ipea

Nº24

Radar

Tecnologia, Produção e Comércio Exterior

Diretoria
de Estudos
e Políticas
Setoriais
de Inovação,
Regulação e
Infraestrutura

02 / 2013

ipea
Por um Brasil desenvolvido

ipea

Nº24

Radar

Tecnologia, Produção e Comércio Exterior

Diretoria
de Estudos
e Políticas
Setoriais
de Inovação,
Regulação e
Infraestrutura

02 / 2013

ipea
Por um Brasil desenvolvido

Governo Federal

Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República
Ministro Wellington Moreira Franco

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada à Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiro – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidente
Marcelo Côrtes Neri

Diretor de Desenvolvimento Institucional
Luiz Cezar Loureiro de Azeredo

Diretor de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais
Renato Coelho Baumann das Neves

Diretor de Estudos e Políticas do Estado, das Instituições e da Democracia
Alexandre de Ávila Gomide

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas, Substituto
Cláudio Hamilton Matos dos Santos

Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais
Rogério Boueri Miranda

Diretora de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura
Fernanda De Negri

Diretor de Estudos e Políticas Sociais
Rafael Guerreiro Osorio

Chefe de Gabinete
Sergei Suarez Dillon Soares

Assessor-chefe de Imprensa e Comunicação
João Cláudio Garcia Rodrigues Lima

Ouvidoria: http://www.ipea.gov.br/ouvidoria
URL: http://www.ipea.gov.br

RADAR

Tecnologia, produção e comércio exterior

Editora responsável
Flávia de Holanda Schmidt

Radar : tecnologia, produção e comércio exterior / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura. - n. 1 (abr. 2009) - . - Brasília : Ipea, 2009-

Bimestral
ISSN: 2177-1855

1. Tecnologia. 2. Produção. 3. Comércio Exterior. 4. Periódicos. I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura.

CDD 338.005

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2013

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO **5**

SISTEMAS DE INOVAÇÃO E INFRAESTRUTURA DE PESQUISA: CONSIDERAÇÕES SOBRE O CASO BRASILEIRO **7**
Fernanda De Negri
Luiz Ricardo Cavalcante

SISTEMA DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NO SETOR DE PETRÓLEO E GÁS **19**
José Mauro de Morais
Lenita Turchi

A POLÍTICA DE INOVAÇÃO E A POLÍTICA DE DEFESA: O CASO DA AGÊNCIA DE INOVAÇÃO DARPA NOS ESTADOS UNIDOS **27**
Mansueto Almeida

CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO EM DEFESA: NOTAS SOBRE O CASO DO BRASIL **37**
Flávia de Holanda Schmidt

PANORAMA DAS INOVAÇÕES NA PESQUISA AGRÍCOLA NO BRASIL: O SISTEMA DE PROPRIEDADE INTELECTUAL **51**
José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho
Adriana Carvalho Pinto Vieira

O SISTEMA SETORIAL DE INOVAÇÃO DE TICS NO BRASIL E O SURGIMENTO DE NOVAS FIRMAS **61**
Luis Claudio Kubota
João Maria de Oliveira
Roberto Carlos Mayer

INFRAESTRUTURA DE PESQUISA NO BRASIL: RESULTADOS DO LEVANTAMENTO REALIZADO JUNTO ÀS INSTITUIÇÕES VINCULADAS AO MCTI **75**
Fernanda De Negri
Públio Vieira Valadares Ribeiro

APRESENTAÇÃO

Ao longo dos últimos anos, o Ipea, especialmente por intermédio de sua Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset), tem contribuído de forma consistente para diversos debates relevantes da pauta de políticas públicas voltadas para o desenvolvimento tecnológico do país. A despeito dos avanços que o Brasil experimentou no período recente, ampliar suas taxas de inovação e seu desenvolvimento tecnológico permanece enquanto desafio central e complexo, além de cada vez mais presente na agenda do desenvolvimento econômico.

