

Investimento em pesquisa e a produtividade agropecuária

Danielle Alencar Parente Torres²

Uma revisão da literatura recente¹

Resumo – A produtividade é uma questão central para a economia e um dos principais determinantes do bem-estar. Na agropecuária, em particular, melhorias na produtividade são fundamentais, como forma de aliviar pressões sobre recursos naturais cada vez mais escassos. Tendências da produtividade agropecuária nacional e global precisam, portanto, ser monitoradas e avaliadas. Um dos principais instrumentos de política de fomento à produtividade agrícola é o investimento em pesquisa e desenvolvimento. Nesta revisão da literatura, apresentam-se os fatos estilizados, apontados por estudos recentes que investigam os impactos do investimento em pesquisa sobre a produtividade da agricultura no mundo. Além de destacar as motivações, a base teórica, as metodologias e os dados utilizados, busca-se, também, dar ao leitor números sobre impactos da pesquisa na produtividade da agricultura que possam servir como parâmetros para estudos futuros.

Palavras-chave: crescimento, instrumento de política, produtividade total dos fatores.

Investment in research and agricultural productivity: a review of the recent literature

Abstract – Productivity is a central issue in economics because it is one of the main determinants of economic well-being. Particularly in agriculture, improvements in productivity are essential to alleviate the pressure on more and more scarce natural resources. For these reasons, trends in national and global agricultural productivity should to be monitored and evaluated. One of the main policy instruments to increase agricultural productivity is the investment in research and development. This literature review presents some stylized facts pointed out by recent studies that investigate the impacts of research investments on agricultural productivity worldwide. In addition to discuss their motivations, theoretical basis, applied methodologies and data, it also aimed to provide some numbers on the research impact on agricultural productivity that can be used in future studies.

Keywords: growth, policy instrument, total factor productivity.

Introdução

A produtividade é uma questão central para a economia porque ela é um dos principais determinantes do bem-estar econômico (Fuglie

& Schimmelpfennig, 2010). Dentro da economia agrícola, a análise da produtividade é importante por causa da sua grande dependência de recursos naturais, cada vez mais escassos. Por essas razões,

¹ Original recebido em 9/5/2023 e aprovado em 23/5/2023.

² Economista, doutora em Economia Agrícola, pesquisadora da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). E-mail: danielle.torres@embrapa.br

as tendências da produtividade agrícola nacional e global precisam ser monitoradas e avaliadas.

A Revista de Política Agrícola tem uma tradição de publicar artigos sobre a produtividade do setor agropecuário. Para citar alguns dos mais recentes, Brigate & Teixeira (2010) e Gasques et al. (2012, 2014, 2021) analisam a produtividade do setor considerando seus possíveis determinantes, em diferentes períodos, com metodologias, bases de dados e recortes territoriais diversos. Já Machado et al. (2020) analisam estudos anteriores sobre a produtividade comparando e apontando suas diferenças. Com o objetivo de contribuir com esse debate, esta pesquisa pretende focar um determinante específico da produtividade, o investimento em pesquisa.

Nesta revisão da literatura, apresentam-se os fatos estilizados apontados por estudos recentes que investigam os impactos do investimento em pesquisa na produtividade da agricultura³. Além de destacar as motivações, a base teórica, as metodologias e os dados utilizados, procura-se aqui exibir números sobre impactos da pesquisa na produtividade da agricultura que serão úteis para estudos futuros.

A relação entre pesquisa e produtividade agrícola

Os estudos seminais de Schultz (1953) e Griliches (1963, 1964) estão entre os primeiros a identificar as principais fontes do aumento da produtividade agrícola nos Estados Unidos. Schultz (1953) atribuiu todo o crescimento da produtividade agrícola americana aos investimentos públicos em pesquisa. Posteriormente, Griliches (1963, 1964) indicou outras fontes de crescimento, entre eles a qualidade da mão de obra e do uso, pelos produtores, de melhoramento genético das lavouras e pecuária, mas destacou o papel do investimento em pesquisa e extensão para o aumento de produtividade.

Mais recentemente, ao discutir a importância dos gastos em pesquisa e desenvolvimento

(P&D) para a produtividade, Alston & Pardey (2021) apontam que a inovação na agricultura levou a uma grande mudança no uso da terra, do trabalho e de outros fatores, e isso implicou mudanças no mix de insumos utilizados e nos produtos disponíveis. Eles destacam que a inovação tem estado no centro de grandes mudanças na quantidade, composição e qualidade da produção agrícola. Durante o período 1961–2018 (57 anos), a produção agrícola mundial cresceu 2,2% ao ano; a população, 1,6% ao ano; e o uso da terra na agricultura, apenas 0,1%, ao ano.

Esses autores argumentam também que as inovações agrícolas, particularmente as genéticas, afetam o que pode ser produzido – e em que locais. Por exemplo, a disponibilização das variedades de milho híbridas permitiu um deslocamento significativo da produção nos Estados Unidos – 280 km ao norte e 342 km ao oeste do centroide (que é o centro de gravidade, em termos geográficos) durante o período 1879–2007 –, e isso significou crescimento de 16%–21% da produção de milho. De modo geral, a inovação influenciou a localização da produção agrícola em todo o mundo, com grandes mudanças ao longo do último meio século. Houve queda na participação da produção agrícola em países de alta renda, aumento na região da Ásia-Pacífico e América Latina e aumento menor na África Subsaariana.

O papel do setor público

Um dos principais instrumentos de política para aumentar a produtividade agrícola é o investimento em P&D, que envolve um período de defasagem para surtir impactos na geração de inovação.

Uma das razões principais para uma participação ativa do setor público, como destacado por Fuglie (2016), é a existência de externalidades positivas na produção de pesquisa, já que, uma vez que o conhecimento é criado, ele fica disponível para todos, em qualquer lugar e para sempre, sendo a falta de capital humano a única restrição

³ Aqui, entende-se a agricultura de forma ampla, incluindo a pecuária.

ao seu uso. Essas características de bens públicos da pesquisa induzem níveis ineficientes na produção quando efetuada pelo setor privado, mesmo com a possibilidade de as inovações serem patenteadas⁴. Daí a necessidade de o setor público ter um papel ativo na criação de capital de conhecimento e no fomento do crescimento econômico. Além disso, o setor público, com sua capacidade de coordenação e planejamento, tem, portanto, papel primordial na detecção de uma eventual desaceleração da produtividade agrícola, já que sua reversão, pelo aumento de gastos em P&D, é em geral demorado, podendo levar mais de uma década (Fuglie & Schimmelpfennig, 2010).

A criação de conhecimento e inovações em países desenvolvidos pode beneficiar também países em desenvolvimento. No caso da agricultura, contudo, esse *spillover* é dificultado por alguns motivos: 1) existe a necessidade de adaptação das tecnologias importadas às condições ambientais locais; e 2) muitas vezes a pesquisa é necessária para manter os níveis de produtividade, efeito chamado por Olmstead & Rode (2002) de “a maldição da rainha de copas”⁵ e salientado também em Huffman & Evenson (2006) e em Alston et al. (2010a).

Essas características implicam, de acordo com Fuglie (2016), a necessidade do fortalecimento da capacidade local de desenvolver pesquisas voltadas para a adaptação de tecnologia. Isso é sobretudo importante se levarmos em consideração a existência de *lags* relativamente longos entre o momento em que os gastos em P&D são efetuados e o início dos impactos sobre a produtividade agrícola, que só serão sentidos quando as novas tecnologias forem amplamente disseminadas e adotadas entre os produtores.

Apesar do consenso em relação à importância do setor público na produção de conhecimento, na indução da produção de inovações e no fortalecimento da capacidade de adaptação às novas tecnologias, Alston & Pardey (2021) constata-

ram que a presença pública em P&D agrícola varia bastante entre os países. Nos de renda média alta, em 2015, 55,2% da P&D agrícola foi realizada por empresas privadas, parcela semelhante à dos países ricos, mas isso ocorreu principalmente por causa da China. Excluindo a China, a participação privada nos demais países de renda média alta (que inclui o Brasil) foi de 26,8%. Nos países de renda média baixa, a P&D é amplamente realizada no setor público (77,6% em 2015), mas a participação privada aumentou um pouco nas últimas décadas. Já nos países de baixa renda, a participação das empresas privadas foi insignificante na P&D agrícola. (Alston & Pardey, 2021).

