

O PAPEL DO ESTADO NA PESQUISA AGRÍCOLA NO BRASIL

Elisa Gomes da Silva de Paula Pessôa e Regis Bonelli¹

RESUMO

Constata-se uma crescente redução dos gastos públicos com pesquisa agropecuária, a despeito do reconhecidamente elevado retorno que esse tipo de investimento tem propiciado em diversos países, entre os quais o Brasil. Diante desta situação, algumas questões são levantadas e discutidas à luz da teoria existente e de uma análise empírica do caso brasileiro. Buscando respostas para essas questões, são apresentados novos “insights” sobre o papel da pesquisa agropecuária no Brasil.

THE ROLE OF THE STATE IN AGRICULTURAL RESEARCH IN BRAZIL

ABSTRACT

An increasing reduction in public expenditures in agricultural research is evident, in spite of the acknowledged high return which this type of investment has provided in many countries, among them Brazil. In view of this situation, some questions are raised and discussed in light of existing theory and of an empirical analysis of the Brazilian case. Looking for answers for these questions, new insights are cast upon the role of agricultural research in Brazil.

INTRODUÇÃO

Apesar do elevado custo social que resultou do histórico subinvestimento em pesquisa agrícola no Brasil, o êxito da experiência das agências encarregadas da pesquisa agrícola tem agido no sentido de reverter aquela penalização nos últimos vinte anos². Ainda assim, a parcela dos recursos

¹ Os autores são, respectivamente, professor do Departamento de Economia da PUC/RJ e coordenador da Diretoria de Pesquisa do IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Essa versão do trabalho beneficiou-se de vários comentários do Comitê Técnico da Embrapa-SEA a uma versão anterior.

² 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 entendermos que deveríamos nos concentrar em aspectos conceituais e

dedicada à pesquisa agrícola no Brasil é muito pequena, quando comparada à de diversos outros países. Não obstante, o desequilíbrio fiscal do Estado brasileiro vem exigindo (e irá demandar mais, no futuro) reprogramação e cortes de gastos em diversas áreas de atividade³. 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 países⁴. O Brasil não é exceção.⁵

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, ele terá pouca disposição para investir em pesquisa agropecuária, especialmente em pesquisa facilmente apropriável por outros agentes, dependendo do tipo de tecnologia.⁶

Como é bem sabido, 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 beneficiam a sociedade mas não geram retorno financeiro direto para a

possíveis quantificações, e não em análise institucional dos agentes do sistema de pesquisa agrícola.

³ Por outro lado, é igualmente verdadeiro que na medida em que seja bem sucedida a mudança em curso na política agrícola, no sentido de reduzir o subsídio ao crédito e à comercialização de produtos agropecuários, a economia de recursos reais poderá permitir abrir espaço para mais investimento em pesquisa agrícola no futuro.

⁴ Ver, a propósito, o survey de Evenson et al. (1979).

⁵ Ver nossas estimativas e dados do MCT apresentados mais adiante. Segundo essa fonte as despesas públicas com a unidade 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 1992, quando ele cai cerca de 20%), mas bem abaixo da média de 1987-89.

⁶ Pray & Echeverría (1991) notam que "...as tecnologias químicas tipicamente têm uma vida econômica mais curta, sendo os benefícios relativamente apropriáveis pelo inovador. Nos países mais desenvolvidos os direitos dos inovadores tendem a ser mais respeitados e as tecnologias mecânicas são usualmente patenteáveis. Nos menos desenvolvidos, onde os direitos dos inovadores são freqüentemente desrespeitados, as empresas privadas têm menos incentivos a investir em pesquisa e desenvolver novos produtos. No caso de tecnologias mecânicas e químicas, portanto, é comum um esforço misto público-privado nos estágios mais básicos, mas é o setor privado que desempenha a maior parte do trabalho de pesquisa aplicada" (p. 349).

entidade geradora da nova tecnologia⁷. Devido a isso, a tendência quase universal é a de falta de recursos para pesquisa. O caráter de bem público, entre outras coisas, pode colocar dificuldades na privatização dessas atividades. Relacionado a isso, como se sabe, a cunha entre retorno social e retorno privado da pesquisa agrícola, como em diversas atividades relacionadas à produção de conhecimento puro e aplicado, implica a necessidade de gasto governamental em pesquisa.

O impacto e a 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 rapidamente (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 está crescendo lentamente, uma parte relativamente maior dos ganhos será repassada aos consumidores sob a forma de menores preços. Devido a isso, os consumidores só estarão em princípio dispostos a apoiar a pesquisa agrícola em períodos em que os preços relativos dos alimentos estejam crescendo rapidamente, o que acontece só esporadicamente.

Outro ponto importante diz respeito à especificidade da inovação tecnológica na produção agrícola. Quando o ganho é específico à 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 e internacional registra que há “spillover effects” relevantes em inúmeros casos – o que ajuda a explicar o subinvestimento em P&D por parte de instituições privadas ou grandes empresas agrícolas. Isso também explica porque, 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 neste contexto. Os “spillovers” para outras regiões ou mesmo países vizinhos – isto é, a existência de não negligenciáveis externalidades – é um dos principais fatores que explicam o fenômeno.

⁷ Uma forma de estimar o resultado econômico deste retorno, no entanto, é através dos aumentos de produtividade e renda que a inovação possibilita. Este aspecto ocupará boa parte do restante deste trabalho.

Dado este quadro é oportuno perguntar: qual a magnitude, os limites e as implicações desses processos em um país como o Brasil? E qual o papel e a importância das instituições públicas de pesquisa neste contexto? É possível pensar em divisão de áreas de atuação (pesquisa básica *versus* aplicada, por exemplo), na qual complementam-se os gastos privados com os gastos de instituições estatais – isto é, harmonizar os papéis de forma a caminhar no sentido de ótimo do ponto de vista social? Em outras palavras, é possível pensar em parcerias público-privado nessa área?

Estas perguntas não têm respostas fáceis. Na tentativa de encontrá-las, no entanto, estaremos lançando novos “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 – pelo seu impacto potencial sobre a produção de alimentos e matérias-primas.

