos outros países em desenvolvimento, na qual a escassez de fundos públicos para custeio e investimento impele que determinadas atividades, entre as quais as relacionadas à Ciência e Tecnologia (C&T), sejam candidatas sempre que há necessidade de cortes de gastos para ajustar as contas públicas. Mais especificamente, tal situação determinou que, em nosso país, os gastos governamentais em C&T tenham

⁶ Sabidamente, a associação entre rendimento (*yield*) e ganho de produtividade é questionável, dado que a intensidade no emprego de fatores relaciona-se com sua escassez relativa. Por isso é perigoso concluir com base em índices parciais de produtividade, como o rendimento. Um indicador mais apropriado seria a produtividade total de fatores.

alcançado apenas cerca de 0,4% do PIB no começo dos anos 90 (já tendo sido de cerca de 0,6% no início dos anos 80; em 1995 a proporção foi de 0,36%), contra gastos na faixa de 2% a 3% do PIB em diversos países desenvolvidos e em desenvolvimento do leste da Ásia.⁷ Isso significou um volume de cerca de US\$ 2,5 bilhões em 1993/95.⁸ Deste total 68% foram para P&D em 1995. A importância dos fundos públicos para essas atividades tem sido fundamental.

A participação absoluta e relativa da Embrapa no total de gastos em pesquisa decresceu desde o final dos anos 80, apesar do grande retorno econômico possibilitado pelas atividades de pesquisa que financia (ver adiante). De fato, após ter alcançado US\$ 497 milhões em 1988, US\$ 618 milhões em 1989 e US\$ 521 milhões em 1990 (cerca de 20% do total de C&T), a parcela da Embrapa foi reduzida para US\$ 332 milhões em 1994 e US\$ 395 milhões em 1995 (ou cerca de 12,2% do total de C&T nesse último ano). Ainda assim a Embrapa é a terceira fonte de despesa em importância como unidade orçamentária, atrás do CNPq e da Capes. Perdeu a segunda posição para o Capes em 1994.⁹

A desagregação setorial do gasto por funções orçamentárias em C&T em 1995 registra a seguinte ordenação das principais funções no total de US\$ 2,46 bilhões: educação e cultura (US\$ 787 milhões), administração e planejamento (US\$ 778 milhões), agricultura (US\$ 394 milhões), energia e recursos minerais (US\$ 153 milhões), saúde e saneamento (US\$ 143 milhões). A parcela da agricultura, como dissemos, é decrescente de 1989 (20%) a 1994 (13%), mas recupera 16% em 1995.

3 - A TEORIA DA PRODUÇÃO DE INFORMAÇÃO E DA ATIVIDADE DE PESQUISA

A literatura teórica sobre P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) divide a atividade de pesquisa segundo duas classificações principais:

- a) básica, estratégica, aplicada e adaptativa
- b) básica, aplicada e de desenvolvimento experimental

Na verdade, existe um *continuum*, e não uma divisão nítida entre os tipos. Ainda assim, a divisão mais comum é entre básica e aplicada. No caso da pesquisa agrícola pode-se também subclassificar as atividades de pesquisa em quatro formas principais: gerencial, biológica, química e mecânica. Quanto ao tipo de

⁷ Estes e os demais dados estão baseados em relatórios do MCT. Dados em dólares de 1995, ao câmbio de R\$ 0,918/ US\$ 1,00.

⁸ Observe que os governos estaduais, empresas estatais e empresas privadas contribuíram com US\$ 1,65 bilhão adicional em 1994, de sorte que o total de gastos com C&T como proporção do PIB no Brasil chegou a 0,7% em 1994.

⁹ Em 1995 as ordens de grandeza do gasto nas duas entidades são semelhantes.

tecnologia em desenvolvimento, a classificação usual contempla quatro modalidades: biológica, química, mecânica ou gerencial.¹⁰

A teoria da economia da Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) destaca o fato de que essas atividades — como, de resto, toda pesquisa pura e aplicada — têm a incerteza tecnológica como um de seus atributos fundamentais. A posição teórica tradicional postula ainda que o excesso do valor social sobre o valor privado do novo conhecimento tecnológico em geral leva ao subinvestimento na atividade de invenção/inação. A principal razão para isso é que a invenção/inação, vista como um produto, é apenas imperfeitamente apropriável pelo agente inovador [Arrow (1962)]. Mesmo com um eficiente sistema de patentes, a prática mostra que o inventor/inovador só se apropria de uma parte dos benefícios de sua descoberta / inováção.

Essa literatura não considera em sua totalidade o fato de que, além dos benefícios tecnológicos, há também os pecuniários (redistribuição de riqueza devido a reavaliações de preços) resultantes da divulgação da nova informação. É possível que o inovador, seja pela especulação, seja pela revenda da informação, aproprie-se de uma parcela desses efeitos pecuniários. Tal é a argumentação de Hirshleifer, que sugeriu que há forças operando na direção contrária. Em argumentação hoje tida como clássica [Hirshleifer (1962)], o autor se baseia no aspecto distributivo do acesso à informação antes desconhecida e superior. Essa vantagem provê o incentivo para a aquisição privada e disseminação de informação tecnológica que é distinta de qualquer uso social dessa informação. A distinção feita é entre *informação anterior* (*foreknowledge*, no original) e *descoberta*. Esta última é o correto reconhecimento de que possivelmente já existe, embora não visível (determinação de propriedades de matérias, de leis físicas, de atributos matemáticos etc.). O primeiro conceito é representado pela habilidade de prever com sucesso um evento futuro. A análise do valor da prioridade da informação envolve tanto a temporalidade como a incerteza.

A aquisição da informação tecnológica refere-se, em geral, à detecção de propriedades da natureza que permitem o desenvolvimento de novos instrumentos ou a utilização de novas técnicas. Trata-se do tipo de informação acima categorizada como descoberta, na qual o segredo da natureza não será revelado, mas tem de ser extraído pelo pesquisador. A necessidade da intervenção humana torna a análise do valor da informação embutida na descoberta bastante complexa, como é fácil perceber.

A pesquisa pelos agentes privados terá lugar sempre que existirem retornos potenciais elevados o suficiente e que estes sejam apropriáveis. Os retornos são ditados pelo tamanho dos mercados (domésticos e externos); pela nível de desenvolvimento econômico do país ou região e pela sua apropriabilidade. Os custos da pesquisa são determinados pelo grau de desenvolvimento do país, pela

¹⁰ Para um *survey* das atividades de pesquisa privada, segundo cada um desses tipos, consulte Pray e Echeverría (1990).

oferta e demanda de insumos materiais e de mão-de-obra técnica, pela disponibilidade de resultados de pesquisa pública, pela qualidade e custos dos insumos de pesquisa, pela extensão da pesquisa pública e pela natureza do processo de produção. Obviamente, a política econômica do governo influencia direta ou indiretamente todos esses fatores.

Depreende-se portanto, que a disponibilidade e os resultados da pesquisa das instituições públicas são insumos na função de produção que determina o nível de atividade da pesquisa privada. Existe, assim, ao menos em princípio, uma complementaridade entre os dois tipos de pesquisa. A demanda por pesquisa pública é também, tudo o mais constante, uma demanda derivada da produção (demanda) de pesquisa privada. Além disso, a produção de pesquisa pública gera importantes externalidades positivas ao expandir a base tecnológica.

O fato de que o tamanho do mercado para o produto relevante tenha grande influência sobre a pesquisa privada (e as economias de escala que possibilita) sugere que a pesquisa privada irá se concentrar em *commodities* caracterizadas por forte demanda nos mercados nacionais e/ou internacionais — tal como ocorreu no Brasil com o caso da soja. Mercadorias com alto valor social, mas que não satisfaçam àquele requisito terão de, necessariamente, depender mais fortemente de recursos públicos para pesquisa.

A apropriabilidade é uma condição necessária mas não suficiente para a lucratividade da pesquisa privada. Atua como uma limitação aos retornos potenciais dos investimentos em pesquisa. Esta produz novos conhecimentos que podem simplesmente ser nova informação ou novo conhecimento incorporado em novas invenções. O caráter de bem público do produto da pesquisa desencoraja a participação do setor privado, a menos que existam mecanismos que lhe permitam a apropriação extensivamente do esforço de pesquisa. Se isso for possível, a empresa privada investirá em pesquisa como investe em capital físico, por exemplo: trata-se apenas de um item a mais na sua estrutura de gastos de investimento, com retornos esperados estimados que serão cotejados com alternativas de outros investimentos.

A evidência de diversos estudos confirma o que afirmamos acima: falta participação do setor privado na pesquisa básica e gerencial, onde os retornos não são inteiramente apropriáveis, e há muita participação privada nos setores de máquinas, químico, de culturas e pecuária específicos, onde os retornos sujeitam-se a uma maior apropriabilidade.

A apropriabilidade potencial dos retornos será tanto maior quanto maior for o caráter de exclusão da inovação resultado da pesquisa. O papel dos instrumentos de defesa da propriedade intelectual (e a legislação de patentes, em particular) são importantes para preservar o potencial de apropriabilidade. Esse ponto será retomado mais adiante. No Apêndice 1 apresenta-se uma nota sobre os incentivos em P&D como função da estrutura de mercado.

Os Benefícios Econômicos da Pesquisa Agrícola

A relação de políticas econômicas mais freqüentemente sugeridas para acelerar o ritmo de inovações é, classicamente, composta da tríade: aumento de recursos governamentais para pesquisa; expansão de laboratórios do governo e créditos fiscais. Desde a década de 70 que já se reconhecia claramente a importância do papel do Estado no financiamento da pesquisa agropecuária. Diversos autores dedicaram-se desde essa época à tentativa de relacionar os resultados da atividade de pesquisa às elevadíssimas taxas de retorno das culturas que se beneficiaram das mais diversas ordens de inovações objeto de pesquisa, a partir do clássico estudo de Griliches sobre os retornos econômicos da pesquisa agrícola referente ao milho híbrido. Igualmente importante, os estudos mostravam que os retornos obtidos foram altíssimos tanto na pesquisa de base científica quanto na de base tecnológica.

Os métodos para avaliar os benefícios, no entanto, não são isentos de restrições. Assim é que para avaliar o retorno pelo acréscimo de produtividade da terra tem-se a dificuldade de que os resultados afetam o custo de produção pela poupança de insumos, o que nem sempre é computável — além dos *spillover effects* de conhecimento para outras regiões. Dado que na pesquisa agrícola o produto gerado não é, em geral, patenteado, o conhecimento gerado extravasa as fronteiras da produção em si, sendo circulado em universidades, instituições de pesquisa e outros produtores.

Além disso, o próprio hiato de tempo entre a adoção de uma inovação e seus resultados econômicos é de difícil mensuração. De acordo com Evenson (1987), *apud* Ávila (1993), o lapso de tempo entre a geração da tecnologia e sua adoção é de pelo menos três anos, ao passo que o hiato temporal médio entre a publicação dos resultados da pesquisa e a adoção máxima pelos produtores pode chegar a sete anos.