Assim, a 24ª edição do boletim *Radar: tecnologia, produção e comércio exterior* reúne sete artigos que discutem um tema fundamental para o desenvolvimento tecnológico do país: o Sistema Nacional de Inovação e Infraestrutura de CT&I no Brasil. O tema é aqui examinado sob uma perspectiva inovadora em relação às abordagens anteriores. Esta edição está inserida em um projeto mais amplo da Diset/Ipea, que se dedicará a analisar as potencialidades e limitações do sistema, por meio do diagnóstico e do mapeamento preciso da infraestrutura de pesquisa científica e tecnológica disponível no país. Neste sentido, os artigos que compõem este volume não buscam dar respostas para as diversas questões pertinentes a esta discussão, mas representam antes um esforço dos autores em explorar inicialmente o tema, com o objetivo de levantar hipóteses e novas questões que possam direcionar o desenvolvimento do projeto nos próximos anos.

No primeiro artigo, Fernanda De Negri e Luiz Ricardo Cavalcante formulam hipóteses sobre o papel da infraestrutura de pesquisa, não somente no Sistema Nacional de Inovação, mas também no processo de desenvolvimento econômico do Brasil. O trabalho dos autores fornece elementos para se compreender por que a intensidade e a qualidade da interação entre a infraestrutura pública de pesquisa e as empresas são componentes essenciais para o bom funcionamento do sistema.

Após o trabalho inicial, de natureza mais geral, os cinco artigos seguintes adotam um foco setorial. Os setores abordados foram selecionados por corresponderem a algumas das atividades econômicas tidas como prioritárias nas políticas públicas brasileiras voltadas à tecnologia e à inovação, como a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação e o Plano Brasil Maior: petróleo e gás, defesa, agropecuária e tecnologias de informação e da comunicação (TICs).

Nessa perspectiva, no segundo artigo, José Mauro Morais e Lenita Turchi investigam a configuração do setor de petróleo e gás no Brasil. Apresentam as principais instituições e normas que regem o sistema de inovação deste segmento, contemplando o contexto histórico desde o surgimento da empresa líder, a Petrobras, até a quebra do monopólio e a consequente redefinição de papéis e relações de poder no sistema de inovação do setor.

No terceiro trabalho, Mansueto Almeida discute um caso globalmente reconhecido como um sucesso em termos de ação governamental de fomento à inovação. A Defense Advanced Research Projects Agency (Darpa) tem se destacado historicamente no financiamento de tecnologias novas para uso militar, cuja aplicação transborda para usos civis e comerciais nos Estados Unidos. Apresentam-se as características da agência, assim como alguns dos projetos desenvolvidos com seu apoio.

O setor de defesa segue enquanto objeto de análise no quarto artigo, assinado por Flávia Schmidt. Além de uma revisão de literatura que explicita a importância das atividades de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) para o setor de defesa, a autora retoma os principais documentos que constituíram, no período recente, o arcabouço normativo que tem garantido destaque ao setor nas políticas públicas do país. São ainda indicados os principais centros de pesquisa entre os dedicados ao complexo industrial de defesa, ao tempo em que se apontam questões para debate e aprofundamento futuro sobre o caso do Brasil.

No artigo subsequente, José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho e Adriana Carvalho Pinto Vieira têm por objetivo estudar o impacto da regulamentação do sistema de propriedade intelectual, tanto na pesquisa do setor agropecuário quanto no número de cultivares protegidas no mercado nacional. Os autores constroem um panorama sobre a trajetória de uso intensivo na tecnologia no agronegócio, e argumentam sobre os fatores que facilitam a interação entre conhecimento, invenção e inovação no setor.

No trabalho de autoria de Luis Claudio Kubota, João Maria de Oliveira e Roberto Carlos Mayer, os autores se debruçam sobre o setor de tecnologias de informação e da comunicação (TICs), utilizando, para tanto, uma análise qualitativa sobre o surgimento e o desenvolvimento de novas empresas no setor. Analisa-se ali a importância dos laboratórios em instituições de ciência e tecnologia e de departamentos empresariais de pesquisa e desenvolvimento (P&D) para a existência de incubadoras e, consequentemente, para a criação de oportunidades para novos empreendimentos nos diversos segmentos de negócio de TICs.

