

SISTEMAS DE INOVAÇÃO E INFRAESTRUTURA DE PESQUISA: CONSIDERAÇÕES SOBRE O CASO BRASILEIRO

Fernanda De Negri*
Luiz Ricardo Cavalcante**

1 INTRODUÇÃO

A associação entre o desenvolvimento econômico e a produção científica e tecnológica tem sido amplamente reconhecida, seja no âmbito acadêmico, seja no âmbito da formulação de políticas públicas. Os modelos de crescimento e desenvolvimento econômico têm progressivamente incorporado atividades de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) em suas formulações. Isto se verifica tanto nos modelos formais de crescimento econômico (Romer, 1990; Jones, 1995) quanto nas abordagens que discutem os sistemas nacionais de inovação (Dosi *et al.*, 1988; Nelson, 1993).

É amplamente aceita a ideia de que a produção de conhecimento – em universidades, institutos de pesquisa ou nas próprias empresas – é um dos elementos fundamentais para o desenvolvimento econômico. De uma forma geral, as análises sobre países como os Estados Unidos, o Japão, a Coreia do Sul e, mais recentemente, a China têm revelado que os processos bem-sucedidos de desenvolvimento resultam da existência de um amplo parque de pesquisa científica e tecnológica e de sua adequada interação com o setor produtivo.

No Brasil, contudo, a participação relativamente reduzida dos investimentos empresariais no total dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) e a evolução mais acelerada do número de publicações *vis-à-vis* o número de patentes consolidaram a percepção de que as políticas brasileiras de CT&I privilegiariam a produção científica e de que haveria um reduzido nível de articulação entre as universidades, centros de pesquisa e o setor produtivo. Este tipo de percepção levou à formulação, ao longo do período recente, de um conjunto de políticas com foco explícito na inovação, tais como os fundos setoriais e a Lei de Inovação, e ao aperfeiçoamento da legislação relativa aos incentivos fiscais para as atividades de P&D nas empresas.

Em paralelo, ao longo da década de 2000, o volume de investimentos realizados na infraestrutura de pesquisa brasileira cresceu substancialmente, especialmente com os recursos do Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação (MCTI), por meio dos fundos setoriais, mas também com recursos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior do Ministério da Educação (Capes/MEC), das fundações estaduais de amparo a pesquisa e de empresas como a Petrobras.¹ No período entre 2001 e 2010, apenas o Fundo de Infraestrutura (CT-Infra) investiu mais de R\$ 1,7 bilhão na implantação e recuperação da infraestrutura de pesquisa nas instituições públicas no país.

Contudo, é reconhecido o fato de que os níveis de interação entre as universidades e centros de pesquisa e o setor produtivo permanecem reduzidos no país.² Com efeito, apesar dos avanços observados na última década e de alguns casos representativos de sucesso, o diagnóstico proposto por Sutz (2000), que registra um reduzido nível de articulação entre universidades e empresas na América Latina, parece ainda aplicável ao caso brasileiro. Dados consolidados por De Negri *et al.* (2009, p. 29-30) evidenciam que, em um total de 13.433 projetos aprovados no âmbito dos fundos setoriais, somente 1.831 (13,6%) tiveram participação de empresas. Ainda que estes projetos representassem 35,1% dos recursos totais investidos, é evidente o ainda reduzido número de iniciativas que envolvem o setor produtivo. Assim, apesar dos avanços recentes, as universidades e, em particular, a infraestrutura de pesquisa no Brasil, em que pese sua importância e o volume de recursos que

* Técnica de Planejamento e Pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) do Ipea.

** Técnico de Planejamento e Pesquisa da Diset do Ipea.

1. Estudo recente elaborado pelo Ipea analisa os impactos dos investimentos em P&D da Petrobras sobre as universidades e centros de pesquisa no país e mostra sua representatividade no período recente (De Negri *et al.*, 2010).

2. A esse respeito, ver, por exemplo, Viotti (2008) e Suzigan, Albuquerque e Cario (2011).

movimentam, parecem carecer ainda de uma maior articulação com a produção tecnológica e com as atividades de inovação no sistema produtivo.

Os reduzidos níveis de interação entre as universidades, centros de pesquisa e o setor produtivo no Brasil têm sido objeto de recorrentes análises – ver, por exemplo, Suzigan, Albuquerque e Cario (2011). As razões para este baixo nível de interação podem ser encontradas em análises que enfatizam as características do setor produtivo (De Negri, 2012) ou os instrumentos de política que têm sido usados para fomentar este tipo de interação (Viotti, 2008; De Negri *et al.*, 2009; Cavalcante, 2011). Entretanto, a infraestrutura de pesquisa existente no país – que corresponde, neste trabalho, ao conjunto de ativos públicos destinados às atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) existente em universidades e centros especializados³ – não tem sido um objeto recorrente de análises que pretendem contribuir para um melhor desempenho do sistema brasileiro de inovação. A carência de análises desta natureza pode ser atribuída à falta de informações sistematizadas sobre a infraestrutura física de pesquisa disponível no país. Geralmente, análises sobre esta infraestrutura são feitas com base na produção científica brasileira ou por meio de estudos de caso. O tipo de análise proposto neste artigo pode ser fundamental, uma vez que é razoável supor que o adequado desenho da infraestrutura de pesquisa é um dos fatores que contribuem para um melhor desempenho do sistema nacional de inovação.

O objetivo deste trabalho é discutir e levantar algumas hipóteses sobre o papel da infraestrutura de pesquisa no sistema nacional de inovação no Brasil e no processo de desenvolvimento econômico do país. Mais que dar respostas, este trabalho pretende levantar questões para uma agenda de pesquisa sobre as potencialidades e limitações do sistema brasileiro de inovação para contribuir com o desenvolvimento econômico do país no longo prazo. Para tanto, o trabalho está estruturado em mais três seções, além desta introdução. Na seção 2, discute-se o conceito de sistema nacional de inovação e o papel da infraestrutura de pesquisa em seu desempenho. O caso brasileiro é examinado na seção 3. Na quarta seção são apresentadas as considerações finais do trabalho e apontadas questões para a continuidade da pesquisa.