Os dois métodos mais usados no Brasil para avaliar os benefícios da pesquisa agrícola são o do excedente econômico¹¹ (ou *imput accounting approach*) e os métodos da função de produção e da decomposição. Os métodos baseados na função de produção ou de produtividade incluem as chamadas metafunções de produção, nas quais variáveis como anos de escolaridade da força de trabalho ou gastos com pesquisa são incorporados como argumentos às funções. Os métodos de decomposição permitem a execução de exercícios do tipo da contabilidade do crescimento (*growth accounting*) para estimar indicadores de produtividade multifator (ou *total factor productivity*) sem o uso de uma forma funcional explícita para a função de produção. Todos esses métodos destinam-se à

¹¹ Um resumo da avaliação da experiência da Embrapa usando esses métodos revela taxas elevadíssimas de retorno do investimento em pesquisa agrícola. Há desde taxas da ordem de 20% a 40% para o investimento total (período 1974/82) até taxas de 24% a 45% para regiões do país e mesmo taxas de até 60% a 70% para produtos específicos (soja e trigo) [ver Ávila (1993)].

estimação da taxa interna de retorno (marginal) do investimento em pesquisa agrícola.¹²

Não é este o espaço para resenhar a enorme variedade de estudos empíricos realizados no Brasil, dentro e fora da Embrapa, com a finalidade de estimar o retorno das atividades de pesquisa agrícola. Basta mencionar que todos, sem exceção, apontam para retornos muito elevados. Nossos resultados, mais adiante, confirmam esse padrão.

4 - A INTERVENÇÃO GOVERNAMENTAL NA PESQUISA AGRÍCOLA

O saber convencional, já objeto de breve resenha, sugere que a política tecnológica deve ser patrocinada pelo governo. Essa justificativa se baseia no fato de que há provisão de um bem público, que toma a forma da produção das instituições que coletam, processam, financiam e disseminam a informação técnica. A agricultura representa um caso especialmente bem-sucedido de atuação governamental nos países em desenvolvimento no que diz respeito à intervenção de caráter setorial em matéria de desenvolvimento tecnológico.

A pesquisa agrícola pode também ser classificada em quatro grupos que não são necessariamente de mútua exclusividade:

- a) gerencial;
- b) biológica;
- c) química;
- d) mecânica.

As atividades privadas de pesquisa nos países mais desenvolvidos tem se concentrado no desenvolvimento de tecnologia mecânica e química em detrimento da pesquisa biológica e gerencial. No entanto, ultimamente, com os avanços da biotecnologia, a pesquisa privada em tecnologia biológica tem aumentado.

A taxonomia dos tipos de tecnologia agrícola comporta também outras fontes. A combinação desses tipos com as fontes ajuda a entender a relação entre a pesquisa agrícola pública e privada. Na verdade, como dissemos, não existe uma separação clara, mas um *continuum* de arranjos institucionais.

Institutos de pesquisa, ministérios de agricultura e universidades são (usualmente) fornecedores públicos de tecnologia. A pesquisa desenvolvida por essas organizações pode ser direcionada para adaptar tecnologias desenvolvidas em outros países ou para criar novas tecnologias. Centros internacionais de pesquisa e centros de pesquisa em outros países são fornecedores públicos usuais de tecnologia agrícola.

¹² Outros estudos, fora do âmbito da Embrapa também apresentam taxas de retorno elevadíssimas, seja no uso do método do excedente econômico ou da função de produção ou o da contabilidade do crescimento [ver Ávila (1993)].

| Localização Institucional | | |
|---------------------------|--|---|
| | Doméstica | Externa |
| Pública | Ministérios Institutos de Pesquisa <i>Research Council</i> Universidades | Ministérios Institutos de Pesquisa Universidades Agências de Cooperação Internacional |
| Privada | Cooperativas Fundações <i>Commodity institutes</i> Plantation Empresas de Processamento Empresas de Insumos | Companhias Nacionais Multinacionais Cooperativas |

As atividades de P&D desenvolvidas pelo setor privado são usualmente conduzidas por firmas de processamento agrícola, de produção e de fornecimento de insumos.¹³ Dentro dessas indústrias a pesquisa é conduzida principalmente por dois tipos de instituições privadas: companhias individuais e grupos de firmas ou produtores agrícolas. Em alguns poucos países encontram-se ainda instituições sem fins lucrativos e organizações não-governamentais.

A fonte externa mais comum de desenvolvimento de tecnologia são as companhias multinacionais que transferem a sua tecnologia para as subsidiárias locais e companhias estrangeiras que exportam diretamente sua tecnologia. As fontes externas de tecnologia tendem a ser as mais importantes para diversos tipos de tecnologia, mas cooperativas também têm lugar de destaque.

A intervenção governamental em pesquisa agrícola aplicada é necessária em razão de falhas de mercado, porquanto os investidores privados tradicionais e o mercado de capitais não têm interesse no investimento nesse tipo de atividade, especialmente em contexto de juros reais elevados, como no Brasil ou pelo fato de os retornos referentes a investimentos em tecnologia não serem totalmente apropriáveis dadas as externalidades transmitidas por imitação, mobilidade da mão-de-obra e conseqüente intercâmbio de informações, etc.¹⁴

¹³ Indústrias de processamento agrícola tendem a desenvolver tecnologias para os produtores para que o produto a ser comprado por eles seja mais barato e de melhor qualidade. Indústrias de produção agrícola, como fazendas, desenvolvem tecnologia para reduzir custos e aumentar a demanda por seus produtos. As indústrias de insumos agrícolas produzem tecnologias que visam ao aumento da produtividade dos produtores agrícolas.

¹⁴ Como se sabe, externalidades são ações de um ou mais agentes econômicos que afetam outros agentes mas não se refletem nos custos ou benefícios dos primeiros — afetando positivamente ou negativamente os outros agentes. A teoria econômica mostra que na ausência de externalidades a alocação pelo livre mecanismo das forças de mercado gera a melhor solução econômica para produtores e consumidores — um ótimo no sentido de Pareto.

As externalidades podem ser tecnológicas¹⁵ ou pecuniárias. Nas tecnológicas os efeitos não são transferidos pelas transações de mercado. Considere-se, por exemplo, o caso da difusão do conhecimento puro ou aplicado que pode, inclusive, ter lugar pela cópia ou imitação: é claro que os benefícios da inovação não são inteiramente capturados pelo inovador, beneficiando também outras firmas que copiarem ou adaptarem. Tal cria uma cunha entre retornos sociais e privados e leva a níveis de investimento em P&D aquém do que seria socialmente necessário.

As externalidades pecuniárias operam por sistema de preços. Elas são geradas quando os lucros de uma firma são afetados pelos níveis de produção e de insumos de outra firma. As externalidades pecuniárias são relevantes para o desenvolvimento quando recíprocas. Isso, no entanto, pode conduzir às falhas de coordenação. Esse tipo de imperfeição de mercado exige que alguma outra entidade (o governo ou algum agente atuando em seu lugar, por exemplo) funcione como difusor de informações e coordenador dos gastos de investimento. A falta de instituições difusoras de informações e experiências é, nesse contexto, um dos aspectos mais realçados na literatura de desenvolvimento tecnológico.

No mundo dos países desenvolvidos os institutos de pesquisa pura e aplicada beneficiam-se muito mais das externalidades geradas por uma infra-estrutura econômica e de pesquisa do que no universo dos países em desenvolvimento ou subdesenvolvidos. Já as economias dinâmicas de aprendizado surgem porque a tecnologia não é perfeitamente comerciável. Assim, para que os retardatários possam entrar em pesquisa é preciso, em muitos casos, um esforço tecnológico original que é, geralmente, de alto risco dada a falta de instituições para difundir a informação necessária. Essa, aliás, é uma das muitas razões pelas quais se reconhece como extremamente importante o papel das economias de escala na pesquisa. Esse ponto não precisa ser desenvolvido aqui, por sabidamente conhecido.

A resposta da teoria neoclássica para solucionar a questão do baixo investimento resultante das externalidades tecnológicas, caso relevantes, recomenda o uso do subsídio nas atividades envolvidas. Essa é uma possibilidade a ser considerada.

Governo e Setor Privado como Parceiros no Financiamento da Pesquisa Agrícola

Com a expansão da pesquisa agrícola privada e as pressões para a redução do déficit público, tendem a ganhar peso os argumentos para a diminuição dos recursos destinados a pesquisa agrícola pública. Tais argumentos partem da hipótese de que a pesquisa pública e privada são substitutas entre si, o que nem sempre é verdade. Em muitos casos podemos até verificar complementaridade

¹⁵ As externalidades tecnológicas não são setorialmente neutras. Indústrias em que o regime competitivo está mais baseado na ciência, P&D formal e ciência pura, são mais propensas a gerar externalidades. Ver Moreira (1996), cujo texto sustenta que o problema da política econômica geral (e setorial, em particular) não é tanto de extensão da intervenção, mas de qualidade da ação estatal.

entre estas atividades. Assim, a pesquisa pública básica pode fornecer oportunidade para as firmas desenvolverem atividades de P&D lucrativas e adaptarem estas tecnologias às necessidades dos produtores.

Em geral, o setor público e o setor privado não são substitutos diretos porque desenvolvem diferentes tipos de pesquisa para produzir diferentes tipos de tecnologia. Uma exceção apontada por Pray e Echeverría (1991) é o caso de algumas formas de pesquisa biológica onde há competição potencial. A pesquisa agrícola privada tende a ser mais aplicada do que a pesquisa pública e se concentra em tecnologia mecânica e química. O setor público atua mais fortemente na pesquisa básica e está mais envolvido com tecnologia biológica e agrônômica. Também desenvolve capital humano, fator necessário para a atividade de pesquisa em qualquer setor.

Já a tecnologia química tem abrangência econômica limitada e seus benefícios são relativamente mais apropriáveis pelo inovador. Nos países mais desenvolvidos, tecnologias mecânicas são patenteáveis e os direitos do inovador, geralmente, mais garantidos. Em países menos desenvolvidos, onde os direitos dos inovadores não são tão fortes, as firmas privadas têm menos incentivo para investir em pesquisa e desenvolver novos produtos. No caso de pesquisa mecânica e química, um esforço conjunto público e privado é comum em pesquisa básica, mais ainda é do setor privado que desenvolve a maior parte do trabalho de pesquisa aplicada.

Embora temas associados aos principais efeitos de regulamentação da atividade de P&D, como os *spillovers* e as patentes, tenham sido estudados e relativamente bem-entendidos, os economistas não têm dado muita atenção à questão da extensão da intervenção e do *mix* ótimo de políticas públicas relacionadas à atividade de P&D. Uma forma de regular essas atividade seria pelo aperfeiçoamento de regimes de patentes.

Os atores principais neste processo são, como vimos: instituições públicas nacionais e internacionais, organizações internacionais não lucrativas e empresas privadas (*agribusiness firms*). Assim como nos tipos de pesquisa, a distinção entre pesquisa pública ou privada não é por vezes totalmente nítida, havendo um complexo, quase um *continuum*, de instituições dedicadas à pesquisa que vai dos institutos governamentais às empresas privadas de processamento e produtoras de insumos. Historicamente, a pesquisa agrícola tem sido também efetuada por agentes públicos nacionais e internacionais. Trata-se de um traço que vem mudando gradativamente com o tempo, segundo um quadro que pode ser caracterizado como de privatização das atividade de pesquisa agrícola.