Colocados desta forma o problema e as preocupações que o cercam, o restante da monografia está organizado da seguinte forma: 1) apresentam-se, brevemente, alguns traços históricos do desenvolvimento agrícola e da pesquisa agrícola no Brasil, como pano de fundo para o que se segue. Nesta mesma seção avalia-se a evolução recente dos gastos em pesquisa no Brasil; 2) introduz-se o tema da economia da atividade de pesquisa e uma discussão dos benefícios econômicos da pesquisa agrícola; 3) destaca-se o papel do governo no financiamento da pesquisa e discorre-se sobre as possibilidades de parceria público-privada; 4) apresentam-se resultados empíricos de modelos de regressão estimados para a agricultura brasileira, com destaque para o papel da pesquisa agrícola; e 5) conclui-se o trabalho com observações complementares. O material mais técnico foi deslocado para os Apêndices, na tentativa de não cansar o leitor. A bibliografia relaciona as fontes de consulta mais utilizadas na elaboração do texto.

ANTECEDENTES E FATORES HISTÓRICOS⁸

A abundância do fator terra tem sido, historicamente, uma característica fundamental do desenvolvimento agrícola brasileiro. Essa característica explica, em boa medida, o marco institucional e tecnológico em que cresceu e se desenvolveu nossa agricultura. Em particular, a modernização agrícola

⁸ A parte inicial desta seção está parcialmente baseada em Reis (1996).

só viria a ganhar impulso a partir de meados dos anos 60 – 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 ao aumentarem 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, foi a mudança 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. Devido 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 três quartos do aumento da produção agrícola (Reis, 1996; Tabela 4). Quando a variável “crop mix” é introduzida, a parcela explicada pelos ganhos de produtividade cai para 39%, secundada pela parcela decorrente das mudanças na composição das colheitas (31%) e pelo aumento de área plantada (28%). Ainda assim, os ganhos devido a aumentos na produtividade agrícola foram o fator de maior importância.⁹

A modernização foi, sem dúvida, grandemente estimulada pela atuação governamental em diversos níveis. A política agrícola beneficiou-se especialmente de: 1) mudanças na estrutura de incentivos implícita nos instrumentos de política macroeconômica, destacando-se as políticas de

⁹ 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.

crédito e de preços mínimos e as desvalorizações cambiais; 2) maciços investimentos na infra-estrutura de pesquisa; 3) expansão e integração do sistema viário nacional.

As políticas macroeconômicas adotadas no Brasil até os anos 80, particularmente os subsídios fiscais e creditícios, tiveram fortes efeitos na modernização agrícola. Com a crise da dívida e a redemocratização do País, as distorções diminuíram substancialmente como resultado 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, tendo permanecido 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 – um dos melhores exemplos aqui é a bem sucedida adaptação das variedades de soja ao solo do Cerrado.

As inovações originadas na Embrapa tiveram, no entanto, um viés no sentido de serem tecnologias poupadoras de terra, particularmente nas áreas do Cerrado. Uma vez que essas áreas também eram apropriadas para a mecanização, pode-se dizer que as inovações tinham um viés no sentido de serem também 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, no qual a escassez de fundos públicos para custeio e investimento faz com que determinadas atividades, entre as quais as relacionadas a Ciência e Tecnologia (C&T), sejam candidatas sempre que há necessidade de cortes de gastos para ajustar as contas públicas. Mais especificamente, isto é o que tem feito com que em nosso País os gastos governamentais em C&T tenham 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 Ásia¹⁰.

¹⁰ 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.

Isso significou um volume de cerca de US\$ 2,5 bilhões em 1993-95¹¹. 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, 618 milhões em 1989 e 521 milhões em 1990 (cerca de 20% do total de C&T), a parcela da Embrapa foi reduzida para US\$ 332 em 1994 e 395 milhões em 1995 (ou cerca de 12,2% do total de C&T nesse último ano). Ainda assim a Embrapa continua a ser a terceira fonte de despesa em termos de importância enquanto unidade orçamentária, atrás do CNPq e da CAPES, tendo perdido a segunda posição para esta última entidade em 1994.¹²

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 (787 milhões), administração e planejamento (778 milhões), agricultura (394 milhões), energia e recursos minerais (153 milhões), saúde e saneamento (143 milhões). A parcela da agricultura, como dissemos, é decrescente de 1989 (20%) a 1994 (13%), tendo recuperado para 16% em 1995.

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:

- 1) básica, estratégica, aplicada e adaptativa;
- 2) básica, aplicada e de desenvolvimento experimental.

Na verdade, existe um *continuum* e não uma divisão nítida entre os tipos. 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

¹¹ Observe que os governos estaduais, empresas estatais e empresas privadas contribuíram com US\$ 1,65 bilhões adicionais em 1994, de sorte que o total de gastos com C&T como proporção do PIB no Brasil chegou a 0,7% em 1994.

¹² Em 1995 as ordens de grandeza do gasto nas duas entidades são semelhantes.

de tecnologia em desenvolvimento, a classificação usual contempla quatro modalidades: biológica, química, mecânica e gerencial.¹³

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 como um de seus atributos fundamentais a incerteza tecnológica. 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/inação.

Essa literatura não considera em sua totalidade o fato de que, afora os 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, se aproprie de uma parcela destes efeitos pecuniários. Essa é a argumentação de Hirshleifer, que sugeriu que há forças operando na direção contrária. Em argumentação hoje tida como clássica (Hirshleifer, 1971), o autor baseia-se 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 que é feita é entre prioridade na informação (“foreknowledge”, no original) e descoberta. Essa última é o correto reconhecimento 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, em geral, refere-se à detecção de propriedades da natureza que permitem o desenvolvimento de novos instrumentos ou a utilização de novas técnicas. Este é o tipo de informação acima categorizada como descoberta, na qual o segredo da natureza não será revelado, mas tem que ser extraído pelo pesquisador. A necessidade da

¹³ Para um “survey” das atividades de pesquisa privada segundo cada um desses tipos consulte-se Pray & Echeverría (1991).

intervenção humana torna a análise do valor da informação embutida na descoberta bastante complexa, como é fácil perceber.

A pesquisa por parte dos 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 (doméstico e externo), o nível de desenvolvimento econômico do país ou da região, e a apropriabilidade destes retornos. Os custos da pesquisa são determinados pelo grau de desenvolvimento do país, pela oferta e demanda de insumos materiais e de mão-de-obra técnica, pela disponibilidade de resultados de pesquisa pública, pela qualidade e pelos 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.

Do anterior depreende-se que a disponibilidade e os resultados da pesquisa por parte de 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 na 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 aquele requisito terão que, necessariamente, depender mais fortemente de recursos públicos para pesquisa.