2 INFRAESTRUTURA DE PESQUISA, SISTEMAS DE INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

Esta seção apresenta uma revisão da literatura sobre o papel da infraestrutura de pesquisa nos sistemas de inovação e no desenvolvimento econômico. A infraestrutura de pesquisa científica e tecnológica existente em um país, em particular nas universidades e instituições públicas de pesquisa, é um dos principais componentes do que se chama, na literatura neoschumpeteriana, de sistema nacional de inovação. Procura-se demonstrar, na subseção 2.1, a importância da infraestrutura de pesquisa – especialmente da sua capacidade de interagir com o setor produtivo – no desempenho dos sistemas de inovação e no desenvolvimento econômico, mesmo de países seguidores que enfatizaram, em lugar da produção endógena, a adoção e a difusão de tecnologias em seu processo de *catching up*. Argumenta-se ainda que, no contexto atual, a infraestrutura de pesquisa teria um papel ainda mais relevante que aquele que desempenhou ao longo da segunda metade do século XX. Uma vez que a contribuição da infraestrutura de pesquisa para o desenvolvimento econômico é circunscrita pelas especificidades dos sistemas nacionais de inovação e da própria infraestrutura de pesquisa, reúnem-se, na subseção 2.2, elementos que permitiriam caracterizá-la. Estes elementos estão associados aos graus de concentração e dispersão da infraestrutura de pesquisa e às áreas do conhecimento nas quais esta infraestrutura é especializada, entre outros fatores.

2.1 O papel da infraestrutura de pesquisa

Ao longo das últimas décadas, a compreensão sobre a natureza do processo de inovação tem evoluído de uma concepção tipicamente linear para uma abordagem mais integrada. Esquemáticamente, pode-se distinguir dois modelos interpretativos básicos do processo de inovação.

3. A definição aqui empregada é convergente com o conceito de “public R&D”, que Cohen, Nelson e Walsh (2002) associam a “universities and government reeseach labs”.

- 1) Modelo linear, segundo o qual o processo de inovação ocorreria por etapas sucessivas das atividades de pesquisa básica e pesquisa aplicada para o desenvolvimento experimental e, em seguida, para a produção e comercialização.⁴ Nesse modelo, a manutenção da infraestrutura destinada às atividades de pesquisa básica é considerada uma função do setor público, que também deveria apoiar fortemente a pesquisa aplicada, realizada em institutos nacionais, cabendo às empresas a pesquisa tecnológica.
- 2) Modelo sistêmico, que se apoia em uma concepção mais ampla e complexa do fenômeno da inovação, enfatizando a influência simultânea de fatores organizacionais, institucionais e econômicos nos processos de geração, difusão e uso de CT&I.⁵

Em cada um desses modelos, as proposições de políticas de CT&I assumem diferentes formatos. Enquanto o modelo linear enfatiza a oferta – ou seja, as atividades de pesquisa que transbordariam de maneira espontânea para o setor produtivo –, no modelo sistêmico prevalecem prescrições voltadas para a articulação entre os diversos agentes envolvidos no processo.⁶ Freeman e Soete (1997) argumentam que, enquanto nas décadas de 1940 e 1950 a ênfase das políticas de CT&I recaía sobre a pesquisa básica, nas duas décadas seguintes prevaleceu o foco nas inovações incrementais e, nos anos 1980 e 1990, a difusão tecnológica tornou-se o objeto fundamental das ações propostas. Da mesma forma, Ruivo (1994 *apud* Guimarães, 2006) mostra como as políticas de CT&I também foram influenciadas por estes diferentes paradigmas. Assim, entre meados da década de 1940 até meados da década de 1960, as políticas de CT&I foram fortemente influenciadas pelo modelo linear e baseadas no paradigma de que a ciência seria o motor do progresso. Ainda de acordo com Ruivo (1994 *apud* Guimarães, 2006), nos vinte anos subsequentes, embora o modelo linear ainda prevalecesse, a governança do processo era dada pelo mercado, e a ciência era vista como uma ferramenta para a solução de problemas da competitividade. Por fim, no terceiro período, que se inicia em meados da década de 1980, o modelo torna-se mais complexo e sistêmico, associando a oferta (ciência) com a demanda (mercado). Nesse contexto, a ciência adquire o papel de fonte de oportunidades estratégicas para o desenvolvimento.

Contemporaneamente, o modelo sistêmico tem fundamentado a formulação de políticas de CT&I na maioria dos países com base no conceito de sistema nacional de inovação que, essencialmente, diz respeito a uma rede de instituições públicas e privadas cujas atividades e interações iniciam, importam, modificam e difundem tecnologias. Trata-se, portanto, de um conceito amplo que inclui tanto a infraestrutura de pesquisa quanto empresas, políticas públicas e aparatos regulatórios relativos à inovação e à propriedade intelectual.

Dessa forma, uma visão sistêmica do processo de inovação não deve ser confundida com a priorização das atividades de desenvolvimento tecnológico em detrimento da pesquisa científica. A questão fundamental seria articular a produção científica com a produção tecnológica e com o sistema produtivo do país. Nas palavras de Suzigan, Albuquerque e Cario (2011, p. 9), “as universidades e os institutos de pesquisa produzem conhecimento científico que é absorvido pelas empresas, e estas acumulam conhecimento tecnológico, fornecendo questões para a elaboração científica”. Esta articulação e interação de produção científica com desenvolvimento tecnológico, oferta com demanda de conhecimento, pesquisa básica com aplicada e o desenvolvimento de novos produtos com processos seria, portanto, a chave de um sistema de inovação capaz de alavancar o desenvolvimento econômico dos países. Freeman (1995) demonstra que a fraca infraestrutura científica e tecnológica e seu reduzido relacionamento com o setor produtivo seriam elementos que permitem distinguir os sistemas de inovação latino-americanos dos asiáticos.⁷

4. O documento de referência para a caracterização do modelo linear é Bush (1945).

5. Viotti (2003) menciona ainda o modelo elo de cadeia, que considera a inovação o resultado da interação das oportunidades de mercado e com a base de conhecimentos e capacitações do segmento produtivo, e o modelo de aprendizado tecnológico. Considerado por Viotti (2003) o mais apropriado à compreensão da mudança técnica nos países de industrialização retardatária, o modelo de aprendizado tecnológico é uma extensão do modelo sistêmico.