As instituições públicas aparecem neste cenário para maximizar o bem-estar social nos casos de falhas de mercado. Arrow (1962) argumenta que o setor privado irá subinvestir em pesquisa por três razões, ou seja os três grandes *Is*:

Inapropriabilidade: é a causa fundamental das falhas de mercado; quando a informação gerada pela pesquisa tem atributos de bem público, e se os benefícios

sociais são superiores aos privados, a alocação de recursos por uma firma que maximize lucros não será socialmente ótima, isto é, haverá subinvestimento;

Incerteza: firmas com aversão ao risco, algo típico das atividades de pesquisa, discriminarão ações e atividades com resultados incertos e tenderão a investir menos que o socialmente ótimo;

Indivisibilidades: no caso de uma firma que produz insumos agrícolas e faz sua própria pesquisa, a presença de indivisibilidades ou retornos crescentes no uso significa que o custo fixo de produção de uma dada inovação pode ser rateado por um maior número de unidades de produto por uma firma grande que uma pequena. Se existirem retornos crescentes, é provável que surja um monopólio; gerando, novamente, como resultado níveis de atividade de pesquisa aquém do socialmente ótimo;

Nos três casos, o investimento privado torna-se tanto mais inadequado quanto mais próximo estiver a empresa da pesquisa básica. Logo, quanto mais básica a pesquisa, maior a necessidade de apoio do governo.

No extremo oposto encontra-se a posição de que a intervenção governamental é ruim por princípio. As oposições aqui são também de três tipos, como se segue:

Ideológicas: a liberdade individual depende da preservação do capitalismo, a qual é ameaçada pela intervenção governamental;

Positivas: essa posição leva ao antiestatismo como uma forma de crença na eficiência do capitalismo de mercado;

Falhas de governo: argumenta-se que as falhas de mercado são uma condição necessária mas não suficiente para justificar a intervenção governamental; embora o resultado das forças de mercado seja imperfeito, essa linha sustenta que o resultado da ação governamental (excesso de pessoal e de custos, ausência de incentivos, por exemplo) é pior ainda.

Considerem-se, em seguida, os papéis dos setores público e privado na pesquisa agrícola no que toca aos objetivos, áreas de pesquisa e tipos de tecnologia.

Diferenças de objetivo: a apropriabilidade dos retornos é o ponto focal das diferenças, dado que o determinante principal da atividade de pesquisa é a rentabilidade. A apropriabilidade é mais alta para invenções mecânicas que para tecnologias biológicas, por exemplo.

Diferenças de apropriabilidade devido às áreas de pesquisa: a maior parte da pesquisa privada é feita por firmas produtoras de insumos que ofertam fertilizantes e outros produtos químicos, veterinários, sementes e máquinas agrícolas. Logo, pode-se distinguir entre tecnologias mecânicas, químicas e biológicas.

Tecnologia mecânica: a pesquisa pública nada teve a acrescentar neste ramo. A razão é que a tecnologia neste caso é incorporada em novos equipamentos, de tal forma que as empresas se apropriam do resultado da pesquisa nas vendas de equipamento. Além disso, as patentes para equipamento são mais fáceis de serem cumpridas.

Tecnologia química: como no caso de equipamento, o setor privado domina as áreas de pesquisa adaptativa e aplicada na produção de químicos agrícolas. Ruttan, no entanto, argumenta que há três casos em que o apoio público é necessário: regulação para assegurar que o setor privado desenvolva agentes químicos e biológicos dentro de normas de segurança e de desenvolvimento aceitas; apoio às instituições públicas que desenvolvem agentes e procedimentos de controle biológico e culturais; apoio público para o desenho e operação de programas de gerenciamento de populações de insetos.

Tecnologia biológica: dado que o patenteamento de material biológico é difícil, mas as possibilidades de cópia são fáceis, esse tipo de tecnologia é diferente dos anteriores. A combinação de estações de pesquisa pública e companhias de sementes privadas é comum.

Em termos mais gerais pode-se afirmar que a apropriabilidade é função do tipo da pesquisa e da área tecnológica. Os incentivos do setor privado em conduzir ou patrocinar pesquisa são fracos em tecnologia básica e pesquisa física; pesquisa genérica com aplicação ampla em diversas *commodities*; áreas tecnológicas nas quais o conhecimento não pode ser facilmente incorporado na propriedade produzida e onde as instituições destinadas a proteger os direitos da propriedade intelectual são ineficientes ou inexistentes.

O *continuum* de atividades de pesquisa sugere que deve-se buscar complementaridades ou sinergias entre instituições públicas e privadas. O quadro a seguir, tomado de Thirtle e Echeverría (1994) sugere que quanto mais nos quadrantes noroeste mais deve-se ter apoio público à pesquisa. Quanto mais nos quadrantes sudeste, mais atividade privada.

Tipos de tecnologia e áreas de P&D

| Áreas / Tipos | Básica | Estratégica | Aplicada | Adaptativa |
|---------------|---------|-------------|----------|------------|
| Gerencial | Pública | | | |
| Biológica | | | | |
| Química | | | | |
| Mecânica | | | | Privada |

O objetivo básico pelo qual as firmas conduzem atividades de P&D é o fato de que essa atividade gera o conhecimento necessário à produção de novos produtos

ou à produção de produtos já existentes com custos menores. As firmas podem usar novas tecnologias ou vendê-las para que outras firmas as usem.

Estudos empíricos mostram que o retorno social da atividade de pesquisa é maior do que o benefício apropriado pelo inventor. O hiato entre o incentivo social e o privado a inovar revela-se porque uma firma maximizadora de lucros individual não leva em consideração o efeito de suas ações no bem-estar dos consumidores e nos lucros das demais firmas. Dessa forma, ao mesmo tempo que atividades privadas de P&D aumentam o excedente do consumidor e geram externalidades positivas para as outras firmas, o incentivo privado que conduz atividades de P&D é muito baixo.

Uma variedade de forças econômicas e políticas agem para produzir um *spread* entre o incentivo privado e o social a se produzir P&D. O primeiro causador dessas divergências são os *spillovers* tecnológicos: se uma firma pode empregar novas tecnologias que foram resultado de pesquisa de uma outra firma sem pagar nada por isso, o incentivo privado tende a ser muito baixo pois a firma que investiu em tecnologia não considera os *spillovers* positivos.

A incapacidade de apropriar todos os ganhos da divisão *ex-post* dos resultados das pesquisas tem dois efeitos negativos sobre os incentivos das firmas produzirem P&D:

- a) reduz o valor esperado do retorno da inovação;
- b) como as firmas podem ganhar com as atividades de P&D conduzidas pelas suas rivais, a sua perda esperada por não-implementação das atividades de P&D também fica reduzida.

O hiato entre o retorno público e o privado aos investimentos em P&D e a falha das firmas na divisão dos lucros dos frutos de seus investimentos em P&D podem ser solucionados com a aplicação de três tipos de políticas:

- 1) subsídios diretos ou indiretos para restaurar os incentivos;
- 2) fortalecimento de incentivos para a cooperação *ex-post*;
- 3) encorajamento para a cooperação *ex-ante*.

No caso dos Estados Unidos, os subsídios diretos e indiretos foram largamente utilizados para aumentar o incentivo a atividades privadas de P&D. Cerca de 47% dos gastos privados com atividades de P&D vêm de subsídios diretos do governo americano. Os incentivos fiscais também são largamente utilizados: em 1981 o *Economic Recovery Act* proporcionou um crédito tributário de 25% para empresas cujos gastos com atividades de P&D fossem maiores do que a média dos três últimos anos.

Spence (1984) examinou a questão dos subsídios e concluiu que eles podem ser muito eficientes em mercados onde os *spillovers* são elevados, como no caso do mercado agrícola. Mesmo que os subsídios consigam aumentar o nível de atividades de P&D, podem também distorcer os incentivos na indústria pois é difícil compreender como o governo escolhe as firmas que contempla com o subsídio.

O fortalecimento da propriedade intelectual, mediante registro de patentes, pode melhorar e tornar mais atrativo o mercado de investimento e de divisão dos resultados P&D. Direitos de propriedade mais fortes fortalecem os incentivos à condução de P&D porque permitem às firmas a apropriação dos benefícios da inovação, reduzindo o *gap* entre os incentivos sociais e privados. Os direitos de propriedade aumentam a apropriabilidade de duas formas: primeiro, se a firma opta por não dividir os resultados de sua pesquisa com as outras, não terá de conviver com *spillovers* que diluem o valor dos seus investimentos; segundo, direitos de propriedade intelectual mais fortes deixam o detentor da patente em uma posição mais lucrativa perante as outras firmas, pois a patente impede a imitação e os *spillovers*.

No entanto, segundo Tirole (1990), as patentes não são a única forma de produção de apropriabilidade. Em geral, inovações não patenteadas continuam revertendo ganhos para os seus inventores por pelo menos um espaço de tempo. Os imitadores provavelmente observam as inovações com um *lag*, ou podem não possuir o *know-how* para reproduzi-las imediatamente.

Dessa forma, as patentes desempenham papel de menor importância em determinados mercados (aqueles em que as condições acima estão presentes: possibilidade de imitação etc.) e abrem espaço para o estudo de formas alternativas de encorajar a inovação, como um sistema baseado em “prêmios” ou por mecanismos contratuais.

O sistema baseado em prêmios objetiva, em sua forma extrema, desenhar um projeto bem definido e garantir uma determinada quantia em dinheiro — o “prêmio”, — para a firma que completar primeiro o projeto, ou fazê-lo de modo mais bem-sucedido ou engenhoso. Depois que o prêmio é ganho por uma determinada firma, a inovação cai em domínio público. Assim como o sistema baseado em patentes, esse método tem origens bem antigas, embora seja bem menos utilizado que o de patentes. Sem dúvida, a sua vantagem mais importante perante o método das patentes é o não-incentivo à formação de monopólios.

No entanto, a implementação desse sistema de prêmios é difícil por diversas razões. Primeiro, o governo ou agência governamental precisa avaliar com precisão a possibilidade de realmente ocorrerem as diversas invenções, e também a demanda por elas. A informação sobre a demanda é essencial para avaliar o montante do prêmio que, na verdade, é o fator que está incentivando a pesquisa. Geralmente as firmas estão mais bem informadas sobre esse ponto que o governo. Desta forma, uma solução menos centralizada, como, por exemplo, agências

regionais ou setoriais que conhecessem certos mercados detalhadamente, seria melhor.

Na prática, o prêmio a ser pago nesse sistema só pode ser avaliado após a ocorrência efetiva da inovação. Como a essa altura os investimentos em P&D já foram feitos pela firmas, possivelmente teremos problemas de *hold-up*. Na maioria das vezes, as esferas administrativas e judiciárias avaliam de forma bastante conservadora os valores dos prêmios.

Finalmente, o sistema é desejável porque induz competição no mercado de pesquisa. No entanto, como no sistema de patentes, não existe nenhuma razão para esse ambiente competitivo acarretar um montante ótimo de atividade de inovação.