A apropriabilidade é uma condição necessária, mas não suficiente para a lucratividade da pesquisa privada. Ela 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 o permitam apropriar-se 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, em que os retornos não são inteiramente apropriáveis, e há muita participação privada nos setores de máquinas, químico, de culturas e pecuária específicos, nos quais os retornos são sujeitos a maior apropriabilidade.

A apropriabilidade potencial dos retornos será tanto maior quanto maior for o caráter de exclusão da inovação do resultado da pesquisa. O papel dos instrumentos de defesa da propriedade intelectual (e a legislação de patentes, em particular) é importante para preservar o potencial de apropriabilidade. Este ponto será retomado mais adiante. Em Apêndice 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 a tentar relacionar os resultados da atividade de pesquisa às elevadíssimas taxas de retorno das culturas que se beneficiaram das mais diversas ordens de inovações da 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 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 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 econômico¹⁴ (ou “input accounting approach”) e os 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 a estimar a taxa interna de retorno (marginal) do investimento em pesquisa agrícola.¹⁵

Não é este o lugar 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 retornos muito elevados. Nossos resultados, mais adiante, confirmam este padrão.

A INTERVENÇÃO GOVERNAMENTAL NA PESQUISA AGRÍCOLA

O saber convencional, acima brevemente resenhado, sugere que a política tecnológica deve ser patrocinada pelo governo. Essa justificativa é baseada no fato de que há provisão de um bem público, que toma a forma da

¹⁴ Um resumo da avaliação da experiência da Embrapa usando estes 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 taxas de até 60 a 70% para produtos específicos (soja e trigo). Ver Ávila (1993).

¹⁵ Os estudos feitos fora da Embrapa também apresentam taxas de retorno elevadíssimas, seja usando o método do excedente econômico, seja usando o da função de produção ou o da contabilidade do crescimento. Ver Ávila (1993).

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 ser classificada em quatro grupos, que não são necessariamente mutuamente exclusivos: a) gerencial; b) biológica; c) química; e 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 a privada. Na verdade, como já dito, não existe uma separação clara, mas um *continuum* de arranjos institucionais.

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

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.

As atividades de P&D desenvolvidas pelo setor privado são usualmente conduzidas por firmas de processamento agrícola, de produção e de fornecimento de insumos¹⁶. 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 em 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 (no sentido de que 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 o conseqüente intercâmbio de informações, etc.¹⁷

As externalidades podem ser tecnológicas¹⁸ ou pecuniárias. Nas tecnológicas, os efeitos não são transferidos via transações de mercado.

¹⁶ Indústrias de processamento agrícola desenvolvem tecnologias para os produtores de forma 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 o aumento da produtividade dos produtores agrícolas.

¹⁷ 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.

¹⁸ 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 (1995), onde se argumenta que o problema da política

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. Isto 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 via 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 são 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, neste 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 pela qual se reconhece como extremamente importante o papel das economias de escala na pesquisa. Este 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 às atividades envolvidas. Essa é uma possibilidade a ser considerada.

econômica geral (e setorial, em particular) não é tanto de extensão da intervenção, mas de qualidade da ação estatal.

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 à 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 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 eles desenvolvem diferentes tipos de pesquisa para produzir diferentes tipos de tecnologia. Uma exceção apontada por Pray & Echeverría (1991) é o caso de algumas formas de pesquisa biológica em que 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, sendo seus benefícios relativamente mais apropriáveis pelo inovador. Nos países mais desenvolvidos, tecnologias mecânicas são patenteáveis e os direitos do inovador são 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 o setor privado que desenvolve a maior parte do trabalho de pesquisa aplicada.

Embora temas associados aos principais efeitos de regular a 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 atividades seria o aperfeiçoamento dos 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 e 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. Este é 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 falha de mercado. Arrow (1962) argumenta que o setor privado irá subinvestir em pesquisa por três razões, ou os três grandes *i*'s:

Inapropriabilidade: é a causa fundamental das falhas de mercado; quando a informação gerada pela pesquisa tem atributos de bem público e os benefícios sociais são superiores aos privados, a alocação de recursos por parte de uma firma que maximize lucros não será socialmente ótima, isto é, haverá subinvestimento.

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

Indivisibilidade: 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 produzir uma dada inovação pode ser rateado por maior número de unidades de produto por uma firma grande do que por uma pequena. Se existirem retornos crescentes, é provável que surja um monopólio – novamente, gerando 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 por parte 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 a seguir:

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

Positivas: essa posição leva ao anti-estatismo 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 argumenta que o resultado da ação governamental (excesso de pessoal e de custos, ausência de incentivos, por exemplo) é pior ainda.

Considere-se em seguida os papéis dos setores público e privado na pesquisa agrícola, no que toca a 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 em invenções mecânicas do que em 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 equipamentos. Além disso, as patentes de equipamentos 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 ao 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 diversos “commodities”; áreas tecnológicas nas quais o conhecimento não pode ser facilmente incorporado na propriedade; e onde as instituições destinadas a proteger os direitos da propriedade intelectual são ineficientes ou inexistentes.

O *continuum* de atividades de pesquisa sugere que se devem buscar complementaridades ou sinergias entre instituições públicas e privadas. A Tabela 2, tomada de Thirtle & 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.

O objetivo básico pelo qual as firmas conduzem atividades de P&D é o fato de esta atividade gerar o conhecimento necessário para a produção de novos produtos ou a produção de produtos já existente com custos menores. As firmas podem usar novas tecnologias ou vendê-las para que outras firmas as usem.

Tabela 2. Tipos de tecnologia e áreas de P&D.

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

Estudos empíricos mostram que o retorno social da atividade de pesquisa é maior do que o benefício apropriado pelo inventor. O “gap” entre o incentivo social e o privado a inovar aparece porque uma firma maximizadora de lucro 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 a conduzir atividades de P&D é muito baixo.

Uma variedade de forças econômicas e políticas agem de forma a produzir um “spread” entre o incentivo privado e o social a produzir P&D. O primeiro causador destas 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, então o incentivo privado tende a ser muito baixo, pois a firma que investiu em tecnologia não considera os “spillovers” como positivos.