Encerra esta edição o artigo de Fernanda De Negri e Públio Ribeiro, resultante de um trabalho de mapeamento das infraestruturas de pesquisa vinculadas ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), realizado em 2012 no âmbito da Secretaria Executiva do ministério. Este mapeamento, piloto do projeto maior que ora tem início em parceria entre o Ipea, o MCTI e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), apontou indicadores e dados referentes a 196 laboratórios vinculados ao ministério que atuam nas mais diversas áreas de conhecimento, consistindo, portanto, em uma amostra inicial da riqueza dos *insights* que um mapeamento mais amplo pode gerar para o debate nacional sobre o desenvolvimento tecnológico.

Ao consolidar esses artigos, que representam as contribuições iniciais dos pesquisadores do Ipea para o projeto Sistema Nacional de Inovação e Infraestrutura de CT&I no Brasil, este periódico lança questões para o debate sobre o desenvolvimento tecnológico e aponta novas rotas para pesquisas futuras, buscando, mais uma vez, contribuir para o aperfeiçoamento das políticas públicas do país.

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 especializados[3] – 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. Esquematicamente, 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 reesearch 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" (Australia, 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).

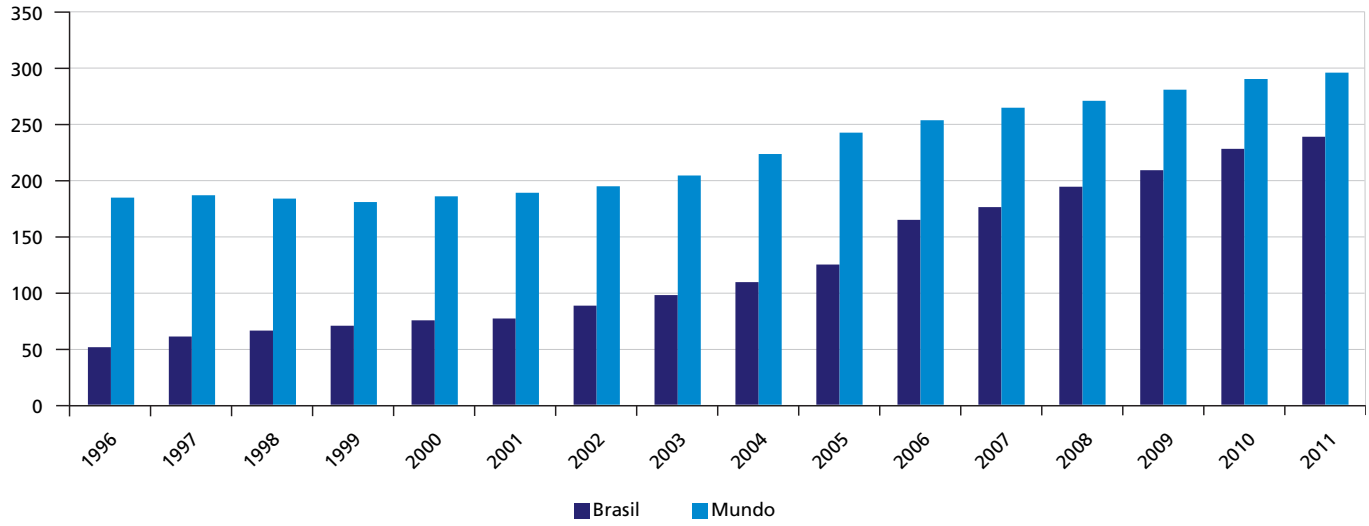
Após a criação dos fundos setoriais, outras modificações importantes no marco institucional foram realizadas durante a década de 2000, tais como: *i)* a promulgação da Lei de Inovação em 2004 (Lei nº 10.973/2004); *ii)* o aperfeiçoamento da legislação relativa aos incentivos fiscais para as atividades 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/SEXEC/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 distintivas 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>. Camberra: 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.