Um rival mais sério do sistema de patentes é um sistema centralizado conhecido como *procurement* ou *contractual mechanism*. Embora um pouco semelhante ao sistema de prêmios visto anteriormente, o sistema contratual difere deste pois o governo pode controlar o acesso ao mercado de pesquisa. Mais precisamente, o governo escolhe um número de firmas (geralmente apenas uma) e estabelece um contrato com essas firmas. O contrato usualmente contém mais detalhes que os especificados quando um prêmio é oferecido. Por exemplo, o contrato em geral especifica que uma parte dos custos da pesquisa vai ser custeado pelo governo. Esses contratos evitam a duplicação excessiva dos custos da pesquisa. No entanto, existem problemas com eles no que diz respeito à tecnologia disponível para a pesquisa e à forma de controle das firmas contratadas. Além disso, como no sistema de prêmios, o governo precisa saber o valor da inovação, ainda que no sistema contratual o primeiro cliente da inovação seja a própria firma contratada.

Uma outra forma de incentivo à pesquisa consiste no incentivo à formação de *joint-ventures* de pesquisa (JVP). Estas podem ser entendidas como um sistema no qual diversas firmas decidem dividir os custos e os benefícios associados a um determinado projeto. Embora conceitualmente distintas, as JVPs funcionam da mesma forma que os “acordos de licença” pois as duas são formas contratuais de acordo que afetam consideravelmente os níveis de P&D e a difusão da inovação. A primeira grande vantagem do sistema de JVP reside no fato de que conduz à eficiência tanto no mercado específico, como, por exemplo, o mercado agrícola, quanto no nível social. Essa vantagem vem do fato de o sistema de JVP permitir uma coordenação da atividade de pesquisa além de explorar a complementaridade entre os seus diversos membros.

Uma JVP afeta o gasto global com P&D e, conseqüentemente, o incentivo à pesquisa. Dependendo do setor, as JVPs podem aumentar ou reduzir a atividade de P&D. Existem duas razões básicas para essas *joint-ventures* acelerarem o processo de inovação. Na medida em que a proteção por patentes não é totalmente eficaz e as inovações provocam *spillovers*, as firmas que praticam P&D individualmente não internalizam a externalidade positiva dos seus rivais devido à inovação. Essas firmas tendem, portanto, a subinvestir em P&D quando se

examina o mercado como um todo. Uma JVP corrige pelo menos a externalidade entre seus membros, logo aumenta o gasto com P&D de cada um deles. Ademais, pode ocorrer que os custos fixos da atividade de P&D sejam tão grandes que determinadas firmas individualmente não poderiam arcar com eles. Além disso, uma JVP pode dar às firmas individuais a possibilidade de explorar retornos crescentes de escala na atividade de P&D.

No entanto, para obtermos uma visão mais completa da deseabilidade privada e social das JVPs seria necessária análise dos efeitos adicionais como o efeito de exclusão de uma JVP entre um subconjunto de firmas de um determinado mercado; a incorporação da possibilidade de o mercado gerar excesso ou escassez de P&D na ausência da JVP e a avaliação dos instrumentos públicos alternativos capazes de regular a atividade de P&D.

Uma idéia de Faro e Contini lançada por Alves (1992) para incentivar a associação entre governo e setor privado no financiamento da pesquisa agrícola consiste em permitir que as associações de produtores arrecadem taxas sobre (alguns) produtos para a realização de pesquisas. Neste caso o setor público poderia contratar essas associações para a execução de alguns projetos, julgados necessários, dado o estado da pesquisa e as necessidades de financiamento. Pode-se inclusive pensar em possibilitar condições especiais à realização do uso de algum tipo de incentivo concedido temporariamente. Os centros internacionais, em particular, teriam uma grande contribuição a oferecer neste contexto [Umali (1992)].

5 - ANÁLISE EMPÍRICA: O RETORNO DAS ATIVIDADES DE PESQUISA AGRÍCOLA NO BRASIL

Dois conjuntos de dados foram utilizados: um para as estimações segundo modelos do tipo *cross-section* e outro para as estimações com séries de tempo. Em Apêndice encontra-se uma descrição da base de dados utilizada e aproximações feitas, bem como tabelas complementares.

5.1 - Análises de *Cross-section*:

Para a estimação de funções de produção para o setor agropecuário foram feitas análises do tipo *cross-section* segundo estados da Federação brasileiros para os anos censitários de 1975, 1980 e 1985. Primeiramente, estimamos uma função de produção agrícola do tipo Cobb-Douglas com a produção agrícola como variável dependente. As variáveis explicativas (insumos) foram o nível de emprego, área plantada, gasto com pesquisa efetuada pela Embrapa e estoque de máquinas agrícolas. Trata-se de formulação padronizada em estudos deste tipo, onde se supõe que o conhecimento é um argumento na função de produção junto com os demais fatores. A forma funcional é dada por:

$$PROD_i = CONST \cdot EMBRA_i^\alpha \cdot AREA_i^\beta \cdot EMP_i^\delta \cdot MAQ_i^\lambda$$

onde $PROD_i$ representa a produção do estado i ; $EMBRA_i$ o gasto com pesquisa no estado i ; $AREA_i$ a área plantada no estado i ; EMP_i o estoque de empregados no setor agrícola no estado i e MAQ_i o estoque das máquinas agrícolas no estado i . Os termos α , β , δ , e λ representam as respectivas elasticidades. Para operacionalizar a estimação, usamos um modelo log-linear e é necessário extrair o logaritmo natural das variáveis. O modelo utilizado foi o de mínimos quadrados ordinários. Assim, o modelo estimado foi:

$$PROD_i = CONST_i + \alpha EMBRA_i + \beta AREA_i + \delta EMP_i + \lambda MAQ_i + \varepsilon_i$$

com as variáveis em letras minúsculas denotando os logaritmos naturais das variáveis.

Para o ano de 1975 obtêm-se os seguintes resultados:

| Variável Dependente: Produção Agrícola | Coefficiente | Erro Padrão | Valor t Calculado |
|---|--------------|-------------|---------------------|
| Constante | 5,57 | 0,91 | 6,12 |
| $EMBRA$ | 0,27 | 0,07 | 4,16 |
| $AREA$ | 0,16 | 0,13 | 1,28 |
| EMP | 0,19 | 0,10 | 1,96 |
| MAQ | 0,29 | 0,06 | 5,12 |

O valor do coeficiente de determinação R^2 ajustado foi de 0,97, claramente elevado para regressão em se tratando de uma equação de *cross-section*. A elasticidade estimada do gasto da Embrapa com pesquisa sugere que para cada aumento de 1% no gasto resulta um aumento de 0,27% na produção agrícola. Todas as variáveis se mostraram significantes ao nível de significância de 1%, com exceção da variável $AREA$ (Área Plantada). Além disso a soma dos coeficientes estimados (0,91) sugere a presença de retornos decrescentes de escala na produção agrícola, o que já era esperado. No entanto, não fizemos o teste estatístico relevante, dado que foge ao escopo deste trabalho.

Note que em 1975 e 1985 a significância do coeficiente referente à área plantada é baixa. O mesmo ocorre em relação ao emprego em 1980.

A repetição do exercício para o ano de 1980 revela os resultados abaixo:

| Variável Dependente: Produção Agrícola | Coefficiente | Erro Padrão | Valor t Calculado |
|---|--------------|-------------|---------------------|
| Constante | 6,16 | 0,87 | 7,09 |
| $EMBRA$ | 0,27 | 0,07 | 3,55 |
| $AREA$ | 0,24 | 0,13 | 1,87 |
| EMP | 0,10 | 0,09 | 1,19 |
| MAQ | 0,35 | 0,07 | 5,16 |

$$R^2 = 0,97$$

E para o ano de 1985 tem-se o resultado seguinte:

| Variável Dependente: Produção Agrícola | Coefficiente | Erro Padrão | Valor <i>t</i> Calculado |
|---|--------------|-------------|--------------------------|
| Constante | 9,26 | 1,23 | 7,52 |
| <i>EMBRA</i> | 0,20 | 0,09 | 2,30 |
| <i>AREA</i> | 0,12 | 0,14 | 0,85 |
| <i>EMP</i> | 0,32 | 0,09 | 3,59 |
| <i>MAQ</i> | 0,38 | 0,07 | 5,34 |

$$R^2 = 0,96$$

Como a variável Área Plantada não se mostrou significativa para dois dos anos estudados (1975 e 1985), decidiu-se repetir o exercício sem considerar a variável *AREA* como variável independente. Os resultados vêm a seguir:

1975

| Variável Dependente: Produção Agrícola | Coefficiente | Erro Padrão | Valor <i>t</i> Calculado |
|---|--------------|-------------|--------------------------|
| Constante | 6,30 | 0,72 | 8,79 |
| <i>EMBRA</i> | 0,31 | 0,06 | 5,13 |
| <i>EMP</i> | 0,26 | 0,08 | 3,23 |
| <i>MAQ</i> | 0,34 | 0,04 | 8,99 |

$$R^2 = 0,97$$

1980

| Variável Dependente: Produção Agrícola | Coefficiente | Erro Padrão | Valor <i>t</i> Calculado |
|---|--------------|-------------|--------------------------|
| Constante | 7,10 | 0,75 | 9,42 |
| <i>EMBRA</i> | 0,31 | 0,07 | 4,25 |
| <i>EMP</i> | 0,19 | 0,08 | 2,41 |
| <i>MAQ</i> | 0,44 | 0,05 | 8,71 |

$$R^2 = 0,96$$

1985

| Variável Dependente: Produção Agrícola | Coefficiente | Erro Padrão | Valor <i>t</i> Calculado |
|---|--------------|-------------|--------------------------|
| Constante | 9,41 | 1,21 | 7,78 |
| <i>EMBRA</i> | 0,24 | 0,07 | 3,23 |
| <i>EMP</i> | 0,37 | 0,08 | 4,88 |
| <i>MAQ</i> | 0,43 | 0,05 | 8,78 |

 $R^2 = 0,96$

Observe-se que tanto no caso dessas três últimas estimações quanto no caso das anteriores o coeficiente da variável relativa aos gastos da Embrapa parece diminuir com o tempo, isto é, quando se passa de 1975 e 1980 para 1985. Isso será testado mais adiante. Note também que agora o coeficiente da variável emprego, como os demais, é altamente significativo em todas as estimações.