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

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

O “gap” entre o retorno público e o privado aos investimentos em P&D e a falha das firmas em dividir lucrativamente os 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 EUA, os subsídios diretos e indiretos foram largamente utilizados para aumentar o incentivo às 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 os nível de atividades de P&D, eles podem também estar distorcendo os incentivos na indústria, pois é difícil ver como o governo escolhe as firmas que escolhe subsidiar.

O fortalecimento da propriedade intelectual, através do registro de patentes, pode melhorar e tornar mais atrativo o mercado de investimento e de divisão dos resultados de P&D. Direitos de propriedade mais fortes fortalecem os incentivos à condução de P&D, porque eles permitem que as firmas se apropriem 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 escolhe não dividir os

resultados de sua pesquisa com as outras, ela não terá que conviver com “spillovers” que diluem o valor dos seus investimentos; segundo, os direitos de propriedade intelectual mais fortes deixam o detentor da patente em 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 produzir 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.), abrindo espaço para o estudo de formas alternativas de encorajar a inovação, como um sistema baseado em “prêmios” ou através de 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 primeiro completar o projeto, ou que o completar da forma mais bem sucedida ou engenhosa. Depois que o prêmio é ganho por uma determinada firma, a inovação cai em domínio público. Assim como o sistema baseado em patentes, este método tem origens bem antigas, embora seja bem menos utilizado do que o de patentes. Sem dúvida, a vantagem mais importante deste método perante o método das patentes é que ele não incentiva a formação de monopólios.

No entanto, este sistema de prêmios é difícil de implementar por diversas razões. Primeiro, o governo ou agência governamental precisa avaliar com precisão a possibilidade de realmente ocorrerem as diversas invenções, além de avaliar corretamente 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 este ponto do que o governo. Desta forma, uma solução menos centralizada seria melhor – por exemplo, através de agências regionais ou setoriais que conhecessem determinados mercados detalhadamente.

Na prática, o prêmio a ser pago neste sistema só pode ser avaliado após a ocorrência efetiva da inovação. Como a esta 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 ele induz à competição no mercado de pesquisa. No entanto, como no sistema de patentes, não existe nenhuma razão para este 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 do que os que são 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. Contratos deste tipo evitam a duplicação excessiva dos custos da pesquisa. No entanto, existem problemas com este tipo de contrato no que diz respeito à tecnologia disponível para pesquisa e à forma de controle das firmas contratadas. Além disso, como no sistema de prêmios, o governo precisa saber o valor da inovação – embora 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). Essas podem ser entendidas como um sistema no qual diversas firmas decidem dividir os custos e os benefícios de determinado projeto. Embora sejam conceitualmente distintas, as JVP 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 este sistema conduz à eficiência tanto na esfera do mercado específico – como, por exemplo, o mercado agrícola – quanto na esfera do social. Esta 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 JVP podem aumentar ou reduzir a atividade de P&D. Existem duas razões básicas para essas “joint ventures” acelerarem o processo de inovação. A primeira é que, quando 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. Então estas firmas tendem a subinvestir em P&D quando se olha o mercado como um todo. Uma JVP corrige pelo menos a externalidade entre seus membros e, portanto, aumenta o gasto com P&D de cada um dos seus membros. Segundo, 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 obter uma visão mais completa da desejabilidade privada e social das JVP's seria necessário analisar efeitos adicionais, como o efeito de exclusão de uma JVP, entre um subconjunto de firmas de um determinado mercado, incorporar a possibilidade de o mercado gerar excesso ou escassez de P&D na ausência da JVP, e olhar para instrumentos públicos alternativos capazes de regular a atividade de P&D.

Uma idéia lançada por Alves et al. (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 realizar pesquisas. Neste caso, o setor público poderia contratar essas associações para a execução de alguns projetos que forem julgados necessários, dado o estado da pesquisa e as necessidades de financiamento. Pode-se inclusive pensar em possibilitar condições especiais para realizar pesquisas com o uso de algum tipo de incentivo concedido temporariamente. Os centros internacionais, em particular, teriam uma grande contribuição a oferecer neste contexto.¹⁹

ANÁLISE EMPÍRICA: O RETORNO DAS ATIVIDADES DE PESQUISA AGRÍCOLA NO BRASIL ASPECTOS TEÓRICOS E DADOS UTILIZADOS

O objetivo desta seção é o de apresentar os resultados da estimação dos retornos da pesquisa agrícola no Brasil, segundo diferentes modelos e especificações teóricas. Dois conjuntos de dados foram utilizados: um para as estimações segundo modelos do tipo “cross-section” e outro para as

¹⁹ Ver também Umali (1992), onde se resenha uma farta literatura de colaboração público-privada nessa área de pesquisa.

estimações com séries de tempo. Em Apêndice apresenta-se uma breve digressão teórica sobre o uso de funções de produção Cobb-Douglas em estimações deste tipo. E, em seguida, em outro Apêndice, uma descrição da base de dados utilizada e as aproximações feitas. Tabelas complementares são apresentadas ao final do Apêndice.

ANÁLISES DE CROSS-SECTION

Para a estimação de funções de produção para o setor agropecuário foram feitas análises do tipo “cross-section”, segundo os Estados da Federação brasileiros, nos anos censitários de 1975, 1980 e 1985. Primeiramente, estimou-se uma função de produção agrícola do tipo Cobb-Douglas, com a produção agrícola como variável dependente. As variáveis explicativas (insumos) foram nível de emprego, área plantada, gasto com pesquisa efetuada pela Embrapa e estoque de máquinas agrícolas. Trata-se de formulação padrão em estudos deste tipo, em que 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 índices α , β , δ , e λ representam as respectivas elasticidades. Para operacionalizar a estimação, usou-se um modelo log-linear, sendo necessário extrair o logaritmo natural das variáveis. O modelo utilizado foi o de mínimos quadrados ordinários. Assim, o modelo estimado foi:

$$\ln prod_i = \ln const_i + \alpha \ln embra_i + \beta \ln area_i + \delta \ln emp_i + \lambda \ln maq_i + \varepsilon_i$$

As variáveis em letras minúsculas denotam os logaritmos naturais das variáveis.

Do 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 mostraram-se significativas ao nível 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 se fez o teste estatístico relevante, dado que foge ao escopo deste trabalho.

Note-se 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 no 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

$R^2 = 0,97$.

O papel do Estado na pesquisa agrícola no Brasil

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

Variável dependente: Produção agrícola	Coefficiente	Erro-padrão	Valor t calculado
Constante	9,26	1,23	7,52
EMBRA	0,20	0,09	2,30
AREA	0,12	0,14	0,85
EMP	0,32	0,09	3,59
MAQ	0,38	0,07	5,34

$R^2 = 0,96$.