6. Isso, contudo, tem levado alguns autores a contestar o que chamam de “caricatura” de modelo linear (Balconi, Brusoni e Orsenigo, 2010).

7. Freeman (1995) menciona ainda outros fatores no conjunto das desvantagens dos sistemas de inovação latino-americanos: *i*) o sistema educacional, especialmente a baixa formação de engenheiros; *ii*) a reduzida participação dos gastos empresariais em P&D nos gastos totais; e *iii*) o lento desenvolvimento de sistemas modernos de telecomunicações.

Mazzoleni e Nelson (2005) argumentam que a importância do conhecimento produzido em universidades e instituições de pesquisa no processo de desenvolvimento econômico dos países tem se tornado cada vez maior. Para eles, os processos bem-sucedidos de *catching up* basearam-se em uma conjunção de fatores como: *i*) mobilidade de mão de obra qualificada entre países; *ii*) proteção e subsídios à indústria nascente; e *iii*) um fraco regime de propriedade intelectual que permitia às empresas domésticas apropriarem-se de tecnologias desenvolvidas externamente. Entretanto, na visão de Mazzoleni e Nelson (2005), mudanças regulatórias e institucionais – especialmente no âmbito da Organização Mundial do Comércio (OMC) e do Acordo sobre Aspectos dos Direitos de Propriedade Intelectual Relacionados com o Comércio (TRIPS) – e o maior nível de integração das economias mundiais inviabilizam a utilização de estratégias baseadas nestes componentes. Em particular, medidas de proteção e subsídios à indústria nascente e um fraco regime de propriedade intelectual seriam estratégias pouco viáveis no contexto atual. Assim, cresce a importância das capacitações científicas e tecnológicas locais no processo de aproximação dos países em desenvolvimento aos países centrais. Segundo Mazzoleni e Nelson (2005, p. 11, tradução nossa): “As universidades e os laboratórios públicos locais desempenharão um papel cada vez mais importante como veículos por meio dos quais as tecnologias e formas de organização dos países avançados serão dominadas pelos países em desenvolvimento”.

As proposições de Mazzoleni e Nelson (2005), especialmente aquelas relacionadas à crescente importância da produção científica no desenvolvimento de novas tecnologias, têm sido reafirmadas empiricamente por diversos autores (Cohen, Nelson e Walsh, 2002; Meyer, 2000). Narin, Hamilton e Olivastro (1997) também identificam uma crescente interação da produção científica com a tecnológica ao mostrarem, a partir da análise das patentes registradas no United States Patent and Trademark Office (Uspto), que cresce o número de citações de artigos científicos nestas patentes. Além disso, os autores verificaram que é maior a probabilidade de que as citações se refiram a publicações de pesquisadores da mesma nacionalidade do titular da patente.

2.2 Caracterização da infraestrutura de pesquisa

Conforme evidenciado na subseção precedente, a infraestrutura de pesquisa desempenha um papel fundamental no processo de desenvolvimento econômico. Contudo, as especificidades dos sistemas nacionais de inovação e da própria infraestrutura de pesquisa são fatores determinantes de sua potencial contribuição para o desenvolvimento econômico. Mazzoleni e Nelson (2005) argumentam que programas governamentais de suporte à pesquisa têm sido mais efetivos em casos bem-sucedidos de *catching up* quando: *i*) são orientados a uma comunidade de usuários; e *ii*) são desenhados para resolver problemas relevantes para determinados setores de atividade. Além disso, os autores argumentam que, nos diversos casos bem-sucedidos, a pesquisa pública faz parte de uma estrutura mais ampla destinada a aumentar a produtividade em um setor, envolvendo também educação e treinamento (Mazzoleni e Nelson 2005).

A relevância da infraestrutura de pesquisa científica e tecnológica para a inovação não é uniforme entre os setores. Cohen, Nelson e Walsh (2002) analisam dados coletados pela Carnegie Mellon University sobre a contribuição das universidades e laboratórios governamentais na inovação industrial e concluem que:

- a pesquisa pública é importante, genericamente, em um amplo segmento da indústria de transformação, embora seus impactos mais substantivos sejam em um número limitado de segmentos, sendo o setor farmacêutico o mais importante;
- os canais pessoais de acesso à pesquisa pública (publicações, conferências e interações informais) são mais importantes que os formais (licenças ou acordos); e
- grandes empresas tendem a utilizar mais a pesquisa pública que as pequenas.

Os resultados obtidos por Cohen, Nelson e Walsh (2002) demonstram que especificidades do sistema nacional de inovação condicionam as contribuições potenciais da infraestrutura de pesquisa ao processo de desenvolvimento. A distribuição setorial da atividade econômica, por exemplo, delimita o quanto o setor produtivo poderia se apropriar do conhecimento produzido por um determinado tipo de infraestrutura de pesquisa. É evidente, por exemplo, que a pesquisa básica na área farmacêutica tem escassas possibilidades de aproveitamento em um país onde este setor não existe.

Além das especificidades do sistema de inovação, as próprias características da infraestrutura de pesquisa estão associadas ao nível de interações estabelecidas com o setor produtivo e às suas potenciais contribuições para o desenvolvimento econômico. É evidente, em primeiro lugar, que as áreas do conhecimento em que se detêm competências determinam o tipo de relacionamento que a infraestrutura de pesquisa pode estabelecer com o setor produtivo. Assim, uma infraestrutura de pesquisa que privilegia as ciências da saúde estabeleceria com o setor produtivo um relacionamento distinto de outra cujas competências estivessem concentradas em engenharias. Lemos *et al.* (2010; 2009), ao analisarem a interação da produção científica com as patentes registradas no Uspto, verificaram que algumas áreas do conhecimento, como física, matemática e engenharias, são fontes mais citadas nas patentes que outras áreas. Assim, algumas áreas do conhecimento parecem ter um potencial maior de geração de tecnologias e inovações que outras. Uma infraestrutura de pesquisa especializada, ou mais competitiva, em determinadas áreas do conhecimento pode ter impactos diferentes sobre a capacidade de geração de tecnologia e inovação no setor produtivo.