Ressalta-se que a trajetória de desenvolvimento da agricultura brasileira está bastante relacionada ao desenvolvimento de conhecimento para a agricultura tropical. Mais especificamente, na década de 1960 o Brasil era um importador de alimentos, com desequilíbrios pelo lado da oferta – baixa produtividade e escassez de alimentos –, além do crescimento populacional e da renda, que pressionava a demanda. Diante daquela situação, o governo criou, em 1973, a Embrapa, que nos anos seguintes conduziu pesquisas para melhoramento genético, melhoria dos solos, manejo integrado de pragas, diversificação da produção na mesma área e engenharia genética. O desenvolvimento e uso do conhecimento pelos produtores locais levaram a aumentos de produtividade e aumento de produção. A experiência brasileira é um exemplo de inovação institucional induzida (Hayami & Ruttan, 1985; Alves, 2010; Vieira Filho, 2018).

Modelo econômico básico para análise do impacto de pesquisa na produtividade agrícola

O arcabouço econômico teórico básico para avaliação do impacto da pesquisa é baseado em um modelo de oferta e demanda em que

⁴ Em algumas áreas (meio ambiente, segurança alimentar, economia e estatística e desenvolvimento comunitário), os incentivos para investimentos pelo setor privado são baixos porque as empresas do setor não conseguem se apropriar dos resultados da pesquisa (Pray & Fuglie, 2015).

⁵ Personagem do livro *Alice no país das maravilhas*, de Lewis Carroll, em trecho que menciona que é necessário correr o máximo possível apenas para ficar no mesmo lugar.

a pesquisa entra como um *shifter* da curva de oferta. Aumentos da variável pesquisa deslocam a curva de oferta para baixo, levando, *ceteris paribus*, a um aumento da quantidade produzida e a preços mais baixos (Alston et al., 2010a; Alston & Pardey, 2021). Os benefícios da pesquisa são avaliados com medidas marshallianas de excedente do consumidor e de excedente do produtor. A distribuição dos benefícios entre produtores e consumidores depende das elasticidades relativas da oferta e da demanda, da natureza da mudança de oferta induzida pela pesquisa e das formas funcionais de oferta e demanda.

Limitações desse modelo incluem o pressuposto de que a elasticidade da oferta é constante ao longo do tempo e as questões distributivas em relação à repartição dos excedentes entre produtores que adotam ou não as novas tecnologias, entre os fornecedores de diferentes fatores de produção e entre as gerações. Pressupõe-se também que a mudança tecnológica é exógena. Isso não é necessariamente um problema quando os resultados de pesquisa podem ser apropriados de graça (Alston & Pardey, 2021). No entanto, esse pressuposto não deve ser utilizado para os casos de pesquisas desenvolvidas por entes privados que possuem direitos de propriedade. Outro pressuposto muitas vezes não realista é o de competição perfeita e ausência de distorções de mercado, embora adaptações para condições de mercados imperfeitos possam ser incorporadas. O modelo pode ser estendido para acomodar o comércio internacional e os *spillovers* para a avaliação dos impactos em medidas de bem-estar para diferentes países e servir de base para a construção de modelos multimercados que permitem a desagregação vertical e horizontal da estrutura de mercado.

A construção da variável estoque de conhecimento e os problemas de atribuição

Considerando os estudos que analisam os efeitos da P&D na produtividade, é convencional usar o conceito de estoque de conhecimento⁶ de pesquisa (Alston et al., 2010c). Esse estoque, contudo, não é diretamente observável e os estudos utilizam como *proxy* uma medida acumulada de investimentos passados para a produção de conhecimento. Essa medida pode refletir gastos ou quantidade. Isto é, usa-se uma medida de insumos como *proxy* para o produto da pesquisa. A construção dos estoques de conhecimento demanda dados dos investimentos em P&D ao longo do tempo e muitas vezes entre diferentes instituições de pesquisa. Muitos desses dados não são facilmente obtidos, sobretudo aqueles sobre financiamento privado de P&D agrícola. Outros, como o investimento público em P&D agrícola, embora mais acessíveis, só estão geralmente disponíveis em séries temporais relativamente curtas.

Uma fonte bastante utilizada para estudos sobre o Brasil são os dados de gastos com a Embrapa (Figura 1) que são usados para construir os estoques de conhecimento. Para compreender o que são esses estoques, é preciso observar que os gastos com P&D, em geral, não têm impacto de um ano para o outro, já que a pesquisa precisa de um certo tempo para ser desenvolvida, um período para que haja sua adoção e que os impactos comecem a ser sentidos. Ao mesmo tempo, depois de sua adoção, o impacto não acontece de uma vez só e nem se restringe a apenas um ano; há um crescimento, uma estabilização e depois de alguns anos começa a haver um declínio do impacto. A construção da variável estoque de capital pretende capturar essa característica dos investimentos em pesquisa. Exemplos de estudo que usaram esse tipo de abordagem serão apresentados adiante.

⁶ Fuglie (2018) também discute a variável que representa o investimento em pesquisa, mas usa o termo “capital do conhecimento”. O autor destaca que a P&D é tratada como um tipo de investimento de capital de longa duração, sujeito a eventual depreciação em razão da obsolescência. O capital do conhecimento difere do capital físico, porque tem um caráter de bem público – não é rival e, mesmo com os direitos de propriedade, é pelo menos parcialmente não excludente.

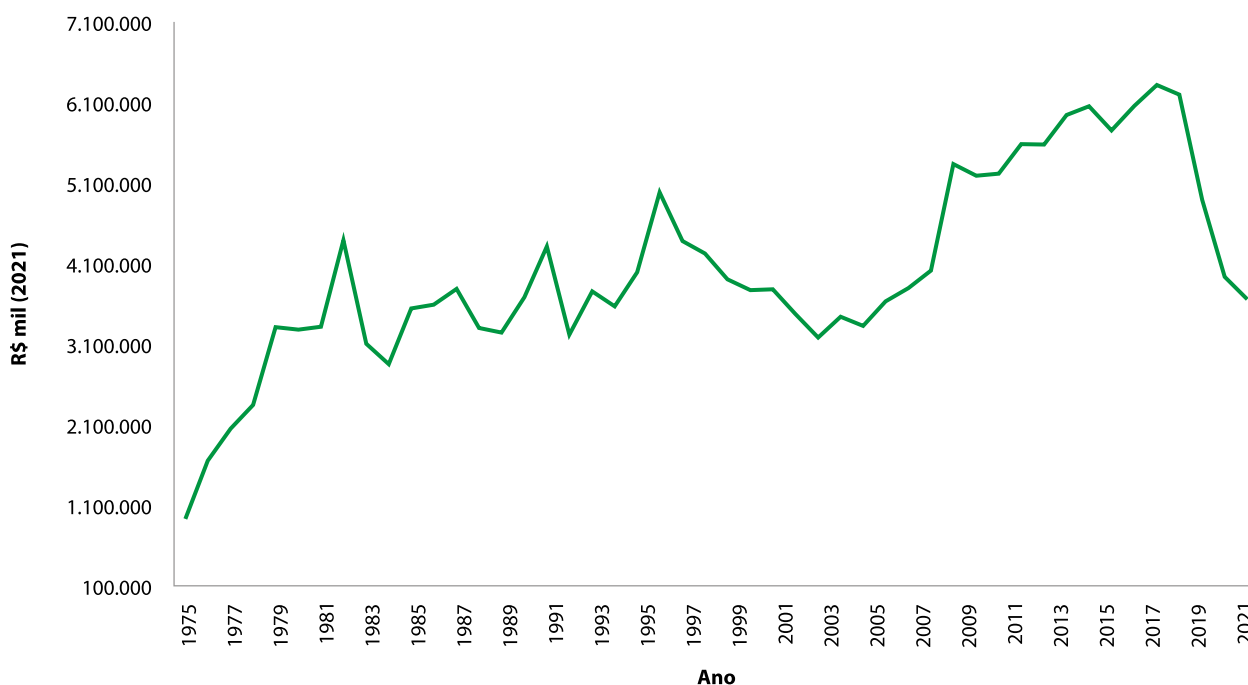


Figura 1. Gastos do governo com a Embrapa para os estoques de conhecimento – em reais de 2021.

Fonte: Portal da Transparência (2021).

Além das características acima, importantes de serem consideradas, a identificação do conjunto relevante de gastos em P&D para a análise não é trivial, por causa dos chamados “problemas de atribuição”, que decorrem da dificuldade em estabelecer qual pesquisa, conduzida por quem e quando, foi a responsável por um aumento específico de produtividade. Ou seja, ao tentar incluir em um modelo os efeitos da pesquisa da produtividade na agricultura, o pesquisador terá dificuldades em tratar dos *spillovers*, que requerem conhecer quem (país, região geográfica ou instituição) conduziu a pesquisa, e em incorporar os *lags*, que exigem saber quando os gastos foram efetuados.