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

1975

Variável dependente: Produção agrícola	Coefficiente	Erro-padrão	Valor t calculado
Constante	6,30	0,72	8,79
EMBRA	0,31	0,06	5,13
EMP	0,26	0,08	3,23
MAQ	0,34	0,04	8,99

$R^2 = 0,97$.

1980

Variável dependente: Produção agrícola	Coefficiente	Erro-padrão	Valor t calculado
Constante	7,10	0,75	9,42
EMBRA	0,31	0,07	4,25
EMP	0,19	0,08	2,41
MAQ	0,44	0,05	8,71

$R^2 = 0,96$.

1985

Variável dependente: produção agrícola	Coefficiente	Erro-padrão	Valor t calculado
Constante	9,41	1,21	7,78
EMBRA	0,24	0,07	3,23
EMP	0,37	0,08	4,88
MAQ	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-se 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, isoladamente²⁰. Tendo isso em conta e repetindo-se os exercícios com a variável dependente redefinida para representar a produtividade da terra, obtêm-se, para cada um dos anos de estimação:

1975

Variável dependente: Produtividade agrícola	Coefficiente	Erro-padrão	Valor t calculado
Constante	4,27	0,67	6,33
EMBRA	0,28	0,07	3,96
EMP	0,29	0,09	3,09
MAQ	0,26	0,06	4,44

$R^2 = 0,60$.

²⁰ 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.

O papel do Estado na pesquisa agrícola no Brasil

1980

Variável dependente: Produtividade agrícola	Coefficiente	Erro-padrão	Valor t calculado
Constante	5,57	0,49	11,45
EMBRA	0,29	0,29	4,31
EMP	0,13	0,13	1,57
MAQ	0,34	0,34	5,24

$R^2 = 0,64$.

1985

Variável dependente: Produtividade agrícola	Coefficiente	Erro-padrão	Valor t calculado
Constante	9,63	0,42	22,83
EMBRA	0,18	0,06	2,85
EMP	0,31	0,08	4,00
MAQ	0,38	0,07	5,60

$R^2 = 0,65$.

Note-se 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 com a variável produção como variável dependente. Retornaremos a este ponto mais adiante.

Dados de Painei

O passo seguinte na análise consistiu em juntar todos os dados em uma única regressão, utilizando a técnica dos dados de painei. O resultado com os dados “pooled” está abaixo, onde se destaca a robustez dos coeficientes, a par dos bons resultados dos testes estatísticos e do ajustamento. Note-se que estes 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 desta 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” anteriormente.

Note 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 de 1975, 1980 e 1985. Variável dependente: produção agrícola.

Variável independente	Coefficiente	Erro-padrão	Valor t calculado
Constante	0,94	0,52	1,79
EMBRA	0,20	0,04	4,84
AREA	0,21	0,08	2,65
EMP	0,21	0,05	4,02
MAQ	0,34	0,04	8,82
DUMMY1	5,76	0,10	57,21
DUMMY2	5,05	0,09	59,32

$R^2 = 0,99$ (72 observações).

Os resultados referentes à produtividade da terra são apresentados em seguida. Dados combinados de 1975, 1980, 1985. Variável dependente: produtividade agrícola.

Variável independente	Coefficiente	Erro-padrão	Valor t calculado
Constante	9,069	0,248	36,45
EMBRA	0,231	0,038	5,95
EMP	0,258	0,048	5,32
MAQ	0,319	0,036	8,68
DUMMY1	-4,730	0,344	-13,75
DUMMY2	-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 à

produtividade agrícolas. Resta testar a estabilidade deste resultado ao longo do tempo. Para tanto, adota-se uma forma funcional que combina “dummies” lineares, como anteriormente, com “dummies” angulares (multiplicativas). Em outras palavras, a regressão rodada tem como variáveis dependentes, além das “dummies” aditivas, as “dummies” multiplicativas, em relação a cada uma das variáveis Embrapa, Emprego e Capital, nos anos de 1975 e 1980, além das próprias variáveis em 1985²¹. Ao todo são 12 variáveis. Os resultados, necessários para o teste de Chow para igualdade de coeficientes entre as duas equações, estão na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados das doze variáveis.

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

¹ Nível de significância. $R^2 = 0,990$ (72 observações).

Note-se, 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 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. Isso é especialmente verdadeiro no caso do gasto em pesquisa.

Quanto ao teste de Chow (teste com a estatística F) de mudança estrutural na relação como um todo, o resultado é semelhante: a estatística F

²¹ Isso porque a suspeita é que possa ter havido quebra estrutural em 1985, relativamente aos demais anos, conforme sugerido em outras passagens do texto.

calculada permite rejeitar a hipótese de que tenha havido mudança estrutural na equação.

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. Este fato, no entanto, embora represente um inconveniente econométrico, tem importantes implicações econômicas, na medida em que indica que os investimentos em pesquisa agrícola e os investimentos em capital fixo são complementares. São também, de certa forma, uma marca de modernidade da produção agrícola brasileira, como se observa em diversos países do primeiro mundo. Obviamente, como já dito, isso irá colocar dificuldades no plano econométrico. Na regressão apresentada na Tabela 4, a variável independente é o estoque acumulado de gastos em pesquisa da Embrapa até os anos de referência.²²

Tabela 4. 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 obs.; DW = 0,504.

Note-se que este 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 maior necessidade de investimentos em pesquisa. Resta por determinar as fontes de recursos para essa pesquisa adicional.

Por outro lado, não se obteve associação entre o estoque de máquinas e equipamentos agrícolas e o emprego na agricultura²³ – apesar das sabidas e

²² A série original, do MCT, apresenta os gastos anuais em dólares constantes de 1995.

²³ Embora não registrado aqui, 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 estimativas, o ganho médio anual de produtividade da mão-de-obra de 1980 a 1995 foi da ordem de cerca de 3,0%.²⁴

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 dispõem destas estimativas: estudos recentes do prof. Evenson apontam taxas de aumento da PTF na agricultura brasileira da ordem de 2,45% anuais nas duas últimas décadas.