Uma boa parte dos trabalhos econométricos de estimação de funções de produção, no entanto, usa como variável dependente não a produção propriamente mas a produtividade de algum fator isoladamente.¹⁶ Tendo isso em conta e repetindo-se os exercícios com a variável dependente redefinida para representar a produtividade da terra obtém-se, para cada um dos anos de estimação:

| 1975: Variável Dependente: Produtividade Agrícola | Coefficiente | Erro Padrão | Valor <i>t</i> Calculado |
|--|--------------|-------------|--------------------------|
| Constante | 4,27 | 0,67 | 6,33 |
| <i>EMBRA</i> | 0,28 | 0,07 | 3,96 |
| <i>EMP</i> | 0,29 | 0,09 | 3,09 |
| <i>MAQ</i> | 0,26 | 0,06 | 4,44 |

 $R^2 = 0,60$

| 1980: Variável Dependente: Produtividade Agrícola | Coefficiente | Erro Padrão | Valor <i>t</i> Calculado |
|--|--------------|-------------|--------------------------|
| Constante | 5,57 | 0,49 | 11,45 |
| <i>EMBRA</i> | 0,29 | 0,29 | 4,31 |
| <i>EMP</i> | 0,13 | 0,13 | 1,57 |
| <i>MAQ</i> | 0,34 | 0,34 | 5,24 |

 $R^2 = 0,64$

¹⁶ Este é tipicamente o caso de estudos sobre a produtividade da mão de obra na indústria. No caso do setor agrícola parece natural testar a influência dos gastos em P&D sobre a produtividade da terra.

| 1985: Variável Dependente: Produtividade Agrícola | Coefficiente | Erro Padrão | Valor <i>t</i> Calculado |
|---|--------------|-------------|--------------------------|
| Constante | 9,63 | 0,42 | 22,83 |
| <i>EMBRA</i> | 0,18 | 0,06 | 2,85 |
| <i>EMP</i> | 0,31 | 0,08 | 4,00 |
| <i>MAQ</i> | 0,38 | 0,07 | 5,60 |

$$R^2 = 0,65$$

Note que a elasticidade dos dados da Embrapa cai sensivelmente no último ano de estimação comparativamente aos demais — embora permaneça estatisticamente significativa — a exemplo do que ocorreu quando da estimação que teve a variável produção como variável dependente. Retornaremos a esse ponto mais adiante.

Dados de Painel

O passo seguinte na análise consistiu em juntar todos os dados em uma única regressão valendo-se da técnica dos dados de painel. O resultado com os dados usados conjuntamente (*pooled*) está abaixo, onde se destaca a robustez dos coeficientes, a par dos bons resultados dos testes estatísticos e do ajustamento. Observe que esses resultados sugerem que os gastos em pesquisa da Embrapa têm um impacto quantitativamente tão importante quanto o do emprego agrícola ou o do estoque de capital aplicado na agricultura, como se depreende da magnitude das elasticidades respectivas. A implicação dessa estimativa é a de que um acréscimo de 1% nos gastos com pesquisa agrícola efetuada pela Embrapa tem como consequência uma elevação de 0,2% na produção agrícola brasileira. Essa seria uma estimativa da taxa de retorno marginal do gasto em pesquisa agrícola, semelhante à encontrada nas análises *cross-section* acima.

Perceba que *dummies* lineares foram introduzidas para levar em conta possíveis deslocamentos do intercepto com o tempo. O alto nível de significância dessas *dummies* (referentes respectivamente a 1980 e 1985) mostra que essa hipótese é correta.

Dados Combinados 1975, 1980, 1985; Variável Dependente: Produção Agrícola

| Variável Independente | Coefficiente | Erro Padrão | Valor <i>t</i> Calculado |
|-----------------------|--------------|-------------|--------------------------|
| Constante | 0,94 | 0,52 | 1,79 |
| <i>EMBRA</i> | 0,20 | 0,04 | 4,84 |
| <i>AREA</i> | 0,21 | 0,08 | 2,65 |
| <i>EMP</i> | 0,21 | 0,05 | 4,02 |
| <i>MAQ</i> | 0,34 | 0,04 | 8,82 |
| <i>DUMMY1</i> | 5,76 | 0,10 | 57,21 |
| <i>DUMMY2</i> | 5,05 | 0,09 | 59,32 |

$$R^2 = 0,99 \text{ (72 observações).}$$

Dados Combinados 1975, 1980, 1985. Variável Dependente: Produtividade Agrícola

| Variável Independente | Coefficiente | Erro Padrão | Valor <i>t</i> Calculado |
|-----------------------|--------------|-------------|--------------------------|
| Constante | 9,069 | 0,248 | 36,45 |
| <i>EMBRA</i> | 0,231 | 0,038 | 5,95 |
| <i>EMP</i> | 0,258 | 0,048 | 5,32 |
| <i>MAQ</i> | 0,319 | 0,036 | 8,68 |
| <i>DUMMY1</i> | -4,730 | 0,344 | - 13,75 |
| <i>DUMMY2</i> | -3,608 | 0,198 | - 18,21 |

$R^2 = 0,99$ (72 observações).

Reaparece aqui aproximadamente a mesma elasticidade estimada antes da ordem de 0,2 - 0,3 para os gastos da Embrapa em relação à produção e produtividade agrícolas. Resta testar a estabilidade deste resultado ao longo do tempo. Para tanto adotamos uma forma funcional que combina *dummies* lineares, como acima, com *dummies* angulares (multiplicativas). Em outras palavras, a regressão que rodamos tem como variáveis dependentes, além das *dummies* aditivas, *dummies* multiplicativas em relação a cada uma das variáveis Embrapa, Emprego e Capital nos anos de 1975 e 1980, além das próprias variáveis em 1985.¹⁷ Ao todo são 12 variáveis. Os resultados, necessários para o teste de Chow para igualdade de coeficientes entre as duas equações, estão na tabela a seguir.

| Variáveis | Coefficiente | Erro padrão | Valor de <i>t</i> estimado |
|------------------|--------------|-------------|----------------------------|
| Constante | 9,63 | 0,41 | 23,63 |
| <i>Dummy75</i> | -5,37 | 0,78 | -6,86 |
| <i>Dummy80</i> | -4,06 | 0,65 | -6,23 |
| <i>EMBRA</i> | 0,180 | 0,06 | 2,95 |
| <i>EMBRA.D75</i> | 0,096 | 0,09 | 1,03 (30%)* |
| <i>EMBRA.D80</i> | 0,109 | 0,09 | 1,17 (25%)* |
| <i>EMPRE</i> | 0,311 | 0,08 | 4,14 |
| <i>EMPRE.D75</i> | -0,029 | 0,12 | -0,25 (80%)* |
| <i>EMPRE.D80</i> | -0,182 | 0,11 | -1,59 (12%)* |
| <i>MAQ</i> | 0,387 | 0,07 | 5,80 |
| <i>MAQ.D75</i> | -0,129 | 0,09 | -1,47 (15%)* |
| <i>MAQ.80</i> | -0,050 | 0,09 | -0,53 (60%)* |

$R^2 = 0,990$ (72 observações); * = nível de significância.

Observe, inicialmente, que os testes com as estatísticas *t* de Student calculadas para todas as *dummies* multiplicativas mostram que os coeficientes só são estatisticamente diferentes de zero a baixos níveis de significância — com a

¹⁷ Há suspeita de que possa ter havido quebra estrutural em 1985, relativamente aos demais anos, conforme se sugeriu em outras passagens do texto.

possível exceção do emprego em 1980 e do capital em 1975. Isso fornece uma indicação, com base neste teste t , de que não houve mudança estrutural ao longo do tempo (entre cada data censitária) em todos os coeficientes tomados um a um. Tal é especialmente verdadeiro para o caso do gasto em pesquisa.

Para o teste de Chow (teste com a estatística F) de mudança estrutural na relação como um todo o resultado é semelhante: a estatística F calculada permite rejeitar a hipótese de que tenha havido mudança estrutural na equação.

5.2 - Séries de Tempo

A análise das séries de tempo esbarra na dificuldade inicial representada pelo fato de que existe uma fortíssima associação entre os gastos em pesquisa realizados pela Embrapa e o estoque de máquinas e implementos agrícolas em uso pelos agricultores ao longo do tempo. Esse fato, no entanto, embora acarrete problemas econométricos, tem importantes implicações econômicas na medida em que indica que os investimentos em pesquisa agrícola e os investimentos em capital fixo são *complementares*. Constituem também, de certa forma, uma marca de modernidade da produção agrícola brasileira, como se observa em diversos países do primeiro mundo. Obviamente, como dissemos, isso irá provocar dificuldades no plano econométrico. Na regressão, a seguir, a variável independente é o estoque acumulado de gastos em pesquisa da Embrapa até os anos de referência.¹⁸

Relação entre o Estoque de Capital (Máquinas Agrícolas) e os Gastos da Embrapa em Pesquisa (em *logs*)

| Variável Independente | Coefficiente | Erro Padrão | Valor t Calculado |
|-----------------------|--------------|-------------|---------------------|
| Constante | 11,815 | 0,093 | 127,4 |
| Embrapa.acum | 0,199 | 0,011 | 17,7 |

$R^2 = 0,957$; 16 observações; DW = 0,504

Note que esse resultado, obtido para o período 1980/95, indica que um aumento de 1% nos gastos acumulados em pesquisa está associado a um aumento de cerca de 0,2 % no estoque de máquinas agrícolas. O aprofundamento da mecanização agrícola brasileira no futuro pode estar, desta forma, vinculado a uma maior necessidade de investimentos em pesquisa. Resta a determinação das fontes de recursos para essa pesquisa adicional.

Por outro lado, não obtivemos associação entre o estoque de máquinas e equipamentos agrícolas e o emprego na agricultura,¹⁹ ainda que se conheçam as

¹⁸ A série original, do MCT, apresenta os gastos anuais em dólares constantes de 1995, conforme já anotado.

¹⁹ Embora não registrados no texto, os dados também mostram que não existe relação entre o nível de emprego e o estoque de conhecimento representado pelo gasto acumulado com pesquisa agrícola.

enormes dificuldades que este último conceito encerra. Pelas nossas estimativas o ganho médio anual de produtividade da mão-de-obra de 1980 a 1995 foi da ordem de cerca de 3,0%.²⁰

De fato, mesmo a produtividade total dos fatores na agricultura brasileira tem experimentado sensível crescimento em comparação com a maior parte dos países para os quais se dispõe dessas estimativas: estudos recentes do professor Evenson apontam para taxas de aumento da PTF na agricultura brasileira na ordem de 2,45% a.a. para as duas últimas décadas.

As dificuldades geradas pela clara associação entre as séries de capital e conhecimento acumulado sugerem o uso de métodos capazes de lidar com o fenômeno da multicolinearidade. O modelo, a seguir, expurga da variável referente ao capital físico empregado a multicolinearidade com a série de conhecimento agrícola.

Modelo: Nível de produção agrícola como função dos gastos acumulados em pesquisa, máquinas agrícolas (retirada a multicolinearidade com máquinas) e emprego.

$$PROD_i = CONSTANTE + EMBRA_i^\alpha + MAQ_i^\beta + EMP_i^\delta + \varepsilon_i$$

| Variável Independente | Coefficiente | Erro Padrão | Valor <i>t</i> Calculado |
|-----------------------|--------------|-------------|--------------------------|
| Constante | 6,36 | 1,85 | 3,43 |
| Embrapa.acum | 0,188 | 0,021 | 8,87 |
| máquinas.corr | 0,473 | 0,535 | 0,885 |
| emprego | -0,672 | 0,405 | -1,659 |

$R^2 = 0,84$ (16 observações); $DW = 1,78$

Os resultados não são bons — especialmente o sinal negativo relativo à variável emprego — apesar do bom ajuste em termos do coeficiente de determinação e da estatística de Durbin-Watson. A razão de registrá-los aqui é pela magnitude do coeficiente estimado para os gastos acumulados da Embrapa, bem próximo ao obtido nas análises de *cross-section*. Isso pode ser interpretado como um sinal da convergência das elasticidades de curto e de longo prazo.

A retirada da variável emprego leva esse coeficiente para 0,185. O coeficiente da variável máquinas corrigido, isto é, expurgado para retirar o efeito da multicolinearidade, diminui para 0,167 quando se retira o emprego — mas continua não significativamente diferente de zero.