As preocupações em relação ao “quando” existem porque a pesquisa leva muito tempo para afetar a produção e a produtividade, e o efeito geralmente perdura por um longo período. Alston et al. (2010c) apontam que, em geral, os estudos que usam séries de tempo anuais muito curtas têm de impor restrições arbitrárias em relação à estrutura e ao tamanho dos *lags*, levando a estimadores inconsistentes.

No caso do melhoramento convencional do milho, por exemplo, nos primeiros anos os custos são com os processos de pesquisa, desenvolvimento e ajuda para adoção antecipada. Em seguida, há um período para a adoção que começa aos poucos e vai se disseminando até chegar a um período de ápice e depois de declínio. Usando dados estaduais de longo prazo sobre a agricultura dos EUA, Alston et al. (2010b) concluíram, por razões teóricas e empíricas, a favor de um modelo que utiliza a distribuição gama para os *lags* com uma defasagem de pesquisa consideravelmente mais longa do que a da maioria dos estudos anteriores. Os autores consideram necessário um *lag* de pesquisa de pelo menos 35 anos, podendo chegar até 50 anos para a pesquisa agrícola dos EUA.

Para o problema de atribuição, vários elementos podem estar relacionados aos *spillovers* na questão do “por quem” – áreas da ciência, firmas na indústria, indústrias em um país, ou entidades geopolíticas de um mesmo país ou entre países. No caso dos EUA, Alston et al. (2010a) definem o “por quem” como os *spillovers* de tecnologias

entre entidades geopolíticas no país ou *spillover* espacial. Nesse caso, as pesquisas das estações experimentais de pesquisa estaduais de cada estado e os *spillovers* das demais estações de pesquisa estaduais e do Departamento de Agricultura Americano (Usda). A alocação desses *spillovers* entre os diferentes estados pode ser feita baseada na geografia, com *spillovers* maiores para estados próximos ou em uma mesma região, ou baseada em índices agroecológicos de similaridade compostos pela produção específica de cada estado.

Estudos empíricos internacionais

Dois grupos de pesquisa, o *Economic Research Service* (ERS) do Usda e o *International Science Technology Practice and Policy* (InSTePP) da Universidade de Minnesota, têm contribuído para a literatura através da disponibilização de dados de investimento em pesquisa, além da construção de índices de insumo, produto e PTF para o mundo e países separadamente. Recentemente esses dois grupos alimentaram um debate interessante sobre a hipótese de desaceleração da taxa de crescimento da PTF.

O debate entre ERS e InSTePP

Com relação aos estudos internacionais sobre produtividade e P&D, esses dois grupos de pesquisa se destacam pelos dados levantados e variáveis construídas. O InSTePP conduz uma série de estudos internacionais sobre agricultura, saúde, propriedade intelectual, P&D e inovação e disponibiliza dados de gastos com P&D por grupos de faixa de renda de países e, dentro de cada faixa de renda, para alguns países selecionados, entre eles o Brasil. Philip Pardey, o diretor do instituto, e Julian Alston, um dos colaboradores, possuem uma extensa lista de publicações sobre investimento em P&D e produtividade, com destaque para os estudos sobre os EUA, apresentados adiante.

O ERS possui uma tradição de estimar a produtividade da agropecuária, não apenas para os EUA, mas para vários países, utilizando uma base de dados própria disponibilizada ao público.

Dados sobre os gastos/investimentos públicos e privados em P&D agrícola para os EUA e internacionais também são sistematizados pelo grupo.

Entre esses dois grupos, há um debate interessante em relação à produtividade da agropecuária no mundo. Esse debate começou em 2007, quando o desequilíbrio entre oferta e demanda global de commodities elevou os preços mundiais, o que estimulou a discussão sobre uma possível desaceleração da taxa de crescimento da produtividade agrícola e suas possíveis consequências, especialmente para os países pobres.

Enquanto representantes do InSTePP tendem a apontar para a desaceleração do crescimento da produtividade nas últimas décadas, os do ERS tendem a apontar o contrário. Por exemplo, enquanto Alston et al. (2009) concluem pela queda das taxas de crescimento de várias culturas no mundo, Fuglie et al. (2017), do ERS, citam estudo anterior de Fuglie & Nin-Pratt (2013) que não aponta a mesma tendência. Para os países em desenvolvimento, eles mostram, ao contrário, que houve aceleração da PTF. Já para os países de alta renda, embora o crescimento da produção agrícola tenha caído nas últimas décadas, isso não implica necessariamente desaceleração da produtividade. Isso, porque nesses países tem havido redução dos recursos terra e mão de obra na agricultura, e a desaceleração do crescimento da produção pode simplesmente estar refletindo uma taxa mais rápida de queda do uso desses recursos.

Em estudos mais recentes, o grupo do InSTePP continua demonstrando a tendência de queda. Por exemplo, Alston & Pardey (2021), ao analisarem a produtividade da terra e do trabalho e os rendimentos dos cereais para o mundo como um todo, e para a China separadamente, em dois períodos (1961–1985 e 1986–2018), mostram queda na produtividade da terra e do trabalho, sobretudo depois de 1985. Analisando o rendimento dos grãos, o estudo revela que em 75,6% dos países de alta renda o crescimento recuou entre 1986 e 2018 em relação a 1961–1985. O mesmo ocorreu com 85% dos países da Europa Oriental e Ásia Central, 67% dos da América Latina e Caribe e 50% dos países da Ásia e Pacífico. Para esses autores, estudos que

encontram crescimento positivo da produtividade usam dados da Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division (Faostat), cujas qualidade e cobertura de seus índices de produto e sobretudo de insumos podem estar comprometendo a estimação dos resíduos, apesar da cobertura mundial e de poderem ser comparáveis para vários países. Citando Abramovitz (1956), que apontou que a produtividade é sempre a parte não explicada do resíduo, os autores acreditam que os estudos que encontram aceleração da produtividade não estão, na verdade, estimando corretamente esses resíduos.

Gasques et al. (2016) contribuem para o debate e testam a hipótese de desaceleração da taxa de crescimento da produtividade total dos fatores (PTF) na agricultura brasileira para o período 1975–2014. A conclusão foi na direção do grupo do ERS. Isto é, não existem evidências que confirmem tal hipótese, mas, ao contrário, tem havido aumentos da taxa de crescimento da PTF. Mais especificamente, em 1975–1996 a PTF cresceu 3,03% ao ano e em 1997–2014, 4,28%. Esse padrão decorreu, sobretudo, dos investimentos em pesquisa, da descoberta de novas tecnologias, das políticas econômicas e agrícolas mais favoráveis à produção, do crescimento do mercado interno, da maior inserção do Brasil no mercado internacional de produtos agrícolas e do comportamento dos preços dos insumos.

Estudos comparativos internacionais sobre o impacto da P&D no crescimento da PTF

Passando para os estudos sobre o impacto da P&D na produtividade, Fuglie (2018) avalia como os investimentos em P&D agrícola afetaram o crescimento da produtividade na agricultura mundial. Com base em dados históricos sobre gastos públicos em P&D de 150 países, do setor privado e do consórcio CGIAR de centros de pesquisa agropecuária, foram construídas estimativas do estoque de capital de P&D acumulado, que, posteriormente, foram utilizadas em uma meta-análise baseada em 44 estudos. Com a estimação

de elasticidades médias de P&D para as diferentes fontes (pública, privada e CGIAR) e para diferentes regiões globais, a conclusão é que a elasticidade para o capital público nacional de P&D foi de 0,18 em média, considerando-se o mundo como um todo – maior para países desenvolvidos (0,27) e significativamente menor para a África Subsaariana (0,13).

Para os países em desenvolvimento, Avila & Evenson (2010) estimam o crescimento da PTF com dados da Faostat. Os autores constroem índices de capital tecnológico para a agricultura e os relacionam ao crescimento da PTF e a outros indicadores. As maiores taxas de crescimento foram do leste da Ásia, seguido pelo sul da Ásia e pelo Cone Sul, na América do Sul; e as menores, da África do Leste e Central. Os autores desenvolveram dois tipos de indicador tecnológico de capital: i) um indicador de imitação baseado em programas de extensão e em escolaridade; e ii) um indicador de inovação baseado em investimentos na pesquisa agrícola (considerando principalmente os do setor público) e investimentos de P&D industrial (considerando principalmente os do setor privado). Os resultados mostram uma grande correlação entre os dois indicadores e sugerem que capital para inovação contribui mais para a PTF do que capital para imitação. No exercício de decomposição da PTF, foram identificadas as seguintes fontes de crescimento: adoção de variedades modernas da Revolução Verde, escolaridade e dieta dos produtores. A conclusão principal é que é necessário usar capital tecnológico para aumentar a PTF e reduzir custos, implicando mais investimentos nos sistemas de pesquisa agrícola, em P&D industrial e na escolaridade dos produtores.