As dificuldades dadas pela clara associação entre as séries de capital e de 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.

$$\text{prod}_i = \text{constante} + \text{embra}_i^\alpha + \text{maq}_i^\beta + \text{emp}_i^\delta + \varepsilon_i$$

Variável independente	Coefficiente	Erro-padrão	Valor t 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 prazos.

A retirada da variável emprego leva este coeficiente para 0,185. O coeficiente da variável máquinas corrigido (isto é, expurgado para retirar o

²⁴ Nunca será demais insistir na observação de que a qualidade da série de “emprego” agrícola por nós construída é, para dizer o mínimo, muito baixa.

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 anteriormente. Em todos os modelos testados, a variável gastos acumulados com pesquisa agrícola revelou-se estatisticamente significativa e com valor em torno de 0,17-0,19. Em nenhum deles, as variáveis emprego e a “proxy” para o capital empregado (corrigido para levar em conta a multicolinearidade com gastos em pesquisa) revelou-se significativa. Esta 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, com diferentes modelos. Em segundo lugar, essa magnitude é 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” tenha-se utilizado dados censitários referentes aos anos de censo, isoladamente – embora sob 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.

CONCLUSÃO

Todos os estudos até hoje executados e as 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, só que 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. Isto 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, seja em estudos relativos aos países desenvolvidos, seja, especialmente, naqueles em desenvolvimento. É igualmente comum, seja em estudos de culturas e espécies individuais, seja

em estudos em nível agregado. Vale também para análises “cross-sections”, ou para análises de séries temporais. Em parte, devido a isso, os países caracterizados por uma agricultura relativamente mais atrasada têm dedicado crescentes recursos para pesquisa e extensão agrícola. Sua importância na 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 neste 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 nenhuma dúvida, exitosa.

Adicionalmente, não há nenhum sinal de que os recursos gastos em pesquisa, apesar do considerável aumento que tem historicamente havido, tenham implicado diminuição dos retornos à pesquisa. A análise no caso do Brasil, entre 1975 e 1985, é apenas uma modesta contribuição neste 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 do mundo em desenvolvimento.

O Brasil não é, de forma alguma, exceção a estas conclusões e comentários. Todos os estudos até hoje executados em nosso País – e neste ponto deve ser sublinhada a importância e a influência das pesquisas patrocinadas pela Embrapa – têm sido unânimes no sentido de que a conclusão é aquela expressa anteriormente. A contribuição deste trabalho foi tão-somente no sentido de organizar informações qualitativas e empíricas para analisar este fato. No caminho, apenas se confirmam os resultados dos inúmeros pesquisadores em trabalhos realizados no Brasil que antecederam a este.

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, diz-se 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

âmbito regional e todas as outras atividade que vêm caracterizando a bem sucedida experiência do Brasil neste campo deveriam dar a tônica da ação e dos recursos governamentais. Não é isso que vem ocorrendo.

Esta questão não é nova nem característica exclusivamente do Brasil ou dos países em desenvolvimento. Escrevendo há mais de dez anos, o prof. Evenson já denunciava que:

“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.” (Evenson, 1983: p.967).

A situação no Brasil de 1996 não parece ser muito melhor do que a descrita por Evenson. É possível, inclusive, que não se consiga elevar os 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. Daí porque o papel do Estado, seja na provisão de diversas atividades, seja na criação de subsídios, seja tão necessário.

O montante de pesquisa que os governos podem financiar é afetado por diversos fatores, aqui e alhures. Entre estes 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, dado que boa parte dos elevados retornos da pesquisa agrícola no Brasil foi no passado recente canalizada para as culturas de exportação – e dado também 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 têm sido suavizada pelo processo de liberalização comercial, que faz com que a sempre presente ameaça das importações de insumos, fertilizantes,

defensivos e máquinas agrícolas diminua seu poder de fogo na defesa de maiores gastos na pesquisa agropecuária. Ademais, talvez falte, como aos componentes do primeiro grupo, uma certa visão prospectiva da importância da pesquisa para seu desempenho econômico em termos de rentabilidade em sua área de atuação específica e outras variáveis julgadas relevantes.

O conjunto de agricultores é, portanto, o principal grupo capaz de vocalizar com alguma eficácia em favor da necessidade de expandir recursos para a pesquisa e a extensão agropecuárias. 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? Esta é 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 extensão²⁵. Isso coloca o desafio formidável 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 antes 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 no qual se efetua a pesquisa agrícola vem mudando muito rapidamente, como consequência de 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. 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 de comercialização de produtos agrícolas nos países menos desenvolvidos, a par da grande 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

²⁵ 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.

demanda derivada por insumos agrícolas modernos, ou os preços relativos dos fatores; habilidade de as empresas se apropriarem dos benefícios da nova tecnologia; e oportunidades tecnológicas para a produção rentável do produto (Pray & 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 no sentido de 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, em segundo lugar, os governos intervêm visando à proteção dos mercados locais contra a competição estrangeira predatória (ou caracterizada por práticas de comércio desleais), ou visando a aperfeiçoar os mecanismos de mercado no sentido de aumentar a competição. Em terceiro, visando a 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 – por exemplo, os demais países da América Latina. Mais recentemente, nota-se 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 & Echeverría, 1989), devido a três razões principais: cientistas de ambos os setores tendem a freqüentar 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: 1) os canais formais de comunicação, tais como publicações técnicas, congressos e encontros para fixar prioridades de pesquisa; 2) 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 agrícolas deveria procurar, em geral, assegurar que essa atividade complemente 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, reduzir as restrições à transferência de tecnologia por parte das empresas transnacionais é um aspecto importante. Não menos importante é a provisão de educação especializada na agricultura por parte de entidades governamentais, tanto no âmbito universitário quanto no técnico.

Nada disso, no entanto, nos diz 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. Essa é, no fundo, uma questão empírica, que merece um tratamento caso a caso. Em geral, não há substituição direta porque os dois setores fazem diferentes tipos de pesquisa para produzir diferentes tipos de tecnologia. Uma exceção (Pray & Echeverría, 1991) ocorre em algumas pesquisas biológicas, nas quais há mais competição potencial.

Como se viu, a pesquisa privada 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. Dada a 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.