Os resultados referentes à produtividade agrícola são semelhantes aos relatados acima. Em todos os modelos testados a variável gastos acumulados com pesquisa

²⁰ Nunca será demais insistir na observação de que a qualidade da série de “emprego” agrícola por nós construída é, para dizer o mínimo, muito precária.

agrícola revelou-se estatisticamente significativa e com valor em torno de 0,17 - 0,19. Em nenhum deles a variável emprego e a *proxy* para o capital empregado (corrigido para levar em conta a multicolinearidade com gastos em pesquisa) revelaram-se significativas. Essa conclusão, embora algo desanimadora em termos de robustez, reforça, por outro lado, dois fatos da maior importância.

Em primeiro lugar, a magnitude do coeficiente referente aos gastos em pesquisa é aparentemente estável na análise de séries de tempo, para diferentes modelos. Em segundo lugar, essa magnitude está próxima à encontrada nas análises de *cross-section* — embora nas séries de tempo a variável utilizada tenha sido acumulada no tempo e nas *cross-sections* tenhamos utilizado dados censitários referentes aos anos de censo isoladamente — com a suposição de que sejam proporcionais aos estoques. Não menos importante, a forte associação entre os estoques de conhecimento (isto é, gastos acumulados em pesquisa agrícola efetuados pela Embrapa) e de máquinas e equipamentos na agricultura indica a possível complementaridade entre essas variáveis com implicações que não cabe aqui explorar.

6 - CONCLUSÃO

Todos os estudos até hoje executados e estimativas feitas com a finalidade de aferir os retornos da pesquisa agrícola têm consistentemente revelado que os investimentos em pesquisa e extensão feitos no passado resultaram em enormes retornos. O investimento em pesquisa agrícola é, assim, considerado um investimento como outro qualquer, mas caracterizado por retornos muito acima dos de diversas aplicações alternativas. De fato, taxas de retorno da ordem de 20% a 30% são a norma, e não a exceção, nessa área de atividade. Tal sugere que, ao contrário do que se pensa quando se projetam cortes nos gastos com pesquisa agrícola, há insuficiência de investimento, isto é, que há subinvestimento em pesquisa agrícola.

Essa conclusão é comum aos estudos relativos aos países desenvolvidos e, especialmente, àqueles em desenvolvimento. É igualmente comum aos estudos de culturas e espécies individuais, e aos estudos em nível agregado. Vale para análises *cross-section*, e para análises de séries temporais. Em parte devido a isso, os países caracterizados por uma agricultura relativamente mais atrasada têm dedicado crescentemente recursos à pesquisa e extensão agrícola. Sua importância para a elevação da oferta de alimentos em regiões pobres é incontestável, razão pela qual diversas associações internacionais de transferência de tecnologia agrícola têm sido criadas nas últimas décadas, com respeitável grau de eficácia. A ajuda internacional nesse caso tem sido extremamente bem-sucedida e pode ser parcialmente responsabilizada pelo sucesso na transferência de tecnologia. Mesmo assim, reconhece-se que a tecnologia não é tão facilmente transferível entre países, o que tem historicamente estimulado a criação de centros nacionais de pesquisa em diversas nações. A experiência brasileira nessa área é, sem dúvida, exitosa.

Adicionalmente, não há nenhum sinal de que os recursos gastos em pesquisa, apesar do considerável aumento histórico, tenham implicado diminuição à pesquisa. Nossa análise para o Brasil entre 1975 e 1985 é apenas uma modesta contribuição nesse sentido. Ao contrário, sugere-se que as estratégias ótimas de investimento requerem claramente aumentos dos recursos para investimento em pesquisa agrícola em diversos países, especialmente os em processo de desenvolvimento.

O Brasil não é, de forma alguma, exceção a essas conclusões e comentários. Todos os estudos até hoje executados em nosso país — e nesse ponto deve ser sublinhada a importância e influência das pesquisas patrocinadas pela Embrapa — têm sido consensuais com a conclusão expressa acima. Nossa contribuição neste trabalho constituiu-se apenas na organização das informações qualitativas e empíricas para análise do fato. Ao longo dele confirmamos os resultados dos inúmeros pesquisadores que nos antecederam em trabalhos realizados no Brasil.

Não obstante os enormes retornos, existe preocupação com uma possível redução dos gastos de investimento em pesquisa agrícola, como exemplifica o comportamento das fontes de recursos nos últimos anos em nosso país. Longe de a pesquisa ter realizado todo o potencial de possibilidades de aumento da oferta agrícola no Brasil, dir-se-ia que a tendência deveria ir exatamente no sentido oposto: aumento dos gastos em pesquisa; expansão da rede de cientistas; criação adicional de laboratórios para o estudo de novas variedades; criação de novas estações agrícolas experimentais em nível regional e todas as outras atividades que vêm caracterizando a bem-sucedida experiência do Brasil nesse campo deveriam conferir a tônica da ação e recursos governamentais. Não é o que vem ocorrendo.

Tal questão não é nova nem característica exclusiva do Brasil ou do mundo dos países em desenvolvimento. Há 15 anos o professor Evenson denunciava:

“The public sector agricultural research system in the United States is currently the subject of intense critical review. In spite of its documented record of success, measured in terms of discovering, developing, and extending new technology over the past century, indications are that public financial support for the system will be sufficient only to maintain research programs at present levels for the next several years” [ver Evenson (1983, p. 967)].

A situação no Brasil de 1997 não parece muito melhor do que a descrita por Evenson. É possível, inclusive, que não se consiga a elevação dos níveis atuais de pesquisa no futuro, como seria desejável dado o elevado retorno social e privado que caracteriza esse investimento.

Não restam dúvidas de que os sistemas de pesquisa agrícola são instituições bastante complexas. Os problemas típicos da produção de bens públicos são aqui particularmente graves, como se sabe; por isso o papel do Estado na provisão de diversas atividades, e na criação de subsídios, é tão necessário.

O montante de pesquisa que os governos podem financiar é afetado por diversos fatores, aqui e alhures. Entre eles ressalta o poder político dos atores que potencialmente têm a ganhar com o resultado da atividade de pesquisa, sejam produtores agropecuários, supridores de insumos para a agricultura ou consumidores finais.

Iniciando por estes últimos, a reflexão sugere que, porquanto boa parte dos elevados retornos da pesquisa agrícola no Brasil foi no passado recente canalizada para as culturas de exportação — e o caráter extremamente difuso dos benefícios da pesquisa para o consumidor comum — seu peso específico como força de pressão no Brasil de hoje é praticamente nulo. Já quanto aos segundos, sua influência tem sido atenuada pelo processo de liberalização comercial, que força a sempre presente ameaça das importações de insumos, fertilizantes, defensivos e máquinas agrícolas a diminuir seu poder de fogo na defesa de maiores gastos para pesquisa agropecuária. Ademais, talvez falte, como aos componentes do primeiro grupo, uma certa visão prospectiva da importância da pesquisa para sua *performance* econômica rentável em sua área de atuação específica e outras variáveis julgadas relevantes.

O conjunto de agricultores é, portanto, o principal grupo capaz de verbalizar com alguma eficácia a favor da necessidade de expandir recursos para a pesquisa e extensão agropecuária. De sua efetividade política dependerá, em última instância, a pressão para que os governos elevem os investimentos em pesquisa. Em que medida estarão dispostos a fazê-lo é algo que deveria ser examinado mais detalhadamente. Como induzi-los a tal? Eis uma questão da maior relevância.

Implícita na estratégia de diminuição progressiva dos recursos para pesquisa, ao menos para a pesquisa agrícola, parece estar a idéia de privatização das atividades de pesquisa e extensão.²¹ Isso expõe o formidável desafio de como induzir o setor agropecuário privado a associar-se ao Estado no financiamento dos investimentos em pesquisa pela formação de *joint-ventures* nos moldes acima brevemente sugeridos pela literatura teórica.

Na verdade, a idéia de privatização das atividades de pesquisa agrícola não é nova na experiência internacional. Desde meados da década de 80 que o marco institucional em que se efetua a pesquisa agrícola vem mudando muito rapidamente, em conseqüência da maior ênfase no uso das forças de mercado como instrumento de alocação de recursos e redução do papel do Estado na vida econômica que se observa mais claramente desde então. E embora o foco principal da privatização venha sendo o setor industrial, alguma atenção tem também sido dada à redução do papel do Estado na agricultura. As principais metas de privatização têm sido as agências públicas supridoras de insumos e comercialização de produtos agrícolas nos países menos desenvolvidos, a par da

²¹ É oportuno observar que embora o foco dos processos de privatização em inúmeros países seja na indústria e na infra-estrutura, notam-se esforços isolados no sentido de reduzir o papel do Estado na agricultura. Isso tem particular importância para as indústrias de sementes nos países em desenvolvimento.

maior importância da pesquisa conduzida por empresas privadas como fonte de tecnologia agrícola.

O nível de investimentos agrícolas privados em P&D é, como vimos, influenciado por diversas ordens de fatores: forças de mercado, como o crescimento esperado da demanda pelo produto objeto da pesquisa; a demanda derivada por insumos agrícolas modernos, ou os preços relativos dos fatores; habilidade de as empresas se apropriarem dos benefícios da nova tecnologia; oportunidades tecnológicas para a produção rentável do produto [Pray e Echeverría (1991)]. No entanto, deve ser levado em conta que o nível das despesas privadas com pesquisa é ainda muito baixo em relação ao das agências públicas.

Nunca será demais lembrar que os governos intervêm no mercado para prover tecnologia por diversas razões. Primeiro, em resposta à existência de falhas de mercado: quando as empresas privadas subinvestem em P&D os governos devem tentar corrigir esta tendência aumentando seu gasto ou implementando políticas que forneçam os incentivos (ou subsídios) necessários ao investimento privado. E, segundo lugar, os governos intervêm visando à proteção dos mercados locais contra a competição estrangeira predatória (ou caracterizada por práticas de comércio desleais) ou a aperfeiçoar os mecanismos de mercado para aumentar a competição. Em terceiro, pretendendo melhorar a distribuição de renda. E em quarto, para preservar o meio ambiente e melhorar a saúde das populações. Até o momento a forma mais importante na provisão de novas tecnologias tem sido a pesquisa em entidades patrocinadas pelo setor público, especialmente em países do estágio de desenvolvimento do Brasil, como os demais países da América Latina. Mais recentemente, nota-se um maior investimento em pesquisa privada em tecnologias mais facilmente apropriáveis na área química, de equipamentos e de variedades de sementes melhoradas, de acordo com o esperado teoricamente.

A interação entre a pesquisa pública e privada geralmente tem lugar em nível individual [Pray e Echeverría (1989)] graças a três razões principais: cientistas de ambos os setores tendem a frequentar os mesmos centros de ensino, o número de cientistas trabalhando em um projeto específico é em geral pequeno — o que facilita a interação —, e o fato de que diversos cientistas do setor privado já trabalharam no setor público (e vice-versa?). Além disso há: *a*) os canais formais de comunicação, tais como publicações técnicas, congressos e encontros para fixar prioridades de pesquisa; e *b*) projetos de pesquisa cooperativos. Finalmente devem ser citados, do ponto de vista dos vínculos de mercado, os contratos de pesquisa envolvendo as duas partes.