A existência de ganhos de escala e escopo nas atividades de pesquisa é também um aspecto relacionado à potencial contribuição da infraestrutura de pesquisa para o desempenho do sistema nacional de inovação. Pode-se argumentar que estas economias podem ampliar a eficiência da pesquisa científica e, portanto, dos recursos públicos alocados em seu financiamento. Não obstante suas evidentes implicações sobre as políticas públicas de CT&I, o tema não é consensual. Dundar e Lewis (1995) encontram evidências tanto de economias de escala quanto de escopo nas atividades de ensino e pesquisa das universidades americanas. Bonaccorsi e Daraio (2005), por sua vez, citam uma série de estudos sobre a existência de economias de escala na produção de pesquisa e no ensino, mas alertam para a falta de consenso em relação a isto, uma vez que alguns estudos identificam economias de escala, enquanto outros mostram retornos constantes.

Outro aspecto, relacionado ao anterior, diz respeito aos níveis de concentração da infraestrutura de pesquisa. Uma infraestrutura de pesquisa mais concentrada em um número menor de universidades e centros de pesquisa pode ter um desempenho distinto de outra mais dispersa em um número maior de instituições. No primeiro caso, pode-se supor que o relacionamento com empresas de maior porte seria facilitado, e que maiores ganhos de escala adviriam desta formatação. No segundo caso, ações de difusão tecnológica poderiam ser favorecidas pela dispersão e capilaridade da infraestrutura de pesquisa existente.

Os elementos citados não esgotam os fatores que podem caracterizar a infraestrutura de pesquisa e determinar seu maior ou menor impacto no desempenho do sistema de inovação e no desenvolvimento econômico. Elementos adicionais envolvem as fontes de financiamento empregadas (se estritamente públicas ou se decorrentes da prestação de serviços a agentes privados, por exemplo), o modelo de gestão (mais verticalizado ou marcado por decisões colegiadas, por exemplo) e a atualização tecnológica dos equipamentos disponíveis, entre outros. Diversos destes aspectos podem ainda explicar o grau de utilização da infraestrutura de pesquisa existente.

A necessidade de caracterizar a infraestrutura de pesquisa explica por que vários países, blocos e organismos dispõem de levantamentos sistemáticos sobre o tema. A União Europeia criou o Fórum Estratégico sobre Infraestruturas de Pesquisa (European Strategy Forum on Research Infrastructure – Esfri) e disponibiliza uma base de dados eletrônica com informações sobre infraestruturas de pesquisa e serviços prestados por elas.⁸ O governo australiano produz, desde 2006, um guia sobre a infraestrutura de pesquisa daquele país. A edição de 2011 teve como um dos seus objetivos “identificar áreas em que o investimento público em infraestrutura de pesquisa representaria uma diferença significativa para o desempenho da Austrália em pesquisa e inovação” (Austrália, 2011, p. 4, tradução nossa). Levantamentos desta natureza não apenas permitem um adequado dimensionamento das interações que a infraestrutura de pesquisa pode estabelecer com o restante do sistema nacional de inovação mas também possibilitam um planejamento mais criterioso dos investimentos públicos em CT&I, ao promoverem a integração científica e ao evitarem a sobreposição de esforços.

Na seção subsequente, procura-se, com base nos elementos apresentados, discutir o sistema brasileiro de inovação e sua infraestrutura de pesquisa.

8. Ver: <<http://www.riportal.eu/public/index.cfm>>.

3 O SISTEMA DE INOVAÇÃO E A INFRAESTRUTURA DE PESQUISA NO BRASIL

A literatura sobre a constituição do sistema nacional de inovação no Brasil mostra que, até fins do século XVIII, a ciência no país estava muito defasada em relação à América espanhola (Schwartzman, 1979 *apud* Suzigan e Albuquerque, 2011). Embora a primeira fase de criação de instituições de ensino e pesquisa no país tenha se dado a partir da mudança da corte portuguesa para o Brasil em 1808 (Suzigan e Albuquerque, 2011), as primeiras tentativas relevantes de criar universidades no país surgem na década de 1920, durante aquilo que Suzigan e Albuquerque (2011) denominaram “terceira onda” de instituições de ensino e pesquisa no Brasil. Neste período, são criadas a Universidade do Rio de Janeiro – a partir da reunião de faculdades, como a Escola Politécnica, a Faculdade de Medicina e a de Direito –, em 1920, e a Universidade de São Paulo (USP), em 1934. O caráter tardio da constituição do sistema brasileiro de inovação ajuda a explicar, para Suzigan e Albuquerque (*op.cit.*), algumas de suas limitações na atualidade.

A criação da Campanha Nacional de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes)⁹ e do Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq),¹⁰ no início da década de 1950, marcou o início das ações governamentais explicitamente direcionadas ao apoio às atividades de CT&I no Brasil. Não obstante algumas iniciativas isoladas observadas antes daquele momento,¹¹ a criação destas instituições de fomento sistematizou o padrão de intervenção do governo e estabeleceu as diretrizes norteadoras das ações de diferentes instituições envolvidas nas atividades de CT&I no país. Para Guimarães (2002), a constituição do parque brasileiro de CT&I neste período foi fortemente inspirada pelo modelo linear de inovação. As ações de fomento da Capes e do CNPq foram baseadas no atendimento à demanda dos pesquisadores, levando-se em conta essencialmente o mérito acadêmico e descartando-se considerações adicionais sobre relevância ou priorização de áreas de pesquisa. Ainda de acordo com Guimarães (2002, p. 43), a Capes e o CNPq ainda “conservam com bastante nitidez suas concepções de origem, seja na hegemonia do apoio à pesquisa básica, seja no fomento baseado numa demanda estabelecida num ‘livre-mercado’ de talentos, seja no relacionamento direto com os pesquisadores”.