Estudos sobre os impactos da pesquisa no crescimento da PTF por país

Um dos principais estudos sobre o impacto da P&D no crescimento da PTF, considerando somente um país, é o de Alston et al. (2010a), que usa dados de gastos das instituições de pesquisa de 48 estados norte-americanos (considerando

as pesquisas do Usda como se fosse o 49º estado) e considera os gastos com extensão. Os autores adotam um índice de Fisher para construção da PTF por estado e a utilizam como variável dependente em um modelo de regressão com variáveis explicativas representantes do investimento em pesquisa para cada estado, dos *spillovers* estaduais (entre um dado estado e os outros 47, além do Usda) e da extensão. Mais especificamente, os gastos com extensão por estado e seus potenciais *spillovers*.

Os autores fizeram uma série de testes em relação à forma funcional a ser utilizada e ajustaram a variável estoque de conhecimento com o uso de distribuições gama e trapezoidal, sob diferentes tamanhos do *lag* (20, 35 ou 50 anos). Também foram feitos testes para a distribuição da variável extensão, se gama ou geométrica, e para os tamanhos dos *lags* (20, 25 ou 50). Testes adicionais foram efetuados para a separabilidade das variáveis pesquisa e extensão. Ao final, optaram por agregar as variáveis pesquisa e extensão, pela forma funcional logarítmica, pela distribuição gama com um *lag* de 50 anos. Os resultados do impacto do investimento em pesquisa no crescimento da PTF foram de que as elasticidades próprias dos investimentos em pesquisa e extensão dos estados variaram entre 0,25 e 0,35, e as elasticidades cruzadas (*spillovers*), entre 0,19 e 0,36.

Também com enfoque nos EUA, Fuglie et al. (2017) fazem uma revisão das pesquisas recentes sobre tendências do crescimento da agricultura e o papel das políticas, entre elas o investimento em pesquisa. Essas pesquisas apontam para o fato de que praticamente todo o crescimento do produto nos últimos 70 anos decorre de aumentos de produtividade e que o investimento em P&D público

foi responsável pela maior parte desse crescimento⁷. Os autores apontam, porém, para o crescente questionamento do papel do investimento público em pesquisa para a produtividade futura, dados o fortalecimento da participação da P&D privada desde a década de 1980 e a importância dos *spillovers* de conhecimento da nova biologia e da pesquisa desenvolvida em outros países.

Outras considerações importantes são feitas com relação à forte concentração de mercado nas diferentes áreas do setor agrícola;⁸ à falta de consenso em relação à desaceleração do crescimento da agricultura americana ao longo do tempo; às robustas evidências sobre a complementaridade entre a P&D agrícola pública e privada; e, por fim, à falta de uma conexão direta entre o fortalecimento dos direitos de propriedade intelectual (DPIs) e os resultados de pesquisa na agricultura, embora a evidências sugere que os DPIs levam a mais investimentos em P&D.

Para avaliar como diferentes formas de financiamento podem impactar a PTF nos EUA, Huffman & Evenson (2006) examinam em nível estadual (State Agricultural Experiment Station-Saes) o papel do financiamento federal ou dos *competitive grants* para a produção de pesquisa e inovação. Outro destaque do estudo é a forma como as variáveis estoque de patentes e de capital são construídas para investigar o impacto da pesquisa privada. São empregados dados sobre o fluxo anual de todas as patentes agrícolas privadas concedidas, tanto aos inventores nacionais quanto aos estrangeiros, em quatro áreas: lavouras e seus serviços; frutas e vegetais; hortaliças e produtos de estufa; e pecuária e seus serviços. Para cada estado, são aplicados pesos baseados na produção local para cada uma das áreas. Para

⁷ Esses estudos incluem o período em que os gastos privados em P&D, particularmente para pesquisa em biotecnologia de sementes, estavam aumentando rapidamente e mostram que os retornos da pesquisa agrícola pública permanecem altos mesmo com a transformação do cenário da inovação agrícola nos EUA. As estimativas da taxa interna marginal de retorno (TIR) para a pesquisa agrícola pública variaram entre 17% e 67%. Diferentes metodologias influenciam os resultados, e isso é a causa dessa grande variação.

⁸ Impulsionada por diferentes razões relacionadas à reestruturação das indústrias de sementes, químicos, farmacêuticos veterinários e máquinas. No caso de sementes, a concentração resultou da necessidade de combinar uma série de ativos tecnológicos complementares, como germoplasma, traços geneticamente modificados e instrumentos biotecnológicos. No caso de farmacêuticos veterinários, foi o desenvolvimento da indústria de farmacêuticos humanos. Já para as máquinas, a concentração foi causada pela reorganização do sistema produtivo que passou a usar menos, mas mais potentes e eficientes, máquinas, depois de um período de recessão econômica. Para os químicos, as novas regulamentações para teste de saúde e segurança fizeram com que as empresas que não tinham capacidade para atender aos requisitos saíssem da indústria.

a variável de capital de pesquisa agrícola privada, são também aplicados pesos criados com base em uma distribuição trapezoidal, considerando um período de 19 anos. Os principais resultados são que o financiamento federal tem maior impacto sobre o crescimento da PTF do que os *competitive grants*, a elasticidade da PTF em relação à pesquisa agropecuária pública é de 0,197 e, em relação à extensão, de 0,156. Apesar de a variável pesquisa privada não ser significativa no modelo, esse é um dos primeiros exemplos de estudo que constrói uma variável para representar a P&D privada usando patentes.

Outro exemplo de estudo para um país, a Indonésia, é o de Rada et al. (2011), que usa dados de painel em nível de províncias, no período de 1985 a 2005. Com um modelo de fronteira de distância, os autores avaliam como algumas políticas governamentais afetam a produtividade agrícola. São examinados os impactos na eficiência produtiva de três tipos de política: investimento de capital em transportes, representado pela densidade das estradas; investimento em capital humano, capturado pelas taxas de alfabetização; e investimento de capital de conhecimento na agricultura, representado pelos gastos com pesquisa. Os resultados apontam para uma taxa de crescimento anual de 2,2% da PTF e para a maior importância do investimento em capital humano.

Mensuração dos benefícios e das taxas internas de retorno da pesquisa agrícola

Alguns estudos da literatura internacional, além de estimar a produtividade e analisar o impacto dos investimentos em pesquisa, têm por objetivo calcular os benefícios da pesquisa e seus custos para chegar a uma razão benefício-custo. Alston et al. (2011), depois das análises sobre a PTF, estimam os benefícios brutos anuais da pesquisa (GAR) em nível estadual. As estimativas apontam

para uma razão custo-benefício de 2,4:1 a 57,8:1, dependendo do estado, ou para 21,0:1, em média. Com relação à taxa interna de retorno (IRR), as estimativas estaduais variam de 7,4% a 27,6%, com média de 18,9% ao ano. Usando uma metodologia alternativa de taxa interna de retorno modificada (MIRR), desenvolvida em Kierulff (2008), esses valores foram revisados para baixo. Isto é, para um intervalo de 4,8% a 11,4%, dependendo do estado, e para 8,8% ao ano, em média.

Outros exemplos de cálculo da razão benefício-custo para os investimentos em pesquisa são os de Alston et al. (2020, 2022).⁹ A partir da compilação de um extenso conjunto de estudos com estimativas comparáveis de retornos para a pesquisa do CGIAR e para seus parceiros de pesquisa nos países de baixa e média rendas, os autores derivaram medidas padronizadas de razão benefício-custo. Em seguida, baseado em um subconjunto dos estudos do CGIAR, eles avaliaram se os altos retornos da pesquisa justificam os investimentos no CGIAR. Por fim, o valor agregado do crescimento total da produtividade dos fatores é calculado para o período de 1961 a 2020, e esse valor é usado como uma aproximação para benefícios sociais do crescimento da produtividade agrícola em termos monetários. Todas essas três abordagens apontam para a alta lucratividade geral dos investimentos no CGIAR.