Neste sentido, a política governamental em relação à pesquisa e à extensão agrícola deveria procurar, em geral, assegurar que essa atividade complementasse o papel jogado pelo setor privado. A existência de direitos de propriedade bem definidos para a nova tecnologia constitui outra possibilidade de atuação governamental. Na medida em que a lei de patentes em vigor não assegure esses direitos, será preciso propor formas de melhorá-la. Da mesma forma, a redução das restrições à transferência de tecnologia pelas empresas transnacionais é um

aspecto importante. Não menos importante é a provisão de educação especializada na agricultura pelas entidades governamentais, tanto universitária quanto técnica.

Nada disso, no entanto, indica-nos precisamente quando o gasto privado substitui ou complementa a pesquisa pública, nem onde deve esta última concentrar-se. O argumento de que a expansão da pesquisa privada permitirá a redução dos gastos públicos nessa atividade, por exemplo — contribuindo para reduzir a crise orçamentária do setor público — ignora que em muitas ocasiões as pesquisas pública e privada são atividades complementares. Trata-se, com efeito, de uma questão empírica, que merece um tratamento distinto. Em geral, não há substituição direta porque os dois setores fazem diferentes tipos de pesquisa para produzir diferentes tipos de tecnologia. Uma exceção [Pray e Echeverría (1991)] ocorre em algumas pesquisas biológicas, onde há mais competição potencial.

A pesquisa privada, portanto, tende a ser mais aplicada e concentrada nas tecnologias mecânica e química. A pública tende a estar mais envolvida com a tecnologia biológica e agrônômica, além da provisão de capital humano — a oferta do qual é uma condição necessária para a pesquisa em qualquer setor. Graças à dificuldade de capturar os benefícios das inovações tecnológicas e gerenciais, a menos que cobertas por patentes ou atos de proteção de espécies varietais, a pesquisa pública deve ter um papel fundamental no apoio à geração e à difusão dessas tecnologias.

Empiricamente, nossos resultados confirmam o que já foi enfatizado à exaustão ao longo do texto e em diversos outros estudos do gênero: qualquer que seja o método que se adote para a mensuração,²² os investimentos em pesquisa agrícola efetuados pela Embrapa geram retornos produtivos ou de produtividade, muito elevados. Isso embute uma forte sugestão para se investir mais em pesquisa agrícola do que vem sendo feito. De fato, apesar das elevadas taxas de juros vigentes no Brasil de nossos dias, dificilmente podem-se imaginar aplicações com retorno (social e privado) tão elevado como as que caracterizam o investimento em pesquisa agrícola em nosso país.

²² Note que os dados brasileiros têm um nível de qualidade que está longe do desejável. Mesmo assim, e com nossas parcas aproximações, os resultados têm uma certa robustez.

APÊNDICES

APÊNDICE 1

Incentivos em P&D como Função da Estrutura de Mercado: O Valor da Inovação

Desde o artigo pioneiro de Arrow (1962) — no qual o autor investiga qual o ganho da inovação para uma firma que é a única a desenvolver projetos de P&D, porquanto a inovação é protegida por uma patente de duração ilimitada — que o estudo do incentivo à inovação (isto é, da “economia da inovação”) vem sendo qualificado e aprofundado. Neste apêndice pretendemos isolar a análise do incentivo puro à inovação, a qual, em princípio, independe de qualquer consideração estratégica.

No caso específico da inovação agrícola, o que nos interessa mais de perto aqui são as inovações relativas a processos, e não a produtos. Apresentaremos, com esse propósito, um modelo teórico formal que mostra que existem incentivos à inovação em mercados, como o agrícola, nos quais podemos supor que os agentes agem como concorrentes perfeitos. Para simplificar, vamos supor que inovação em questão diminui o custo de produção de um determinado produto agrícola de um nível inicial C_0 para um nível inferior C_1 ($C_1 < C_0$). Para a construção de um *benchmark* para avaliar os incentivos do mercado, iniciaremos pela análise dos incentivos a inovar de uma firma quando há um planejador social.

Vamos assumir que o incentivo a inovar do planejador social seja igual ao aumento líquido do excedente social atribuído à inovação. O planejador determina um preço igual ao custo marginal, ou seja, C_0 antes da inovação e C_1 após. Desta forma, o excedente social adicional líquido por unidade de tempo é dado por:

$$v^s = \int_0^{\infty} D(c).dc$$

onde D é a função de excedente social.

Se a taxa de juros r é constante, o valor presente descontado dos fluxos de benefícios possibilitados por essa mudança (ou seja, o incentivo social à inovação) é dado por:

$$V^s = \int_{C_1}^{C_0} e^{-rt} v^s dt = 1/r \int_{C_1}^{C_0} D(c).dc$$

Consideremos, em seguida, uma situação na qual o agente atua em um mercado de concorrência perfeita. Um número grande de firmas produz um produto homogêneo com uma tecnologia que exhibe custo marginal C_0 . Tais firmas estão inicialmente envolvidas numa competição por preços do tipo Bertrand; assim, o preço de mercado é C_0 e as firmas têm lucro zero. A firma que descobre uma nova tecnologia exhibe custo C_1 e é proprietária da patente. Seja p^m o preço de

monopólio. Então existem dois casos possíveis: $p^m > Co$ ou $p^m \leq Co$. No segundo caso as firmas inovadoras praticam o preço de monopólio, as firmas menos eficientes não produzem nada e a inovação é chamada de *drástica*. No primeiro caso, o inovador está restrito a cobrar $p = Co$ porque existe uma oferta competitiva das outras firmas com esse preço. Nesse caso, denomina-se a inovação de *não-drástica*.

No caso de uma inovação não-drástica o lucro do inovador por unidade de tempo é dado por $\Pi_c = (Co - C1)D(Co)$

e o incentivo a inovar em uma situação competitiva é

$$V_c = 1/r(Co - C1)D(Co)$$

Note que $Co < p^m(Co) < p^m(C)$ por hipótese e que $D(C1) > D(p^m(C))$ para todo $C \geq Co$; logo V_m é menor do que V_c , que é menor do que V_s , e há incentivo a inovar.

Conclui-se, portanto, que sob um regime de competição perfeita existe um incentivo a inovar porque o retorno social do custo mais baixo da inovação é maior do que o retorno social para qualquer custo maior do que o custo inicial quando temos um monopólio (não incluído nesta análise). Se o setor agrícola comporta-se de forma competitiva, essa análise sugere que existirá incentivo a inovar pelo produtor individual. Logo, do lado privado existe incentivo. Como tal se traduz em possibilidade de parceria público-privada é algo a ser estudado mais detidamente.

APÊNDICE 2

Nota metodológica sobre os dados e aproximações utilizados

Os dados utilizados para a estimação *cross-section* foram obtidos a partir dos censos agropecuários do IBGE para os anos de 1975, 1980 e 1985 segundo os Estados da Federação. Para efeito de estimação das equações, computamos os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul conjuntamente. O mesmo procedimento foi adotado para Goiás, Distrito Federal e, também, Tocantins, após sua criação.

Nos exercícios em que se usou a estimação *cross-section* e a técnica dos Dados de Painel não foi possível utilizar os dados fornecidos pela própria Embrapa, referentes aos recursos aplicados por ela segundo as unidades da Federação porque não incluem os recursos repassados a outras instituições (empresas estaduais, universidades etc.). Os dados referentes ao Distrito Federal agregam valores das Unidades CPAC, Cenargen, CNPH, Sede, SPSB e SPI, e não é, portanto, reflexo dos desembolsos com pesquisa no DF.

As variáveis utilizadas nos exercícios *cross-section* e Dados de Painel foram produção agrícola, área plantada, estoque de máquinas agrícolas, emprego agrícola e gastos da Embrapa por unidade da Federação.²³ A variável produtividade da terra foi obtida simplesmente dividindo-se a produção agrícola pela área plantada. Para os exercícios com Dados de Painel necessitou-se da deflação dos dados em valores correntes dos respectivos anos pelo censo agropecuário. O deflator utilizado foi o IPA-Produtos Agrícolas da FGV, tomando-se como base o ano de 1980.

Para os exercícios do tipo séries de tempo houve a necessidade de construção de séries de dados adicionais. Assim é que no caso da variável produção agrícola usou-se como fonte o índice da produção agropecuária da Contas Nacionais Consolidadas a partir de 1974 até o ano de 1995 (último dado disponível). A variável área plantada foi obtida pela soma da área plantada dos 20 principais produtos pesquisados pelo Levantamento Sistemático da Produção Agrícola do IBGE (LSPA). A variável recursos aplicados pela Embrapa foi fornecida pelo Ministério de Ciência e Tecnologia: trata-se de série a preços constantes de 1995 (dólares, para sermos mais precisos) da despesa realizada em C&T segundo unidades orçamentárias. Trabalhamos tanto com a série assim construída quanto com a série de valores acumulados, sem dedução para depreciação, supostamente

²³ Observe-se que este procedimento pode embutir um viés para não considerar as despesas de outras entidades, particularmente privadas. Essa omissão é não só uma fonte de viés nos estudos sobre a taxa de retorno à pesquisa, mas também implica que a política científica e tecnológica é sinônimo das atividades públicas de P&D. Note ainda que o conhecimento, para o qual os gastos da Embrapa são uma *proxy*, é um estoque que se acumula com o tempo. Quando trabalhamos com gastos em um ponto no tempo, estamos implicitamente supondo que tais fluxos anuais são proporcionais aos respectivos estoques.

mais representativa do *estoque de conhecimento acumulado* com o tempo pelos agentes econômicos recipientes dos recursos.

A construção da série referente ao estoque de capital utilizado foi objeto de especial cuidado pelos autores. Como se sabe, não existe no Brasil uma série longa o suficiente (para efeito de estimação econométrica) para esse crucial fator de produção na agricultura. Assim, para construir uma variável representativa do estoque de máquinas agrícolas, partimos do estoque de tratores registrados nos anos disponíveis no Censo Agropecuário (1975, 1980 e 1985), complementando essa informação com a das vendas de máquinas agrícolas automotrizes (exclusive tratores de esteiras) no mercado interno publicadas no Boletim da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea).

Valendo-se do estoque de máquinas agrícolas para o ano de 1975, somaram-se as vendas internas para os anos de 1976 a 1980 e comparou-se o resultado com os dados do Censo Agropecuário de 1980. Obviamente o resultado obtido foi superior ao estoque de 1980, tendo em vista que essa soma simples desconsidera em seu cálculo a depreciação e reposição ocorridas. Adotamos, então, a hipótese de que a depreciação anual do estoque de máquinas agrícolas é constante ao longo do intervalo de tempo considerado. Para a estimativa da taxa de depreciação anual, que torna possível, pelo método do *Perpetual Inventory* a estimativa dos estoques anuais de máquinas agrícolas nos anos intermediários, adotamos a seguinte fórmula:

$$E(80) = E(75)(1-\delta)^5 + \sum_{i=0}^4 [V(80-i)(1-\delta)^i]$$

onde: $E(80)$ = Estoque de Máquinas Agrícolas em 1980

$E(75)$ = Estoque de Máquinas Agrícolas em 1975

δ = Taxa de depreciação anual no período considerado

$V(80-i)$ = Vendas Internas de Máquinas Agrícolas referentes ao ano 80- i

Todos os valores desta expressão são conhecidos, exceto a taxa de depreciação. Portanto, a sua solução nos fornece essa taxa. Procedimento análogo foi adotado para o intervalo 1980/85. O resultado obtido para a depreciação foi de 4,05% para 1975/80 e de 2,72% para 1980/85. Para a construção da série a partir de 1985 adotamos a hipótese de que a taxa foi a mesma do período 1980/85. De posse das estimativas das taxas de depreciação o cômputo do estoque de capital nos anos intermediários é dado pelo *Perpetual Inventory Method* como:

$$E(t) = V(t) + (1-\delta)E(t-1)$$

Dessa forma, construiu-se uma série de estoque de máquinas encadeada com os dados dos censos. O resultado está no quadro a seguir.