A evolução da compreensão acerca do processo de inovação provocou uma mudança na estrutura institucional do governo federal e levou, no final da década de 1960, à criação da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) para institucionalizar o Fundo de Financiamento de Estudos de Projetos e Programas, que havia sido estabelecido em 1965. Porém, mesmo que do ponto de vista institucional a FINEP fosse distinta das agências de fomento à pesquisa e de formação de recursos humanos, como a Capes e o CNPq, sua atuação inicial privilegiou a pesquisa científica e foi essencialmente voltada para o financiamento da implantação de programas de pós-graduação nas universidades brasileiras.

A partir da década de 1970, passaram a ser produzidos os Planos Básicos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PBDCT), que buscaram articular as metas e as ações na área de CT&I aos Planos Nacionais de Desenvolvimento (PNDs). No II PBDCT, indicava-se explicitamente como seu objetivo “transformar a ciência e tecnologia em força motora do processo de desenvolvimento e modernização do País, industrial, econômica e socialmente” (Salles Filho, 2003, p. 183). Apesar deste discurso, não restam dúvidas de que as políticas de CT&I desenvolveram-se com base em “interesses e percepções que certamente eram periféricos ao núcleo do modelo de desenvolvimento via substituição de importações” (Viotti, 2008, p. 141). Dessa forma, em que pesem algumas iniciativas de integração entre o setor produtivo e as universidades e centros de pesquisa, prevaleceram, na prática, políticas que se apoiavam no modelo linear de inovação.

Durante a década de 1980, as discussões acadêmicas começavam a repercutir as análises neoschumpeterianas e a disseminar a percepção relativa às limitações do modelo linear, destacando o caráter sistêmico do processo de inovação. Embora o reconhecimento da natureza sistêmica do processo tenha provocado a evidente alteração

9. Mais tarde denominada Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, mantendo a sigla.

10. Depois denominado Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, também preservando a sigla original.

11. Cabe mencionar que, em 1949, foi criado o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), e, em 1950, o Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA) e o Centro Tecnológico da Aeronáutica (CTA).

do discurso e a criação de novas instituições, permaneceram, na prática, as dificuldades de integrar instituições de lógicas e características distintas em projetos unificados. Isto significa que, embora a política enfatizasse a necessidade de articular um sistema nacional de CT&I, os instrumentos que a operacionalizavam mantiveram um modo de atuação que privilegiava a relação individualizada com os agentes.

A partir da década de 1990, cristalizou-se uma visão de que seria preciso incentivar a inovação no setor produtivo no país. Assim, foi promulgada, em 1993, a Lei nº 8.661/1993, que estabelecia as condições para a concessão de incentivos fiscais para a capacitação tecnológica da indústria e da agropecuária, por meio dos Programas de Desenvolvimento Tecnológico Industrial (PDTI) e dos Programas de Desenvolvimento Tecnológico Agropecuário (PDTA). Também no início da década de 1990, as agências de fomento à pesquisa e à formação de recursos humanos passaram a dedicar atenção crescente aos projetos de pesquisas que envolvessem instituições tradicionalmente associadas à produção do conhecimento – tipicamente as instituições de ensino superior e os centros de pesquisa – e o setor produtivo.

No final da década, os fundos setoriais nasceram em função da necessidade de superar a crônica instabilidade da alocação de recursos para o financiamento do desenvolvimento científico e tecnológico e de constituir um mecanismo mais adequado de financiamento às atividades tecnológicas voltadas ao setor produtivo. No documento apresentado na reunião em que se decidiu sobre a criação dos fundos setoriais, no final de 1999, defendia-se que, apesar do sucesso de centros de pesquisa estatais,¹² era necessário disseminar no meio empresarial a prática da inovação como fonte fundamental para a competitividade (Pacheco, 2007). Neste documento, identificavam-se três grandes esforços: *i*) elaborar e implementar uma clara política nacional de ciência e tecnologia (C&T) de longo prazo; *ii*) restabelecer um sistema de incentivo amplo ao desenvolvimento tecnológico empresarial; e *iii*) construir um novo padrão de financiamento capaz de responder às necessidades crescentes de investimentos em C&T (Pacheco, 2007, p. 204). Estes esforços teriam por objetivo “estimular processos mais intensivos de modernização tecnológica nas empresas e criar um ambiente institucional mais favorável ao aprofundamento da cooperação entre os agentes públicos da área de ciência e tecnologia e o setor produtivo” (Morais, 2008, p. 67).

Após a criação dos fundos setoriais, outras modificações importantes no marco institucional foram realizadas durante a década de 2000, tais como: *i*) a promulgação da Lei de Inovação em 2004 (Lei nº 10.973/2004); *ii*) o aperfeiçoamento da legislação relativa aos incentivos fiscais para as atividades de P&D, que passaram a compor o terceiro capítulo da chamada Lei do Bem (Lei nº 11.196/2005); e *iii*) o lançamento de diversos programas e chamadas públicas para apoio a empresas pela FINEP (Morais, 2008, p. 67).