Na esfera empírica, finalmente, os resultados confirmam aquilo que já foi repetidamente enfatizado ao longo do texto e em diversos outros estudos do gênero: qualquer que seja o método que se adote para a mensuração²⁶, os investimentos em pesquisa agrícola efetuados pela Embrapa geram retornos muito elevados, seja em termos de produção, seja em termos de produtividade. Isso embute uma forte sugestão no sentido de que se deva investir mais em pesquisa agrícola do que vem sendo feito até hoje. De fato,

²⁶ Note que os dados brasileiros têm um nível de qualidade que está longe do desejável. Mesmo assim, e mesmo com nossas parcas aproximações, os resultados têm uma certa robustez.

apesar das elevadas taxas de juros vigentes no Brasil de nossos dias, dificilmente se pode imaginar aplicações com retorno (social e privado) tão elevado como as que caracterizam o investimento em pesquisa agrícola em nosso País.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E.; FARO, C. de; CONTINI, E. Revisão constitucional e o papel do Estado na agricultura. **Revista de Política Agrícola**, v.2, n.5, p.18-26, 1992.
- ÁVILA, A. F. D. **Impact of public agricultural research in Brazil: ex-post evaluation and technological spill-over analysis**. Yale: Economic Growth Center, Yale University, 1993. Mimeo.
- ARROW, K. J. Economic welfare and the allocation of resources for invention. In: **THE RATE and direction of economic activity: economic and social factors**. Princeton: University of Princeton, 1962.(NBER Conference Series).
- EVENSON, R. E. Intellectual property rights and agribusiness research and development: implications for the public agricultural research system. **American Journal of Agricultural Economics**, v.65, n.5, p.967-977, Dec. 1983.
- EVENSON, R. E.; WAGGONER, P. E.; RUTTAN, V. W. Economic benefits from research: an example from agriculture. **Science**, v.205, Sept. 1979.
- HIRSHLEIFER, J. The private and social value of information and the reward to inventive activity. **The American Economic Review**, v.61, n.4, p.561-574, 1971.
- PRAY, C. E.; ECHEVERRÍA, R. G. **Private sector agricultural research and technology transfer links in developing countries**. Cambridge: International Service for National Agricultural Research/Cambridge University Press, 1989. (Linkages Theme Paper, 3).
- PRAY, C. E.; ECHEVERRÍA, R.G. Private sector agricultural research in less-developed countries. In: PARDEY, P. G.; ROSEBOOM, J.; ANDERSON, J. R. (Eds.). **Agricultural research policy: international quantitative perspectives**. Cambridge: International Service for National Agricultural Research: Cambridge University Press, 1991.
- REIS, E. J. **The expansion of the Brazilian agricultural frontier**. A survey of the literature. Rio de Janeiro: IPEA/DIPES, 1996.

O papel do Estado na pesquisa agrícola no Brasil

- SPENCE, A. M. Cost reduction, competition, and industry performance. **Econometrica**, v.52, n.1, p.101-121, 1984.
- THIRTLE, C.; ECHEVERRÍA, R. G. Privatization and roles of public and private institutions in agricultural research in sub-Saharan Africa. **Food Policy**, v.19, n.1, 1994.
- TIROLE, J. **Industrial organization**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1990.
- UMALI, D. L. **Public and private sector roles in agricultural research**. Theory and experience. (S. 1.: s.n.), 1992. (World Bank Discussion Papers, 176).

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, dado que 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. Aqui pretende-se isolar a análise do incentivo puro à inovação, a qual é, em princípio, independente de qualquer consideração estratégica.

No caso específico da inovação agrícola, o que interessa mais de perto aqui são as inovações relativas a processos, e não a produtos. Apresenta-se, com este propósito, um modelo teórico formal que mostra que existem incentivos à inovação em mercados, como o agrícola, nos quais pode-se 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, inicia-se 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:

$$v^s = \int^{\infty} D(c).dc, \text{ onde } D \text{ é a função de excedente social.}$$

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:

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

Considere-se, em seguida, uma situação na qual o agente atua em um mercado de concorrência perfeita. Um número grande de firmas produzem um produto homogêneo com uma tecnologia que exhibe custo marginal C_0 . Estas 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: $p^m > C_0$ ou $p^m \leq C_0$. No segundo caso as firmas inovadoras praticam o preço de monopólio, as firmas menos eficientes não produzem nada e a inovação é chamada drástica. No primeiro caso, o inovador está restrito a cobrar $p = C_0$, porque existe uma oferta competitiva das outras firmas a este preço. Neste caso a inovação é chamada não drástica.

No caso de uma inovação não drástica o lucro do inovador por unidade de tempo é dado por $\Pi_c = (C_0 - C_1)D(C_0)$ e o incentivo a inovar em uma situação competitiva é:

$$V_c = 1/r(C_0 - C_1)D(C_0)$$

Note-se que $C_0 < p^m(C_0) < p^m(C)$ por hipótese e que $D(C_1) > D(p^m(C))$ para todo $C \geq C_0$; então V_m é menor que V_c , que é menor que V_s , havendo 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 se tem um monopólio (não incluído nesta análise). Se o setor agrícola comporta-se de forma competitiva, essa análise sugere que existirá incentivo a inovar por parte do produtor individual. Logo, do lado privado existe incentivo. Como isto se traduz em possibilidade de parceria público-privada é algo a ser estudado mais detidamente.

Apêndice 2

Aspectos Teóricos: A Função de Produção

Uma função de produção representa a relação física entre um determinado nível de produção e a utilização de insumos necessários, mostrando a razão segundo a qual cada recurso ou insumo é transformado em produto. A função de produção pode ser expressa por uma relação algébrica de forma geral:

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

onde Y é o produto e x_1, x_2, \dots, x_n são os insumos usados na produção de Y . A forma funcional f mostra o processo de produção para um dado nível de tecnologia, no qual para cada combinação de insumos existe um único nível de produto. É importante ressaltar que a fórmula matemática de fato adotada na função de produção vai definir as suas propriedades.

Para estimar uma função de produção é necessário, primeiramente, especificar a variável dependente e as independentes e a forma algébrica da função. Neste estudo, as variáveis foram selecionadas de acordo com o tipo de estimação a ser feita (“cross-section”, dados de Painel e “Time Series”), conforme explicitado detalhadamente no desenvolvimento deste Apêndice. Para proceder à escolha de uma forma funcional para a função de produção agrícola alguns fatores devem ser observados. Dentre eles, a característica dos retornos (constantes, crescentes ou decrescentes) dos fatores variáveis. Dentre as funções mais utilizadas em pesquisas aplicadas destaca-se a função do tipo Cobb-Douglas. Uma função de produção deste tipo pode ser escrita como:

$$Y = a \cdot x_1^{\alpha_1} \cdot x_2^{\alpha_2} \dots x_n^{\alpha_n}$$

onde a e os alfas (elasticidades da produção em relação a cada um dos insumos ou fatores de produção) são constantes e x_1, x_2, \dots, x_n são as quantidades dos insumos ou fatores de produção.