Estimativa do Estoque Nacional de Máquinas Agrícolas: 1975/95

| Anos | Estoque de Máquinas | Anos | Estoque de Máquinas | Anos | Estoque de Máquinas |
|------|---------------------|------|---------------------|------|---------------------|
| 1975 | 323.113 | 1982 | 585.353 | 1989 | 766.535 |
| 1976 | 384.642 | 1983 | 598.467 | 1990 | 771.934 |
| 1977 | 427.895 | 1984 | 632.157 | 1991 | 768.511 |
| 1978 | 460.875 | 1985 | 665.100 | 1992 | 763.211 |
| 1979 | 502.966 | 1986 | 706.479 | 1993 | 768.144 |
| 1980 | 545.205 | 1987 | 736.382 | 1994 | 791.075 |
| 1981 | 567.708 | 1988 | 753.541 | 1995 | 789.750 |

Fonte: Ver texto; estimativas dos autores.

Problema semelhante ocorre para a construção da série referente à variável “emprego” para os anos a serem analisados. Dispúnhamos de dados de estoque de empregados na agropecuária para os anos de censo (1975/1980/1985) e de índices de emprego calculados a partir do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados, do Ministério do Trabalho (Caged) para os anos de 1984 a 1995. Para construir o restante da série supusemos que a variação do emprego na agricultura no período entre os censos foi proporcional à obtida do Caged. Para os anos intercensos anteriores a 1984 adotamos a hipótese (sabidamente insatisfatória) de que a evolução do emprego agrícola seguiu aproximadamente a evolução dada pela (mais rigorosamente, que foi proporcional à variação da) produção do setor agrícola. Como a estimação das séries de tempo baseou-se nos dados de 1980/95, a adoção dessa última hipótese não parece excessivamente grave.

É forçoso reconhecer, no entanto, que a variável “emprego agrícola” pode carecer de maior fundamentação empírica em país, como o Brasil, no qual o emprego familiar não-remunerado (e flutuante), o subemprego, o emprego volante etc. têm tanta importância. Por isso tudo, não se deve esperar muito do desempenho dessa variável em análises empíricas. De fato, como se depreende do texto, seu desempenho nas análises de série de tempo é claramente insatisfatório. Além disso, nenhuma correção foi feita para a variação na escolaridade da mão-de-obra seja nas análises *cross-section* seja nas de séries de tempo.

Estimativa do Índice Anual de Emprego no Setor Agrícola (Base: 1984=100)

| Anos | Índice de Emprego | Anos | Índice de Emprego | Anos | Índice de Emprego |
|------|-------------------|------|-------------------|------|-------------------|
| 1975 | 95,29 | 1982 | 97,88 | 1989 | 103,54 |
| 1976 | 84,70 | 1983 | 97,43 | 1990 | 99,31 |
| 1977 | 86,77 | 1984 | 100,00 | 1991 | 97,07 |
| 1978 | 97,28 | 1985 | 98,70 | 1992 | 93,13 |
| 1979 | 94,67 | 1986 | 98,13 | 1993 | 94,49 |
| 1980 | 99,12 | 1987 | 101,02 | 1994 | 95,39 |
| 1981 | 98,10 | 1988 | 102,20 | 1995 | 93,04 |

Fonte: Caged e Censos Agropecuários, com estimativas dos autores.

Dados Complementares Utilizados na Análise Empírica

(Produção, gastos efetuados pela Embrapa em moeda constante, área)

| <i>Ano</i> | <i>Produção</i> | <i>Embrapa</i> | <i>Embra. Acum.</i> | <i>Área</i> |
|------------|-----------------|----------------|---------------------|-------------|
| 1980 | 100 | 231,4 | 957,2 | 47.427.591 |
| 1981 | 107,97 | 339,8 | 1297,0 | 46.476.949 |
| 1982 | 107,73 | 466,2 | 1763,2 | 48.781.125 |
| 1983 | 107,24 | 449,6 | 2212,8 | 43.205.139 |
| 1984 | 110,06 | 547 | 2759,8 | 47.361.756 |
| 1985 | 120,6 | 418,6 | 3178,4 | 44.191.651 |
| 1986 | 110,93 | 432,9 | 3611,3 | 45.173.153 |
| 1987 | 127,53 | 474,8 | 4086,1 | 45.185.968 |
| 1988 | 128,61 | 497,4 | 4583,5 | 47.183.967 |
| 1989 | 132,27 | 617,5 | 5201,0 | 47.583.464 |
| 1990 | 127,35 | 520,6 | 5721,6 | 48.022.117 |
| 1991 | 130,87 | 474 | 6195,6 | 47.949.282 |
| 1992 | 137,89 | 346,2 | 6541,8 | 48.075.519 |
| 1993 | 136,47 | 365,7 | 6907,5 | 44.144.134 |
| 1994 | 149,16 | 332,2 | 7239,7 | 47.041.611 |
| 1995 | 156,7 | 395,1 | 7634,8 | 49.939.088 |

BIBLIOGRAFIA

- ALVES, E. R. de A. *A produtividade da agricultura*. Embrapa, 1979.
- ALVES, E., DE FARO, C. CONTINI, E. *A revisão constitucional e o papel do Estado na agricultura*. *Revista de Política Agrícola*, Ano II, n. 5, 1997.
- ANTLE, J. M. *Drawing the line: the role of government in agricultural research*. Trabalho apresentado no seminário patrocinado pela Embrapa “O Papel dos Setores Público e Privado da Pesquisa Agropecuária”. Brasília, D.F., dez. 1996 (mimeo).
- ÁVILA, A. F. D. Impact of public agricultural research in Brazil: ex-post evaluation and technological spill-over analysis. *Economic Growth Center*, Yale University, Nov. 1993 (mimeo).
- ARROW, K. J. *Economic welfare and the allocation of resources for invention, em the rate and direction of economic activity: economic and social factors*. Universities / NBER Conference Series, Princeton, 1962.
- BARBOSA, M. M. T. L., DA CRUZ, E. R., ÁVILA, A. F. D. *Benefícios sociais e econômicos da pesquisa da Embrapa: uma reavaliação*, Embrapa, Brasília, D. F., 1988, (avulso).
- BINSWANGER, H. P., RUTTAN, V. W. *Induced innovation*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London, 1978.
- EVENSON, R. E. Productivity decomposition methods for evaluation of agricultural research systems impacts. *Economic Evaluation of Agricultural Research Methodologies and Brazilian Applications*, New Haven, Embrapa, Yale University, Economic Growth Center, 1978.
- _____. Intellectual property rights and agribusiness research and development: implications for the public agricultural research system. *American Journal of Agricultural Economics*, v. 65, n. 5, Dez. 1983.
- _____. Intellectual property rights, r&d, inventions, technology purchase, and piracy in economic development: an international comparative study. In: EVENSON, R. E. RANIS, G. (eds.) *Science and technology — lessons for development policy*. Westview Press, Boulder and San Francisco, 1990.
- _____. Inventions intended for use in agriculture and related industries: international comparisons. *American Journal of Agricultural Economics*, Aug. 1991.
- EVENSON, R. E., WAGGONER, P. E., RUTTAN, V.W. Economic benefits from research: an exemple from agriculture. *Science*, v. 205, Sept., 1979.

- GARCIA, S. A. *Investimento e mudança tecnológica: uma aplicação do modelo de mundlak*. Tese de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, 1990.
- GARCIA, S. A., TEIXEIRA, E. C. Investimento e mudança tecnológica na agricultura brasileira. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 29, n. 1, Sober, Brasília, D.F., 1991.
- HIRSHLEIFER, J. The private and social value of information and the reward to inventive activity. *American Economic Review*, v. 61, n. Sept. 1971.
- HUFFMAN, W. E., EVENSON, R. E. Contributions of public and private science and technology to U.S. agricultural productivity. *American Journal of Agricultural Economics*, Aug. 1992.
- JUDD, M. A., BOYCE, J. K., EVENSON, R. E. Investing in agricultural supply: the determinants of agricultural research and extension investment. *Economic Development and Cultural Change*, v. 35, nº1, Chicago, 1986.
- KATZ, M. L., ORDOVER, J.A. P&D cooperation and competition. *Brookings Papers on Economic Activities*, Microeconomics, 1990.
- MOREIRA, M. M. *Em busca das ligações entre intervenção estatal e sucesso industrial*. Rio de Janeiro: Depec, BNDES, dez. 1995 (Texto para Discussão, 38).
- PRAY, C. E., ECHEVERRÍA, R. G. Private sector agricultural research and technology transfer links in developing countries. *Linkages Theme Paper*, n. 3, International Service for National Agricultural Research, 1989.
- _____. Private sector agricultural research in less-developed countries. In: HARDEY, P. G., ROSEBOOM, J., ANDERSON, J.R. (eds.). *Agricultural Research Policy International Quantitative Perspectives*. Published for the International Service for National Agricultural Research. Cambridge University Press, Chapter 10, 1991.
- REIS, E. J. *The expansion of the Brazilian agricultural frontier: a survey of the literature*. Rio de Janeiro: IPEA/DIPES, 1996 (mimeo).
- ROSE-ACKERMAN, S., EVENSON, R. E. The political economy of agricultural research and extension: grants, votes and reapportionment. *American Journal of Agricultural Economics*, v. 67, n. 1, 1985.
- SILVA, G. L. S. P., VICENTE, J. R. e CASER, D. V. Mudança tecnológica e produtividade do milho e da soja no Brasil. *Revista Brasileira de Economia*, v. 47, n. 2, 1993.
- SPENCE A. M. Cost reduction, competition, and industry performance. *Econometrica*, v. 52, p. 101-121, Jan. 1994.

THIRTLE, C., ECHEVERRÍA, R. G. *Privatization and the roles of public and private institutions in agricultural research in sub-saharan Africa. Food Policy*, v. 19, n. 1, 1994.

TIROLE, J. *Industrial organization*. The Mit Press, Cambridge, Massachusetts, 1990.

UMALI, D. L. Public and private sector roles in agricultural research — theory and experience. *World Bank Discussion Papers*, 176, 1992.

———. *An international comparison of agricultural research policies*. Trabalho apresentado no seminário patrocinado pela Embrapa “O Papel dos Setores Público e Privado da Pesquisa Agropecuária”. Brasília, D.F., dez. 1996 (mimeo).