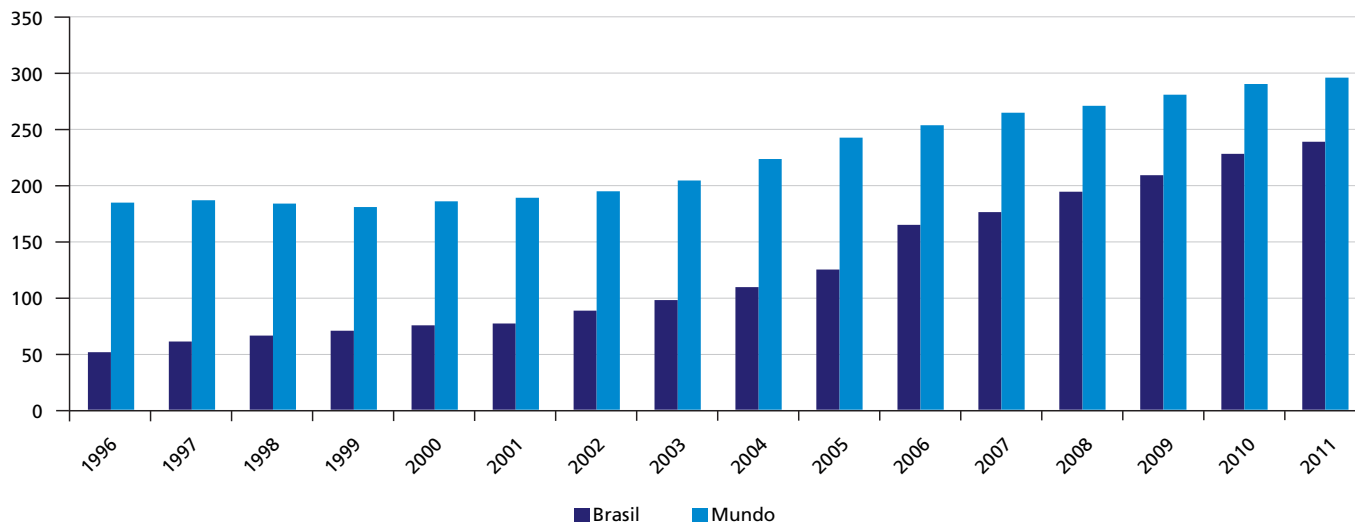
Paradoxalmente, as últimas décadas são marcadas pelo distanciamento entre os indicadores nacionais de produção científica e os de produção tecnológica. A partir de 2006, os estudos brasileiros publicados em periódicos científicos internacionais indexados ao Institute for Scientific Information (ISI) superaram a proporção de 250 artigos por milhão de habitantes (gráfico 1), convergindo para a média mundial e levando a participação do país na produção científica mundial a ultrapassar 2,5% no final da década de 2000. Entretanto, a participação do país nas concessões de patentes depositadas no Uspto – que, a despeito de suas limitações, representa uma *proxy* da produção tecnológica, é da ordem de 0,1% do total mundial. Ao longo de toda a série de dados disponíveis, o Brasil não superou a marca de duzentos patentes por ano, contra alguns milhares da Coreia do Sul no período mais recente. Assim, embora os instrumentos usados pretendessem superar o modelo linear de inovação e adotar uma perspectiva mais sistêmica, há indícios de que o modelo, em vários casos, tenha permanecido “bipolar”, isto é, caracterizado por um polo nas universidades e centros de pesquisa e outro no setor produtivo.¹³

12. Tais como o Centro de Pesquisa da Petrobras (Cenpes), o Centro de Pesquisa de Energia Elétrica (Cepel) e o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD).

13. Esse distanciamento é também explicado pela ênfase proporcionalmente maior que as agências de fomento no Brasil atribuem à produção científica em relação à produção tecnológica. Os critérios adotados pelas agências tendem a incentivar a publicação de artigos em periódicos.

GRÁFICO 1

Artigos publicados em periódicos indexados ao ISI por 1 milhão de habitantes – Brasil e mundo (1996-2011)
(Em unidades)



Fonte: Assessoria de Acompanhamento e Avaliação da Secretaria Executiva do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (ASCAV/SEEXEC/MCTI).

Elaboração: Roberto Dantas de Pinho.

Obs.: para o Brasil, o número de artigos publicados inclui aqueles publicados em parceria com pesquisadores de outros países. Dessa forma, a soma das publicações de todos os países é maior que o total de publicações do mundo naquele período. Isto, contudo, não afeta a análise sobre a evolução do indicador.

Esses dados reafirmam a necessidade de uma maior integração entre a infraestrutura de pesquisa e o setor produtivo no país. Trata-se de uma questão recorrente que caracterizaria, na visão de Albuquerque (2003), os chamados sistemas de inovação imaturos característicos de países em posição intermediária, como o Brasil. Para este autor, a baixa conexão entre ciência (universidades) e tecnologia (empresas) seria um atributo típico do sistema brasileiro de inovação. Segundo Suzigan e Albuquerque (2011, p. 17),

uma das características de sistemas de inovação nessa posição intermediária é a existência de instituições de pesquisa e ensino construídas, mas que ainda não conseguem mobilizar contingentes de pesquisadores, cientistas e engenheiros em proporções semelhantes às dos países mais desenvolvidos.

No caso brasileiro, argumentam os autores, existe um padrão relativamente circunscrito de interação entre universidade e empresas, com apenas pontos localizados de interação entre a dimensão científica e a dimensão tecnológica. Este padrão de interação tem suas raízes históricas no “caráter tardio da criação das instituições de pesquisa e universidades no país”, por um lado, e no “caráter tardio da industrialização brasileira”, por outro (*op. cit.*, p. 19).

De fato, são poucos os exemplos bem-sucedidos de interação da infraestrutura de pesquisa com o setor produtivo no Brasil. Os exemplos comumente citados são:

- a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa);
- o complexo de pesquisas ligado ao setor aeronáutico: o Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA), o Centro Tecnológico da Aeronáutica (CTA) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe);
- a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz); e
- o complexo de pesquisa associado ao setor de petróleo no Rio de Janeiro, do qual fazem parte o Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes) e o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE).

Em todos esses casos, em sua constituição, essas instituições de pesquisa públicas foram orientadas a uma comunidade de usuários e desenhadas para resolver problemas relevantes de determinados setores de atividade, nos termos de Mazzoleni e Nelson (2005). A existência de demandas claramente definidas do setor produtivo contribuiu para que estas iniciativas superassem o *baixo grau de indução* das políticas de CT&I, identificado por Guimarães (2002; 2006).