Estudos empíricos sobre o Brasil

Um dos primeiros estudos sobre produtividade e seus determinantes no Brasil é o de Avila & Evenson (1995), que adota o índice de Tornqvist-Theil para estimar a PTF para diferentes regiões, com dados dos censos de 1970, 1975, 1980 e 1985, considerando culturas temporárias e permanentes, pecuária, para ambas agregadas. Os resultados da PTF indicam que, em 1970–1985, a região Centro-Oeste foi a que experimentou o maior crescimento anual, 3,80%, seguida por Sudeste

⁹ Esses estudos foram desenvolvidos para avaliar os impactos das pesquisas do Consortium of International Agricultural Research Centres (CGIAR) (Alston et al., 2020, 2022; Baldos et al., 2021; Fuglie, 2021). O CGIAR é uma parceria global de pesquisa. As pesquisas são feitas por 15 centros CGIAR em colaboração com vários parceiros, incluindo institutos de pesquisa nacionais e regionais, organizações da sociedade civil, academia, organizações de desenvolvimento e setor privado.

(3,06%), Nordeste (1,60%), Sul (1,46%) e Norte (1,31%). Quanto aos determinantes da PTF, foram utilizados dados do censo por microrregião, e os determinantes da produtividade são o investimento em pesquisa pública feito pela Embrapa e pelas instituições estaduais de pesquisa, a extensão e o investimento em infraestrutura. Além dessas variáveis, o estudo inclui uma variável de P&D do setor industrial, que desempenha importante papel na condução de pesquisas de melhoramento de insumos agrícolas.

A variável investimento em pesquisa é considerada uma *proxy* para estoque de conhecimento e é construída com um *lag* de 20 anos, admitindo-se que o investimento começa a impactar só depois de quatro anos e atinge seu potencial aos oito. Para a construção dessa variável, são utilizados dados da Embrapa. O estoque de conhecimento foi então alocado entre as microrregiões brasileiras, com base em condições climáticas e considerações sobre áreas prioritárias. Para as instituições estaduais de pesquisa, há uma variável separada. Além disso, foi construída uma variável de estoque para extensão. Pressupõe-se, nesse caso, que a extensão ajuda a acelerar a adoção da tecnologia e que, depois de três anos, seu impacto é nulo. A variável P&D industrial considera o número de invenções do setor industrial.

Essas variáveis “explicam” metade do crescimento da PTF. A principal contribuição para o crescimento vem dos Programas de Pesquisa da Embrapa: de 6% a 12% do crescimento (9% quando lavoura e pecuária são agregadas). A contribuição da P&D do setor industrial foi semelhante. As instituições estaduais de pesquisa contribuíram com aproximadamente 5% do crescimento, e a extensão com 3%, em 1970–1985.

Outro esforço de decomposição dos determinantes da PTF é feito em Pessôa & Bonelli (1997). Esse estudo faz primeiramente um histórico do desenvolvimento agrícola e da pesquisa agrícola no Brasil e da evolução recente dos gastos com pesquisa, com especial atenção aos benefícios econômicos da pesquisa agrícola e do papel do governo no financiamento da pesquisa. Em seguida, são estimados os retornos da pesquisa agrí-

cola no Brasil com dados estaduais para os anos censitários de 1975, 1980 e 1985, com o uso de uma função de produção tipo Cobb-Douglas. As variáveis dependente e explicativas são, respectivamente, a produção agrícola e o nível de emprego, a área plantada, os gastos com pesquisa da Embrapa e o estoque de máquinas agrícolas. Uma outra especificação considera rendimentos como variável dependente. Os resultados das diferentes estimações mostram que a elasticidade do gasto com pesquisa varia entre 0,18 e 0,31. Uma das conclusões é que, independentemente dos modelos testados, os investimentos em pesquisa geram retornos muito elevados, seja em termos de produção, seja em termos de rendimentos.

Com uma série temporal mais longa, Gasques et al. (2004) estimam a PTF para 1975–2002 e analisam os condicionantes do crescimento da produtividade. Os dados são anuais de pesquisas do IBGE – Produção Agrícola Municipal, Anuário Estatístico e Pesquisa Nacional de Amostras por Domicílio – e da Fundação Getúlio Vargas. Para a estimação da PTF, adotaram o índice de Tornqvist e calcularam um crescimento anual de 3,30%. Os autores usaram o modelo de autorregressão vetorial (VAR) e consideraram as variáveis gastos em pesquisa, crédito rural e relação de trocas (relação entre preços recebidos pelos agricultores e preços pagos pelos insumos adquiridos) como possíveis determinantes da PTF.

O uso do VAR possibilita que sejam obtidas as elasticidades de impulso para k períodos adiante, as quais permitem a avaliação do comportamento das variáveis em resposta a choques individuais em cada um dos componentes do modelo. A metodologia VAR possibilita a decomposição histórica da variância dos erros de previsão em porcentagens a serem atribuídas a cada variável componente do modelo e, assim, permite avaliar o poder explicativo de uma variável sobre as demais. Os valores obtidos indicam que uma variação de 1% nos gastos em pesquisa tem impacto da ordem de 0,17% na PTF; já o crédito rural tem impacto de 0,06%. Posteriormente, Gasques et al. (2008) fazem uma atualização, para 1975–2005, e encontram um crescimento de

2,51% para a PTF. Os resultados indicam que 1% de aumento nas variáveis pesquisa e relações de troca implicam um incremento de 0,35% e 1,5% da PTF, respectivamente.

Finalmente, numa atualização mais recente, Gasques et al. (2021) analisam o impacto da pesquisa, do crédito rural, das exportações e das relações de troca na PTF. Usaram dados de 1995 a 2019 e estimaram, novamente por um modelo VAR, o efeito nas variações dos determinantes da PTF. Encontram que o aumento de 1% nos desembolsos do crédito rural gera um impacto acumulado, ao longo de dez anos, de 0,25% sobre a PTF. Já para as exportações, o impacto foi de 0,48% e, para a relação de troca, de 0,70%. O impacto da pesquisa da Embrapa no crescimento da PTF foi de 0,51%.¹⁰

Como Gasques et al. (2004, 2021), Bragagnolo & Barros (2015) usaram um modelo econométrico VAR estrutural e analisaram os impactos dos fatores de produção e da PTF no produto agrícola para 1972–2009. Os resultados mostram que a PTF é o fator de maior potencial para aumentar o produto agrícola e que o incremento da PTF gera redução do trabalho agrícola e aumento da área plantada e do emprego do capital. Os autores apontam que, nesse período, a modernização da agricultura com aumento da produtividade influenciou a expansão da fronteira agrícola, o que possibilitou a exploração de novas áreas.

Com enfoque no papel da infraestrutura no crescimento da PTF em 1985–2004, Mendes et al. (2009) consideram como investimentos em infraestrutura aqueles com rodovias, pesquisas, telecomunicações, irrigação e energia elétrica. Os autores estimam a PTF e depois a utilizam como variável dependente em um modelo econométrico, baseado em Zhang & Fan (2004), cujas variáveis explicativas são os diferentes tipos de investimento. Destaca-se que para a variável investimento em pesquisa os autores utilizam o número de empregados da Embrapa. Os resultados apon-

tam que o aumento de 1% nos investimentos em rodovias, energia elétrica, telecomunicações, irrigação e pesquisa eleva a PTF, em média, em 0,72%, 0,15%, 0,31%, 0,20% e 0,43%, respectivamente.

Com dados do censo agropecuário, para 1985–2006, Rada & Valdes (2012) avaliaram o progresso técnico nos subsetores lavoura e pecuária e usaram a participação desses setores para analisá-los também de forma agregada. Foram investigados os efeitos de três políticas públicas (investimentos em infraestrutura, acesso a crédito e investimento em pesquisa) na eficiência técnica. Em relação à metodologia utilizada, os autores optam por um modelo de fronteira estocástica de distância. Esse método permite considerar mais de um produto agregado e a mensuração do crescimento da PTF por tipo de produtor, segundo diferentes graus de eficiência.

Os resultados mostram que o crescimento médio da PTF agrícola nacional foi de 2,55% em 1985–2006. Esse crescimento foi impulsionado pela PTF dos produtores mais eficientes, que experimentaram aumento de 4,4%, na média, com crescimento de 7,1% para pecuária e 2,9% para lavoura. Com relação ao impacto de cada uma das políticas na eficiência técnica, o aumento de 1% no estoque de pesquisa aumenta a diferença no crescimento de produtividade entre produtores na fronteira e produtores médios em 0,20%. Já o incremento de 1% nas variáveis estradas, crédito rural e educação aumenta a eficiência dos produtores médios em relação aos da fronteira em 0,08%, 0,07% e 0,11%, respectivamente.