Sistema de Inovação Tecnológica no Setor de Petróleo e Gás

José Mauro de Morais*
Lenita Turchi**

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho analisa a configuração do sistema de inovação do setor de petróleo e gás no Brasil. O texto tem como objetivo apresentar as principais instituições e normas que regem este sistema neste segmento produtivo, contemplando o contexto histórico do surgimento da empresa líder do setor, a Petrobras, até a quebra do monopólio e a consequente redefinição de papéis e relações de poder no sistema de inovação do setor.

O sistema setorial de inovação de petróleo e gás natural no Brasil é constituído por um conjunto de empresas, centros de pesquisas, universidades e agências reguladoras que se articulam em função das necessidades de extração, produção e distribuição de petróleo e gás natural. As empresas que atuam neste segmento produtivo são agrupadas segundo sua natureza – ou seja, operadoras e fornecedoras. Empresas operadoras são aquelas que assumem as diversas etapas do processo de extração, refino, distribuição de petróleo e gás natural. As fornecedoras constituem um grupo heterogêneo de empresas que produzem tanto materiais e equipamentos como serviços de engenharia necessários às várias etapas do processo produtivo e de distribuição do produto final.[1]

O argumento central do texto é que a configuração do sistema de inovação do setor de petróleo e gás no país foi historicamente condicionada pelas orientações e políticas de desenvolvimento tecnológico da Petrobras. O monopólio do setor tornou-a, enquanto empresa estatal com a função de exercer o monopólio integral da produção e do refino de petróleo, a responsável pela coordenação, pela execução e pelo uso do conhecimento gerado sobre o tema. Com a mudança institucional decorrente da quebra do monopólio,[2] o sistema de inovação tornou-se menos verticalizado, ao incorporar novos atores ligados ao setor privado (empresas operadoras e transportadoras nacionais e internacionais), assim como atores governamentais (a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), o Fundo Setorial do Petróleo e Gás Natural – (CT-Petro), universidades e centros de pesquisas).

O trabalho apresenta, inicialmente, o sistema de inovação desenvolvido pela Petrobras, com foco na constituição do Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (Cenpes),[3] que coordena as relações na área de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) da empresa com universidades, centros de pesquisas e empresas fornecedoras. Em seguida, são apresentadas outras instituições que compõem a rede de pesquisas, o formato das relações estabelecidas com a companhia e as novas formas de apoio financeiro criadas após a abertura do setor ao mercado.

2 ESTRUTURAÇÃO DAS ATIVIDADES DE PESQUISAS NA PETROBRAS

O processo de acumulação de conhecimentos na Petrobras começou logo após o início das atividades operacionais da companhia, em 1954, com a criação do Centro de Aperfeiçoamento e Pesquisas de Petróleo – CENAP (Williams, 1967). Em 1966, o CENAP foi substituído por um novo centro de pesquisas, o Cenpes. Esta instituição iniciou suas operações, em janeiro de 1966, no *campus* da então Universidade do Brasil

---

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

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

1. Este artigo, por necessidade de concisão, não abordará o papel das empresas fornecedoras no sistema de inovação de petróleo e gás.

2. A Lei nº 9.478/1997 (Lei do Petróleo) extinguiu o monopólio exercido pela Petrobras, desde sua criação, em 1953, sobre as atividades de exploração, produção, refino e transporte de petróleo e gás natural.

3. Atual Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello.

(atual Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ), na Praia Vermelha. Contudo, as condições de funcionamento no local revelaram-se precárias, pois os laboratórios estavam instalados em áreas pequenas, condição que inviabilizava a realização de estudos de maior alcance e a contratação de maior contingente de pesquisadores. Esta situação motivou a procura de novo local para o Cenpes, que foi efetivado com sua mudança, em novembro de 1973, para a Cidade Universitária da UFRJ, na Ilha do Fundão.