Entretanto, cabe investigar melhor o que explica o sucesso desses casos localizados de interação da pesquisa científica com o setor produtivo. Cumpre perguntar até que ponto esta interação é responsável pelo bom desempenho de setores como o agropecuário, o petroleiro e o aeronáutico no país. Características distintas do sistema de inovação nestes setores em relação a outros arranjos setoriais talvez possam explicar as diferenças no desempenho do sistema de inovação brasileiro.

Essas e outras questões permanecem, em alguma medida, em aberto. Com base na seção 2, advoga-se, neste trabalho, que as características da infraestrutura de pesquisa podem ajudar a entender as razões da baixa interação entre a dimensão científica e a dimensão tecnológica no país. Mas estas características não são conhecidas por completo, daí porque o Brasil carece de levantamentos como os da União Europeia e da Austrália. Estes levantamentos ajudariam o país a dimensionar mais adequadamente sua infraestrutura de pesquisa, apontariam seu grau de utilização e ampliariam suas possibilidades de conexão com o setor produtivo. Além disso, auxiliariam as instituições de fomento a alocar recursos, evitando a sobreposição de esforços e reduzindo a subutilização dos ativos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS E APONTAMENTOS PARA UMA AGENDA DE PESQUISA

Neste trabalho, discutiu-se, com base na literatura internacional, a relevância da pesquisa científica e tecnológica para o desenvolvimento econômico dos países e a importância da interação da pesquisa realizada nas instituições públicas com o setor produtivo.

A pesquisa científica e tecnológica de excelência depende de uma ótima infraestrutura (instalações físicas, laboratórios, equipamentos etc.), que forneça aos pesquisadores os meios necessários para a realização de investigações de alto nível em seus campos de atuação. Uma infraestrutura de pesquisa moderna e atualizada é fundamental não apenas para a produção de conhecimento novo, mas também para a formação de recursos humanos qualificados e para o desenvolvimento de inovações tecnológicas no setor produtivo. O próprio processo de P&D realizado dentro das empresas deve, em alguma medida, ser complementado e alimentado por pesquisas realizadas em laboratórios governamentais e instituições públicas de ensino e pesquisa. Nesse sentido, a intensidade e a qualidade da interação entre a infraestrutura pública de pesquisa e as empresas é um elemento fundamental para o bom funcionamento do chamado sistema nacional de inovação.

Muito já se falou, no caso brasileiro, a respeito do descolamento existente entre a dimensão científica, por um lado, e a produção de tecnologias e inovações no setor produtivo, por outro. Esta constatação tem sido acompanhada por uma série de análises que abordam tanto as deficiências do setor produtivo brasileiro em absorver o conhecimento produzido pelas instituições de pesquisa quanto as políticas que poderiam alavancar uma maior interação destas duas dimensões. Entretanto, até pela escassez de informações detalhadas, pouco se tem dito a respeito dos gargalos que a própria infraestrutura de pesquisa pode impor a uma maior interação com o setor produtivo.

Para fazer isso, é preciso caracterizar a infraestrutura de pesquisa existente no país, a fim de aprofundar as análises sobre as razões para esse descolamento. A identificação desses gargalos é fundamental para a formulação de políticas de inovação e para o dimensionamento de uma infraestrutura de pesquisa que seja capaz de alavancar a produção de tecnologias e o desenvolvimento econômico do país no longo prazo. Questões relevantes que podem contribuir para esta caracterização referem-se aos seguintes aspectos:

- localização das principais infraestruturas e das principais competências científicas e tecnológicas brasileiras em áreas-chave para o desenvolvimento econômico do país;
- utilização da infraestrutura disponível pelo setor produtivo para a realização de pesquisas, desenvolvimento de produtos, ensaios, testes etc.;
- dificuldades existentes para uma maior integração do sistema de pesquisa com o setor produtivo no Brasil;

- capacidade da Lei de Inovação de remover os obstáculos à ampliação dessa interação;
- situação atual da infraestrutura de pesquisa científica e tecnológica do país, em termos de atualização tecnológica, distribuição geográfica e recursos para investimento e para pesquisa;
- compatibilidade do tamanho e da organização das instituições de pesquisa científica e tecnológica no país com infraestruturas similares existentes em outros países;
- identificação de economias de escala e de escopo na produção científica;
- avaliação da possibilidade de se implantarem políticas que visem alcançar um *tamanho ótimo* dos laboratórios e demais infraestruturas de pesquisa no país;
- papel desempenhado no período recente pelas políticas públicas de CT&I, na ampliação da infraestrutura de pesquisa; e
- influência de variáveis relativas à infraestrutura disponível para a pesquisa – como atualização dos equipamentos, equipe técnica dos laboratórios, entre outras – sobre a produção científica e tecnológica dos pesquisadores.