As principais características desta função são as seguintes:

1) Ela é homogênea de grau $\sum \alpha_i$, o que permite uma forma fácil de determinar as economias de escala; no caso de $\sum \alpha_i = 1$ existirão retornos constantes de escala, ou seja, a produção cresce na mesma proporção dos

insumos. Da mesma forma, se $\sum \alpha_i > 1$ a produção apresentará retornos crescentes de escala, aumentando mais do que proporcionalmente ao aumento dos insumos. No caso em que $\sum \alpha_i < 1$ teremos a produção com retornos decrescentes de escala, o que significa que a quantidade produzida aumenta menos que proporcionalmente do que a quantidade dos insumos.

2) A elasticidade de substituição entre os fatores ou insumos é constante e igual a 1 ao longo de toda a isoquanta.

No entanto, a característica que mais nos interessa no âmbito deste estudo é a que tange às elasticidades parciais de produção. Estas podem ser definidas como uma medida da variação percentual na produção induzida por uma mudança de 1% na quantidade de determinado insumo ou fator, estando constantes todos os demais insumos ou fatores. Pode-se escrever a elasticidade parcial de substituição como o produto físico marginal (PFM) multiplicado pelo inverso do produto físico médio (PME):

$$Ep_{xi} = \frac{\partial Y}{\partial x_i} \cdot \frac{x_i}{Y}$$

No caso de uma função de produção Cobb-Douglas, as elasticidades parciais dos insumos correspondem aos expoentes associados a cada um dos insumos, por exemplo:

$$PFM = \frac{\partial Y}{\partial x_i} = A \alpha_i x_1^{\alpha_1 - 1} x_2^{\alpha_2} \dots x_n^{\alpha_n} = \alpha_i \frac{Y}{x_i}$$

que, substituindo na expressão anterior, resulta em:

$$Ep_{xi} = \alpha_i \frac{Y}{x_i} \cdot \frac{x_i}{Y} = \alpha_i$$

Para os objetivos deste trabalho interessa particularmente a estimação das elasticidades parciais de produção do gasto com pesquisa da Embrapa, que, conforme explicado no texto, considera como um insumo para a produção agrícola.

Apêndice 3

Nota metodológica sobre os dados e aproximações utilizados

Os dados utilizados na estimação de “cross-section”, foram obtidos a partir dos censos agropecuários do IBGE dos anos de 1975, 1980 e 1985, segundo os Estados da Federação. Para efeito de estimação das equações, computaram-se os Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul conjuntamente, sendo o mesmo procedimento adotado para Goiás, Distrito Federal e Tocantins, após a sua criação.

Nos exercícios usando a estimação “cross-section” e usando 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, tendo em vista que estes não incluem os recursos repassados a outras instituições (empresas estaduais, universidades, etc.). Os dados referentes ao Distrito Federal agregam valores das unidades de pesquisa: CPAC, CENARGEN, CNPH, SEDE, SPSB e SPI, não sendo, portanto, reflexo dos desembolsos com pesquisa nesta Unidade da Federação.

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 Federação²⁷. A variável produtividade da terra foi obtida simplesmente dividindo-se a produção agrícola pela área plantada. Nos exercícios com Dados de Painel foi necessária a 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.

Nos exercícios do tipo séries de tempo houve a necessidade de construir 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

²⁷ Observe-se que este procedimento pode embutir um viés no sentido de que não se consideram as despesas de outras entidades, particularmente privadas. Essa omissão é não apenas 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. Ao trabalhar com gastos em um ponto no tempo estamos implicitamente supondo que estes fluxos anuais são proporcionais aos respectivos estoques.

disponível). A variável área plantada foi obtida pela soma da área plantada dos 20 principais produtos pesquisadas pelo Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA), do IBGE. 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 ser mais preciso) da despesa realizada em C&T segundo as unidades orçamentárias. Trabalhou-se tanto com a série assim construída quanto com a série de valores acumulados, sem dedução para depreciação, supostamente 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 por parte dos autores. Como se sabe, não existe no Brasil uma série longa o suficiente (para efeito de estimação econométrica) para este crucial fator de produção na Agricultura. Assim, para construir uma variável representativa do estoque de máquinas agrícolas, partiu-se do estoque de tratores registrado nos anos disponíveis no Censo Agropecuário (1975, 1980 e 1985), complementando essa informação com a das vendas de máquinas agrícolas automotrizes (exclusivamente tratores de esteira) no mercado interno, publicadas no Boletim da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA).

A partir do estoque de máquinas agrícolas do ano de 1975, somaram-se as vendas internas nos 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 a reposição ocorridas. Adotou-se então a hipótese de que a depreciação anual do estoque de máquinas agrícolas é constante ao longo do intervalo de tempo considerado. Na estimativa da taxa depreciação anual, que torna possível, pelo método do “Perpetual Inventory”, a estimativa dos estoques anuais de máquinas agrícolas nos anos intermediários, adotou-se 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 solução desta equação nos fornece essa taxa. Procedimento análogo foi adotado no intervalo 1980-1985. O resultado da depreciação foi de 4,05% em 1975-80 e de 2,72% em 1980-85. Na construção da série a partir de 1985, adotou-se 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 intermédios 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: 1975-1995

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 na construção da série referente à variável “emprego” nos anos a serem analisados. Dispunha-se de dados de estoque de empregados na agropecuária nos anos de censo (1975,1980,1985) e de índices de emprego calculados a partir do CAGED (Cadastro Geral de Empregados e Desempregados, do Ministério do Trabalho) nos anos de 1984 a 1995. Para construir o restante da série supôs-se que a variação do emprego na agricultura no período entre os censos foi proporcional à obtida do CAGED. Nos anos intercensos anteriores a 1984, adotou-se 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 desta 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 na variação na escolaridade da mão-de-obra, seja nas análises “cross-sections”, 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.

Apêndice 4

Dados Complementares Utilizados na Análise Empírica (produção, gastos efetuados pela Embrapa [em moeda constante], e área).

Ano	Produção	Embrapa	Embrapa acum.	Área
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