Estudos sobre investimento em P&D do setor privado

A dificuldade na obtenção de informações sobre os gastos com pesquisa das empresas privadas torna mais difícil avaliar seu impacto sobre a PTF e, por isso, não existem tantos estudos empíricos com esse tipo de análise. Alguns dos artigos aqui apresentados mostram principalmente como

¹⁰ Esse valor, como salientado pelos autores, poderia ser mais alto caso fossem também incluídos os gastos em pesquisa dos institutos de pesquisa, das universidades e do setor privado.

tem evoluído a participação do setor privado nos investimentos em pesquisa no mundo e as subáreas da agricultura mais contempladas com investimentos em pesquisa. Outros têm um enfoque na mensuração das mudanças do bem-estar depois da introdução de variedades transgênicas de soja e milho e na investigação da origem dos fluxos de conhecimento que têm influenciado as inovações na pesquisa privada. Por fim, apresenta-se um estudo recente sobre a pesquisa privada no Brasil.

Com relação à evolução da participação do setor privado nos investimentos em pesquisa, Pray & Fuglie (2015) primeiro comparam a P&D agrícola privada com a pública nas últimas três décadas. Os dados mostram que os investimentos globais na P&D agrícola privada têm crescido mais rapidamente do que os públicos, com 43% de aumento da P&D privada entre 1994 e 2010, em termos reais. Apontam também que o predomínio da P&D privada ocorre na fabricação de alimentos e máquinas agrícolas, enquanto a pública tem se dedicado a temas considerados mais sociais, para os quais os incentivos à P&D agrícola privada são tradicionalmente mais fracos, como meio ambiente e recursos naturais, nutrição e segurança alimentar, economia e estatística e desenvolvimento comunitário.

O estudo destaca que os avanços científicos em biotecnologia, a globalização de alimentos e mercados agrícolas, a proteção legal para propriedade intelectual e as mudanças nas políticas agrícolas e regulatórias foram os principais fatores que levaram a indústria privada a investir em alimentos e P&D agrícola. Um ponto importante é a complementaridade entre as pesquisas desenvolvidas por instituições de pesquisa e universidades e as pesquisas conduzidas pelo setor privado. O aumento da participação do setor privado nos investimentos em pesquisa levou a mudanças nas estruturas de mercado, com a consolidação e o aumento de concentração nos subsetores da agricultura. Esse aumento de concentração, no entanto, não levou ao aumento dos investimentos em pesquisa, a não ser no setor de sementes agrícolas/biotecnologia. Nos demais subsetores – química,

máquinas e saúde animal –, a intensidade de P&D permaneceu constante em 1994–2009.

Para a pesquisa privada no Brasil, os autores mostram que os gastos privados em P&D agrícola passaram de US\$ 50 milhões em 1996 para US\$ 377 milhões em 2012 (em dólares constantes de 2012). Dos gastos com P&D, 74% foram efetuados pela indústria de sementes e biotecnologia, 13% pela indústria de química agrícola, 12% pela de maquinário agrícola e 1% pela de saúde animal. Outro dado importante apontado é a concentração da P&D privada no subsetor de sementes e biotecnologia pelas seis multinacionais estrangeiras – Basf, Bayer CropScience, DowAgroSciences, Dupont-Pioneer, Monsanto e Syngenta.

Diferentemente da literatura examinada acima, Ciliberto et al. (2019) focam a avaliação dos efeitos da introdução de variedades transgênicas disponibilizadas pelo setor privado sobre o bem-estar. Com uma base de dados de uma empresa de marketing com informações sobre as escolhas de sementes para as duas culturas transgênicas mais importantes nos EUA, milho e soja, os autores estimam um modelo de demanda via especificação logit. As estimativas desse modelo permitem inferir a disposição a pagar dos agricultores (WTP) pelas sementes e, mais especificamente, pelas características transgênicas incorporadas nas variedades. A WTP fornece uma aproximação para o excedente total criado pela inovação. Os resultados mostram que a introdução de características transgênicas no milho e na soja, no período de 1996 a 2011, aumentou o excedente total em US\$ 30,6 bilhões. Além disso, usando os prêmios de preços das variedades transgênicas, estima-se que a receita das empresas de sementes cresceu cerca de US\$ 24,3 bilhões, sugerindo então que as empresas inovadoras capturaram a maior parte do excedente criado pela inovação.

Ainda sobre a pesquisa agrícola privada, Clancy et al. (2020) investigam os fluxos de conhecimento agrícola, com especial interesse em analisar os *spillovers* de know-how de setores privados não agrícolas para a agricultura nos EUA. Para isso, os autores usam as informações dos textos sobre patentes – citações de outras patentes, citações de

periódicos e análise dos textos das patentes – para identificar novos termos utilizados e, assim, mapear os fluxos de conhecimento agrícola, considerando subsetores da agricultura: saúde animal, biocidas, fertilizantes, máquinas, plantas e instrumentos de pesquisa. Essa abordagem se diferencia da seguida pela maioria dos estudos sobre *spillovers* entre subsetores da agricultura, como Evenson (1989), ou entre regiões geográficas, como Latimer & Paarlberg (1965) e Khanna et al. (1994).

Os principais resultados do estudo são que os *spillovers* de conhecimento de fora da agricultura são importantes e influentes para a P&D agrícola, em alguns casos tanto quanto aqueles gerados por fontes de conhecimento propriamente agrícolas¹¹, como nos subsetores de saúde animal, fertilizantes e máquinas. Nos três subsetores restantes, as evidências são mistas, em que alguns indicadores sugerem que a maioria do conhecimento se origina fora da agricultura, e outros sugerem que se origina dentro, como no caso do subsetor de plantas, que cita principalmente outras patentes agrícolas e revistas/periódicos de ciências agrícolas. Uma segunda constatação é a de que as fontes propriamente não agrícolas, que são importantes fontes de *spillovers* de conhecimento para a agricultura, estão de certa maneira “próximas” da agricultura.¹²

Para o caso brasileiro, o estudo mais recente é o de Silva Júnior et al. (2019), que investiga a estrutura e a dinâmica dos investimentos privados em P&D agrícola em 1995–2012. Isso é feito com o uso de dados primários coletados em entrevistas estruturadas com representantes de empresas líderes dos setores de insumos agrícolas. Os autores apontam que os mercados de insumos agrícolas no Brasil se tornaram atraentes por causa da maior participação dos produtos agrícolas brasileiros no comércio internacional e do fortalecimento dos direitos de propriedade intelectual.¹³ De acordo com os dados obtidos pelo estudo, em 2012 as empresas priva-

das investiram R\$ 770 milhões (em reais de 2012) em atividades de P&D agrícola no Brasil. O valor foi dividido entre despesas nos setores de sementes e biotecnologias agrícolas (R\$ 547 milhões), máquinas e implementos (R\$ 131 milhões) e agroquímicos (R\$ 92 milhões). Quando consideram o período de 1995 a 2012, os investimentos privados em P&D agrícola no Brasil cresceram cerca de 450%.

Os autores fazem uma análise das patentes depositadas no Brasil e identificam as áreas tecnológicas que ganharam ou perderam relevância em 1995–2012. Os resultados mostram que houve substituição de investimentos em produtos químicos por produtos biológicos, com aumento dos investimentos em tecnologias para melhoramento genético e engenharia, produção de agentes de controle biológico e inoculantes. Parte das patentes da amostra já havia sido depositada em outros países, e isso indica que as atividades de desenvolvimento, e intensivas em conhecimento, com maior demanda por mão de obra qualificada, foram feitas principalmente em países desenvolvidos, nas sedes e laboratórios das empresas multinacionais. Os investimentos privados no Brasil, por sua vez, foram alocados nas etapas finais do processo de inovação. Com relação às patentes depositadas por empresas brasileiras da amostra, elas se concentraram principalmente em tecnologias utilizadas em tarefas específicas da produção agrícola, como preparo do solo, plantio, semeadura, adubação, pulverização e colheita.

Durante o período analisado, apesar de depositarem poucos pedidos de patentes, as organizações públicas mantiveram um papel relevante na pesquisa agropecuária brasileira, especialmente o de fornecedoras de serviços de informação e tecnologia necessários para adaptar as inovações às condições tropicais do País. Esses esforços foram fundamentais para atrair os investimentos das grandes multinacionais do setor de insumos agrícolas.

¹¹ Agroindústria e suas patentes agrícolas, instituições agrícolas de pesquisa, incluindo universidades, e as revistas e periódicos acadêmicos das ciências agrícolas.

¹² Empresas não agrícolas com pelo menos uma patente agrícola e periódicos das áreas biológicas e químicas, por exemplo.

¹³ Sobretudo a partir da implementação da Lei de Propriedade Industrial (Brasil, 1996), da Lei de Proteção de Cultivares (Brasil, 1997) e da Lei de Inovação (Brasil, 2004).