As respostas a essas questões podem contribuir tanto para melhor planejar e dimensionar investimentos públicos na ampliação da infraestrutura de pesquisa quanto para qualificar melhor as razões da baixa interação da dimensão científica com a tecnológica no país.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, E. **Immature systems of innovation**: introductory notes about a comparison between South Africa, India, Mexico and Brazil based on science and technology statistics. *In*: GLOBELICS CONFERENCE, 1., Rio de Janeiro: GLOBELICS, 2003. Disponível em: <http://redesist.ie.ufrj.br/globelics/pdfs/GLOBELICS_0040_EduardoAlbuquerque.pdf>.
- AUSTRALIA. Department of Innovation, Industry, Science and Research (DIISR). **Strategic roadmap for Australian research infrastructure**. (Discussion Paper). Disponível em: <http://www.innovation.gov.au/Science/ResearchInfrastructure/Documents/2011_Roadmap_Discussion_Paper.pdf>. Canberra: DIISR, 2011.
- BALCONI, M.; BRUSONI, S.; ORSENIGO, L. In defence of the linear model: An essay. **Research policy**, v. 39, n. 1, p. 1-13, Feb. 2010.
- BONACCORSI, A. DARAIO, C. Econometric approaches to the analysis of productivity of R&D systems. **Handbook of quantitative science and technology research**, p. 51-74, 2005.
- BUSH, V. **Science the endless frontier**. Washington: GPO, 1945. Disponível em: <<http://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm>>.
- CAVALCANTE, L. R. Consenso difuso, dissenso confuso: paradoxos das políticas de inovação no Brasil. **Radar**: produção, tecnologia e comércio exterior, Brasília, n. 13, 2011.
- COHEN, W. M.; NELSON, R. R.; WALSH, J. P. Links and impacts: the influence of public research on industrial R&D. **Management science**, v. 48, n. 1, n. 1-23, 2002.
- DE NEGRI, F. Elementos para a análise da baixa inovatividade brasileira e o papel das políticas públicas. **Revista USP**, São Paulo, v. 93, 2012.
- DE NEGRI, F. *et al.* **Perfil das empresas integradas ao sistema federal de CT&I no Brasil e aos fundos setoriais**: uma análise exploratória. Brasília: MCT; FINEP; Ipea; Belo Horizonte: UFMG, 2009. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0221/221093.pdf>.
- DE NEGRI, J. A. *et al.* **Poder de compra da Petrobras**: impactos econômicos nos seus fornecedores. Brasília: Ipea; Petrobras, 2010. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/sites/000/2/livros/2010/Livro_poderdecompra.pdf>.
- DOSI, G. *et al.* (Org.). **Technical change and economic theory**. London: Pinter Publishers, 1988.
- DUNDAR, H.; LEWIS, D. R. Departmental productivity in American universities: economies of scale and scope. **Economics of education review**, v. 14, n. 2, p. 119-144, 1995.
- FREEMAN, C. The 'national system of innovation' in historical perspective. **Cambridge journal of economics**, Cambridge, v. 19, p. 15-24, 1995.

- FREEMAN, C.; SOETE, L. **The economics of industrial innovation**. 3rd ed. Cambridge: The MIT Press, 1997.
- GUIMARÃES, R. Pesquisa no Brasil: a reforma tardia. **Perspectiva**, São Paulo, v. 16, n. 4, p. 41-72, 2002.
- _____. Pesquisa em saúde no Brasil: contexto e desafios. **Revista saúde pública**, v. 40, (n. Especial), 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v40nspe/30616.pdf>>.
- JONES, C. I. R&D-based models of economic growth. **The journal of political economy**, v. 103, n. 4, p. 759-784, Aug. 1995.
- LEMOS, M. B. *et al.* **Fundos setoriais e sistema nacional de inovação: uma avaliação exploratória**. Brasília: Ipea; Belo Horizonte: UFMG, 2009. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/336545.html#lista>>.
- _____. **Contribuição dos fundos setoriais para a mudança na base tecnológica do país**. Brasília: Ipea; Belo Horizonte: UFMG, 2010. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/336545.html#lista>>.
- MAZZOLENI, R.; NELSON, R. **The role of research at universities and public labs in economic catch-up**. Columbia: Initiative for Policy Dialogue, 2005. (Working Paper). Disponível em: <http://policydialogue.org/files/events/Mazzoleni_Nelson_Roles_of_Universities_and_Public_Labs_in_Catch_Up.pdf>.
- MEYER, M. Does science push technology? Patents citing scientific literature. **Research policy**, v. 29, n. 3, p. 409-434, 2000.
- MORAIS, J. M. Uma avaliação dos programas de apoio financeiro à inovação tecnológica com base nos fundos setoriais e na Lei de Inovação. *In*: DE NEGRI, J. A.; KUBOTA, L. C. (Orgs.). **Políticas de incentivo à inovação tecnológica no Brasil**. Brasília: Ipea, 2008.
- NARIN, F.; HAMILTON, K. S.; OLIVASTRO, D. The increasing linkage between US technology and public science. **Research policy**, v. 26, n. 3, p. 317-330, 1997.
- NELSON, R. (Org.). **National innovation systems: a comparative analysis**. New York: Oxford University Press, 1993.
- PACHECO, C. A. A criação dos “fundos setoriais” de ciência e tecnologia. **Revista brasileira de inovação**, v. 6, n. 1, p.191-223, jan./jun. 2007.
- ROMER, P. M. Endogenous technological change. **The journal of political economy**, v. 98, n. 5, part 2, p. s71-s102, Oct. 1990.
- RUIVO, B. ‘Phases’ or ‘paradigms’ of science policy? **Science and public policy**, v. 21, n. 3, 157-164, 1994.
- SALLES FILHO, S. Política de ciência e tecnologia no II PBDCT (1976). **Revista brasileira de inovação**, v. 2, n. 1, p. 179-201, jan./jun. 2003.
- SUTZ, J. The university-industry-government relations in Latin America. **Research policy**, v. 29, n. 2, p. 279-290, Feb. 2000.
- SUZIGAN, W.; ALBUQUERQUE, E. M. A interação universidades e empresas em perspectiva histórica no Brasil. *In*: SUZIGAN, W.; ALBUQUERQUE, E. M.; CARIO, S. A. F. (Orgs.). **Em busca da inovação: interação universidade-empresa no Brasil**. Belo Horizonte: Autêntica, 2011.
- SUZIGAN, W.; ALBUQUERQUE, E. M.; CARIO, S. A. F. (Orgs.). **Em busca da inovação: interação universidade-empresa no Brasil**. Belo Horizonte: Autêntica, 2011. (Coleção Economia Política e Sociedade). Disponível em: <<http://grupoautentica.com.br/download/capitulo/20111121141543.pdf>>.
- VIOTTI, E. B. Brasil: de política de ciência e tecnologia para política de inovação? Evolução e desafios das políticas brasileiras de ciência, tecnologia e inovação. *In*: CGEE – CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICO. **Avaliação de políticas de ciência, tecnologia e inovação: diálogos entre experiências estrangeiras e brasileira**. Brasília: CGEE, 2008.
- _____. Fundamentos e evolução dos indicadores de CT&I. *In*: VIOTTI, E. B.; MACEDO, M. M. (Orgs.). **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação no Brasil**. Campinas: Editora da UNICAMP, 2003.