As atividades de produção de petróleo da Petrobras realizavam-se, então, em águas marítimas de até 300 metros de profundidade, cujas tecnologias já eram conhecidas. O avanço para águas acima de 400 metros, a partir do período 1985-1986, não pôde mais contar com o respaldo da experiência internacional em tecnologias para águas profundas. A lacuna em conhecimentos foi preenchida com os desenvolvimentos tecnológicos da própria Petrobras. Para preparar a produção de petróleo nas novas condições, foi elaborado pelo Cenpes e pelos departamentos técnicos da companhia um conjunto de projetos de pesquisa, que constituiu a base para a formulação do Programa de Capacitação Tecnológica em Águas Profundas (PROCAP 1.000).

O PROCAP foi lançado em três edições sucessivas: PROCAP 1.000, no período 1986-1991; PROCAP 2.000, no período 1992-1999; e PROCAP 3.000, no período 2000-2011. O programa viabilizou o desenvolvimento de inovações incrementais e a geração de tecnologias próprias. Como resultado da intensificação das atividades de pesquisas do Cenpes, o depósito de patentes da empresa vem crescendo desde 1980: da média anual de 26 patentes depositadas no Brasil, de 1980 a 1990, passou-se para 65, de 1991 a 2000, e para 94, de 2001 a 2010. Foi depositado o total de 1.879 patentes em órgãos de patenteamento, entre 1980 e 2010, envolvendo 944 patentes no Brasil e 935 em outros países (Ipea, 2010).

Em síntese, quando o PROCAP 1.000 foi lançado, em 1986, as reservas de petróleo da Petrobras eram de 3,6 bilhões de barris equivalentes de petróleo, e a produção, de 572.100 barris/dia de petróleo; 25 anos depois, em 2011, as reservas alcançaram 15,7 bilhões de barris/dia, e a produção, 2,02 milhões. Este programa, em suas três versões, foi peça-chave neste resultado, ao desenvolver as tecnologias imprescindíveis para a produção em águas profundas e ultraprofundas. O PROCAP 3.000 foi encerrado em março de 2011, após desenvolver tecnologias também para os novos campos de petróleo descobertos no pré-sal, quando um novo programa específico para a nova fronteira geológica já se encontrava atuando.

As descobertas de hidrocarbonetos no pré-sal, a partir de 2006, trouxeram uma nova realidade para o ambiente petrolífero no Brasil, como reservatórios localizados sob camadas de sal de até 2 mil metros de profundidades e alta presença de gás carbônico (CO_2) e gás sulfídrico (H_2S) nos hidrocarbonetos, com potenciais efeitos de corrosão nos materiais fabricados em aço. Para coordenar as pesquisas tecnológicas na área do pré-sal, a companhia criou, no final de 2007, o Programa Tecnológico para o Desenvolvimento da Produção dos Reservatórios do Pré-sal (Prosal). Diversos projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) foram iniciados a partir da criação do Prosal, em parceria com universidades brasileiras e internacionais e a cadeia de fornecedores (Beltrão *et al.*, 2009).

Outro programa recente criado pela Petrobras para gerir investimentos em pesquisas e fortalecer parcerias com universidades e institutos de pesquisa nacionais são as redes temáticas, criadas em 2006, entre as quais se encontram a Rede Galileu e os núcleos regionais de competência. Para a formação destas redes – que receberam da companhia R$ 460 milhões anuais até 2011 –, foram identificados 49 temas estratégicos nas áreas de exploração e produção de petróleo e gás natural, refino, petroquímica, gestão tecnológica e diversas outras. Estão envolvidas nas redes, por meio da realização de pesquisas e compartilhamento de infraestrutura laboratorial, cerca de cem universidades e instituições de pesquisa.