Considerações finais

O conjunto de artigos aqui apresentados permite destacar muitos pontos importantes. O primeiro é a unanimidade, entre os artigos, sobre os elevados retornos da pesquisa agrícola e de seus impactos positivos sobre a produtividade. Em seguida, as preocupações em relação à demanda futura por alimento e, ao mesmo tempo, a necessidade de poupar os recursos naturais, além das preocupações com as mudanças climáticas, que demandarão novas tecnologias para aumentar ou pelo menos manter a produtividade. Diante dessas preocupações, a maioria dos autores coloca a necessidade de acompanhamento da produtividade, sobretudo considerando-se que uma das principais políticas para o aumento da produtividade agrícola é o investimento em pesquisa e que este, uma vez aplicado, precisa de tempo para surtir efeitos.

Para acompanhar a produtividade e avaliar o impacto da pesquisa na produtividade agrícola, a maioria dos estudos empíricos constrói primeiro uma medida de produtividade e, em seguida, aplica técnicas econométricas para estimar modelos de regressão, tendo como variável dependente a medida construída e diversas variáveis explicativas, entre elas o investimento em pesquisa. Em alguns casos, são incluídas também outras variáveis que representam políticas relacionadas ao crédito, ao capital humano e à extensão. Para a medida de produtividade, a qualidade dos dados é um fator crucial para a construção dos índices de produto e insumos. Para a variável que representa os investimentos em pesquisa, é preciso escolher uma especificação que melhor represente os *lags* da pesquisa e, portanto, é necessário inferir a duração dos períodos de gestação da pesquisa – adoção, pico e declínio – e levar em conta que essas informações variam segundo os tipos de pesquisa, regiões e países. Além disso, é preciso avaliar como considerar os *spillovers* de conhecimento que podem vir de diferentes regiões de um país ou de outros países.

Uma importante questão também discutida na literatura é o papel do investimento privado na pesquisa agrícola e como considerá-lo

nos estudos empíricos sobre produtividade. Nas discussões apresentadas aqui, o setor privado tem investido menos do que o setor público, sobretudo por causa da dificuldade de se apropriar dos benefícios da pesquisa agrícola, dadas as características de bens públicos do conhecimento. Mais recentemente, com o fortalecimento dos direitos de propriedade, os avanços científicos em biotecnologia, a globalização dos mercados de alimentos e produtos agrícolas, e com as mudanças nas políticas agrícolas e regulatórias, a indústria privada começou a investir mais em P&D agrícola. Diante desse novo cenário, e considerando as restrições orçamentárias do setor público, é fundamental entender essa participação do setor privado para refletir sobre a criação de incentivos para que as pesquisas públicas e privadas fortaleçam suas complementaridades. Sugere-se que estudos futuros analisem o impacto dos investimentos em pesquisa na PTF incluindo tanto a possibilidade de *spillovers* da pesquisa pública entre as regiões/estados quanto o investimento privado.

Finalmente, é importante destacar que as políticas públicas podem contribuir em diversas frentes para o aumento da produtividade na agropecuária. Conforme mencionado, uma das mais importantes políticas para esse fim é o investimento público em P&D. Mais especificamente, as instituições públicas, além de expandir a fronteira científica, continuam fornecendo novas tecnologias adotadas pelos agricultores, especialmente nos países em desenvolvimento. Exemplos de pesquisa aplicada em que o setor público continua desempenhando um papel de liderança são o desenvolvimento de variedades melhoradas de alguns tipos de cultivos que não sejam commodities; as práticas agrícolas que melhoram a conservação do solo e da água; o manejo integrado de pragas e doenças para cultivos e pecuária; os sistemas integrados de produção agropecuária; e a segurança alimentar.

Além disso, muitos métodos de manejo de pragas e doenças agrícolas e pecuárias dependem de tecnologias que requerem P&D pública juntamente o com apoio para a implementação,

de forma a evitar que essas pragas sejam reintroduzidas. Os resultados de P&D são necessários para apoiar as ações regulatórias do governo, permitindo assim o uso de novas tecnologias, estabelecendo e fazendo cumprir normas sanitárias e fitossanitárias, e garantindo produtos alimentares seguros. O fato de que os retornos sociais são muito maiores do que os retornos privados de P&D indica a forte natureza de “bem público” dos benefícios da pesquisa. Ao mesmo tempo, as políticas públicas podem ser de apoio às pesquisas privadas, por exemplo através de medidas: i) de incentivo à P&D privada, por meio de subsídios ou de prêmios para pesquisas bem sucedidas; ii) que incentivem a criação ou o fortalecimento de instituições que estabelecem e aplicam direitos de propriedade intelectual (DPIs), como patentes e marcas registradas; e iii) para o desenvolvimento de mecanismos que facilitem programas de ação coletiva ou parcerias público-privadas para financiar a P&D. Por fim, são complementares também políticas como o crédito rural e subsídios para a contratação de seguro rural, instrumentos que ajudam o produtor em seu custeio e que podem minimizar as perdas produtivas. É essencial que haja coordenação na implementação de políticas públicas, para que elas atuem de forma complementar e possam ser mais efetivas, garantindo assim a produtividade e a sustentabilidade do setor agropecuário.

Referências

ABRAMOVITZ, M. Resource and output trends in the United States since 1870. *American Economic Review*, v.46, p.5-23, 1956.

ALSTON, J.M.; ANDERSEN, M.A.; JAMES, J.; PARDEY, P.G. Econometric estimation and results. In: ALSTON, J.M.; ANDERSEN, M.A.; JAMES, J.S.; PARDEY, P.G. **Persistence pays: US agricultural productivity growth and the benefits from Public R&D spending**. New York: Springer, 2010a. p.313-352.

ALSTON, J.M.; ANDERSEN, M.A.; JAMES, J.S.; PARDEY, P.G. Models of research and productivity. In: ALSTON, J.M.; ANDERSEN, M.A.; JAMES, J.S.; PARDEY, P.G. **Persistence pays: US agricultural productivity growth and the benefits from Public R&D spending**. New York: Springer, 2010b. p.271-312.

ALSTON, J.M.; ANDERSEN, M.A.; JAMES, J.S.; PARDEY, P.G. Research lags and spillovers. In: ALSTON, J.M.; ANDERSEN, M.A.; JAMES, J.S.; PARDEY, P.G. **Persistence pays: US agricultural productivity**

growth and the benefits from Public R&D spending. New York: Springer, 2010c. p.239-270.

ALSTON, J.M.; ANDERSEN, M.A.; JAMES, J.S.; PARDEY, P.G. The economic returns to U.S. public agricultural research. *American Journal of Agricultural Economics*, v.93, p.1257-1277, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajae/aar044>.

ALSTON, J.M.; BEDDOW, J.M.; PARDEY, P.G. **Mendel versus Malthus: research, productivity and food prices in the long run**. St. Paul: University of Minnesota, 2009. Staff Paper P09-1, InSTePP Paper 09-01 (rev.).

ALSTON, J.M.; PARDEY, P.G. The economics of agricultural innovation. In: BARRET, C.B.; JUST, D.R. (Ed.). **Handbook of Agricultural Economics**. Kidlington: Elsevier, 2021. v.5, p.3895-3980. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.hesagr.2021.10.001>.

ALSTON, J.M.; PARDEY, P.G.; RAO, X. Payoffs to a half century of CGIAR research. *American Journal of Agricultural Economics*, v.104, p.502-529, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/ajae.12255>.

ALSTON, J.M.; PARDEY, P.G.; RAO, X. **The payoff to investing in CGIAR research**. 2020. Disponível em: <https://static1.squarespace.com/static/6346ea27d121155417d78c6a/t/63e57157e347cf41fc8a95ba/1675981149886/Payoff_to_Investing_in_CGIAR_Research_final_October_2020.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2022.

ALVES, E. Embrapa: a successful case of institutional innovation. *Revista de Política Agrícola*, ano19, p.64-72, 2010. Edição especial.

AVILA, A.F.D.; EVENSON, R.E. Total factor productivity growth in agriculture: the role of technological capital. In: EVENSON, R.E.; PRABHU, P. (Ed.). **Handbook of Agricultural Economics: Agricultural Development: Farmers, Farm Production and Farm Markets**. Burlington: Elsevier, 2010. v.4, p.3769-3822.

AVILA, A.F.D.; EVENSON, R.E. Total factor productivity growth in the Brazilian agriculture and the role of agricultural research. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 33., 1995, Curitiba. **Política agrícola e abertura de mercado: anais**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 1995. Editado por: José Garcia Gasques e Rita de Cássia M. T. Vieira.

BALDOS, U.L.C.; CISNEROS-PINEDA, A.; FUGLIE, K.O.; HERTEL, T.W. **Understanding the impacts of CGIAR research on the global geographic distribution of land use, undernutrition and biodiversity**. 2021. Disponível em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/10527.pdf>>. Acesso em: 4 abr. 2022.

BRAGAGNOLO, C.; BARROS, G.S.A.C. Impactos dinâmicos dos fatores de produção e da produtividade sobre a função de produção agrícola. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.53, p.31-50, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-9479005301002>.

BRASIL. **Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004**. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. 2004. Disponível

em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/110.973.htm>. Acesso em: 4 abr. 2022.

BRASIL. **Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996.** Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. 1996. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19279.htm>. Acesso em: 4 abr. 2022.

BRASIL. **Lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997.** Institui a Lei de Proteção de Cultivares e dá outras providências. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19456.htm>. Acesso em: 4 abr. 2022.

BRIGATTE, H.; TEIXEIRA, E.C. Determinantes do produto e da produtividade total dos fatores da agropecuária brasileira. **Revista de Política Agrícola**, ano19, p.5-13, 2010.

CILIBERTO, F.; MOSCHINI, G.; PERRY, E.D. Valuing product innovation: genetically engineered varieties in US corn and soybeans. **The RAND Journal of Economics**, v.50, p.615-644, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/1756-2171.12290>.

CLANCY, M.; HEISEY, P.; JI, Y.; MOSCHINI, G.C. **The roots of agricultural innovation: patent evidence of knowledge spillovers.** Cambridge: National Bureau of Economic Research, 2020. (NBER. Working Paper, 27011). DOI: <https://doi.org/10.3386/w27011>.

EVENSON, R.E. Spillover benefits of agricultural research: evidence from U.S. experience. **American Journal of Agricultural Economics**, v.71, p.447-452, 1989. DOI: <https://doi.org/10.2307/1241609>.

FUGLIE, K. R&D Capital, R&D Spillovers, and productivity growth in world agriculture. **Applied Economic Perspectives and Policy**, v.40, p.421-444, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1093/aep/ppx045>.

FUGLIE, K. The growing role of the private sector in agricultural research and development world-wide. **Global Food Security**, v.10, p.29-38, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2016.07.005>.

FUGLIE, K.; CLANCY, M.; HEISEY, P.; MACDONALD, J. Research, productivity, and output growth in U.S. agriculture. **Journal of Agricultural and Applied Economics**, v.49, p.514-554, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1017/aae.2017.13>.

FUGLIE, K.; NIN-PRATT, A. Agricultural productivity: a changing global harvest. In: 2012 GLOBAL Food Policy Report. Washington: International Food Policy Research Institute, 2013. p.15-28.

FUGLIE, K.; SCHIMMELPFENNIG, D. Introduction to the special issue on agricultural productivity growth: a closer look at large, developing countries. **Journal of Productivity Analysis**, v.33, p.169-172, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11123-010-0168-0>.

FUGLIE, K.O. **Documentation and methods: Methodology for measuring international agricultural total factor productivity (TFP) growth.** Washington: Usda, 2021.

GASQUES, J.G.; BACCHI, M.R.P.; BASTOS, E.T.; VALDES, C. PTF e impactos de políticas públicas. **Revista de Política Agrícola**, ano30, p.72-77, 2021. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1742>>. Acesso em: 10 dez. 2022.

embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1742>. Acesso em: 10 dez. 2022.

GASQUES, J.G.; BACCHI, M.R.P.; RODRIGUES, L.; BASTOS, E.T.; VALDES, C. Produtividade da agricultura brasileira: a hipótese da desaceleração. In: GASQUES, J.G.; VIEIRA FILHO, J.E. (Org.). **Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade.** Brasília: Ipea, 2016. p.143-163.

GASQUES, J.G.; BASTOS, E.T.; BACCHI, M.P.R.; CONCEIÇÃO, J.C.P.R. da. **Condicionantes da produtividade da agropecuária brasileira.** Brasília: Ipea, 2004. (Ipea. Texto para discussão, 1017). Disponível em: <https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_1017.pdf>. Acesso em: 10 de dez. 2022.

GASQUES, J.G.; BASTOS, E.T.; BACCHI, M.R.P. Produtividade e fontes de crescimento da agricultura brasileira. In: DE NEGRI, J.A.; KUBOTA, L.C. (Ed.). **Políticas de Incentivo à Inovação Tecnológica.** Brasília: Ipea, 2008. p.435-459.

GASQUES, J.G.; BASTOS, E.T.; VALDES, C.; BACCHI, M.R.P. Produtividade da agricultura brasileira e os efeitos de algumas políticas. **Revista de Política Agrícola**, ano21, p.83-92, 2012. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/248/208>>. Acesso em: 10 dez. 2022.

GASQUES, J.G.; BASTOS, E.T.; VALDES, C.; BACCHI, M.R.P. Produtividade da agricultura: resultados para o Brasil e estados selecionados. **Revista de Política Agrícola**, ano23, p.87-98, 2014. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/943>>. Acesso em: 10 dez. 2022.

GRILICHES, Z. Research expenditures, education and the aggregate agricultural production function. **American Economic Review**, v.54, p.961-974, 1964.

GRILICHES, Z. The sources of measured productivity growth: United States agriculture, 1940-60. **Journal of Political Economy**, v.71, p.331-346, 1963. DOI: <https://doi.org/10.1086/258782>.

HAYAMI, Y.; RUTTAN, V.W. **Agricultural development: an international perspective.** Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1985.

HUFFMAN, W.E.; EVENSON, R.E. Do Formula or competitive grant funds have greater impacts on state agricultural productivity? **American Journal of Agricultural Economics**, v.88, p.783-798, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8276.2006.00898.x>.

KHANNA, J.; HUFFMAN, W.E.; SANDLER, T. Agricultural research expenditures in the United States: a public goods perspective. **Review of Economics and Statistics**, v.76, p.267-277, 1994. DOI: <https://doi.org/10.2307/2109881>.

KIERULFF, H. MIRR: a better measure. **Business Horizons**, v.51, p.321-329, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2008.02.005>.

LATIMER, R.; PAARLBERG, D. Geographic distribution of research costs and benefits. **Journal of Farm Economics**, v.47, p.234-241, 1965. DOI: <https://doi.org/10.2307/1236571>.

MACHADO, G.C.; BACHA, C.J.C.; JOHNSTON, F.L. Revisão sistemática dos trabalhos que calculam a PTF da agropecuária brasileira. **Revista de Política Agrícola**, ano29, p.82-93, 2020.

MENDES, S.M.; TEIXEIRA, E.C.; SALVATO, M.A. Investimentos em infra-estrutura e produtividade total dos fatores na agricultura brasileira: 1985-2004. **Revista Brasileira de Economia**, v.63, p.91-102, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-71402009000200002>.

OLMSTEAD, A.L.; RHODE, P.W. The red queen and the hard reds: productivity growth in American wheat, 1800-1940. **Journal of Economic History**, v.62, p.929-966, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0022050702001602>.

PESSÔA, E.G. da S. de P.; BONELLI, R. O papel do Estado na pesquisa agrícola no Brasil. **Caderno de Ciência e Tecnologia**, v.14, p.9-56, 1997.

PORTAL DA TRANSPARÊNCIA. **Execução da Despesa por Órgão:** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2021. Disponível em: <<https://portal.datatransparencia.gov.br/url/7afb04fe>>. Acesso em: 30 jun. 2023.

PRAY, C.E.; FUGLIE, K.O. Agricultural research by the private sector. **Annual Review of Resource Economics**, v.7, p.399-424, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100814-125115>.

RADA, N.; VALDES, C. **Policy, technology and efficiency of Brazilian agriculture**. Washington: Usda, 2012. (USDA. Economic Research Report, 137). DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.2112029>.

RADA, N.E.; BUCCOLA, S.T.; FUGLIE, K.O. Government policy and agricultural productivity in Indonesia. **American Journal of Agricultural Economics**, v.93, p.867-884, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajae/aar004>.

SCHULTZ, T.W. **The economic organization of agriculture**. New York: McGraw-Hill, 1953.

SILVA JÚNIOR, J.J. da; SILVEIRA, J.M.J. da; OLIVEIRA, A.L.R. de; PEREIRA, C.N.; BUENO, C. da S.; PRAY, C.E. Investments in agricultural research and development: recent transformations in Brazil. **Revista Brasileira de Inovação**, v.18, p.89-120, 2019. DOI: <https://doi.org/10.20396/rbi.v18i1.8652914>.

VIEIRA FILHO, J.E.R. Brazilian agriculture: innovation and production distribution. **Revista de Política Agrícola**, ano27, p.18-30, 2018.