3 VISÃO GERAL DOS PROCESSOS TECNOLÓGICOS NA PETROBRAS: GESTÃO TECNOLÓGICA E CONTRATAÇÕES DE PESQUISAS

Outros aspectos importantes da atuação tecnológica da Petrobras se referem aos processos adotados para a seleção dos estudos a serem desenvolvidos e às parcerias com universidades e institutos tecnológicos para o desenvolvimento das pesquisas selecionadas. A seguir, tratar-se-á destas questões.

3.1 A gestão do sistema tecnológico na Petrobras

O atual Sistema de Gestão Tecnológica da Petrobras tem o objetivo de integrar as atividades de P&D do Cenpes com as áreas industriais da empresa, ofertando as tecnologias necessárias aos processos produtivos. O sistema é conduzido nos níveis estratégico, tático e operacional (Sartori e Soares, 2007; Costa, 2010).

A estratégia tecnológica da companhia é definida pelo Comitê Tecnológico da Petrobras (CTP), a maior instância da gestão de pesquisas na empresa, constituído pelos gerentes executivos das áreas de negócio e de serviços e do Cenpes. O CTP promove a seletividade na estratégia tecnológica, direciona a alocação de recursos e garante a visão corporativa.

Abaixo do CTP, encontram-se os comitês tecnológicos estratégicos (CTEs), que representam as áreas de negócio, com funções de estabelecer as diretrizes para os comitês tecnológicos operacionais (CTOs) e criar programas e áreas tecnológicas, bem como supervisionar seu acompanhamento e sua avaliação.[4] Os CTEs são assessorados por rede de especialistas e pesquisadores na Rede de Inteligência Tecnológica (RIT), que acompanha as tendências tecnológicas recentes e avalia seus possíveis impactos nos negócios da companhia, auxiliando a tomada de decisões.

Os CTOs operam no nível tático, desdobrando as diretrizes dos CTEs em projetos priorizados de pesquisa, desenvolvimento e engenharia (PD&E), e com a prestação de serviços de assistência técnica e científica, com o propósito de atender às demandas das áreas operacionais. Neste nível, a gestão tecnológica dos CTOs realiza-se pelo gerenciamento da demanda de novos projetos e da carteira dos projetos em andamento. No gerenciamento da demanda, as propostas de projetos de pesquisa de todas as áreas da Petrobras são hierarquizadas segundo a coerência estratégica e o atendimento das necessidades de cada CTE.

Uma nova tecnologia, segundo o modelo de gestão descrito, é desenvolvida por meio da execução e da conclusão de projeto de P&D, que pode ser realizado internamente ou em parceria com universidades e instituições de pesquisa, coordenado por pesquisadores do Cenpes. No caso das parcerias, o Ipea dispõe de dados consolidados sobre as pesquisas externas contratadas junto a universidades e instituições de pesquisas, de 1992 a 2009. A seção 4, a seguir, procura ilustrar a dimensão alcançada pelos processos tecnológicos na Petrobras, em parceria com instituições científicas.

4 CONTRATAÇÃO DE PESQUISA COM UNIVERSIDADES E CENTROS DE PESQUISAS

Desde o final da década de 1990, a Petrobras, atendendo às orientações da ANP, vem alocando recursos no sentido de promover redes de pesquisas por meio de parcerias com universidades e centros de pesquisas para projetos. As parcerias atendem a objetivos diversos, relacionados à qualificação de gerar competências e promover desenvolvimento tecnológico para a cadeia de petróleo e gás natural. Estes esforços foram intensificados com a Resolução ANP nº 33/2005, que, entre outras medidas, condicionou a concessão de exploração de petróleo à obrigação das empresas do setor de investir em atividades consideradas de P&D o valor de 1% das suas receitas brutas.

As contratações de pesquisas externas pelo Cenpes abrangem todas as áreas e programas de interesse da companhia, conforme estabelecido pelo Sistema de Gestão Tecnológica da Petrobras, envolvendo tecnologias de refino, estudos de petróleos pesados, energias renováveis, engenharia naval, águas profundas, biotecnologia e biotratamentos, meio ambiente, entre outros exemplos. Com o aprofundamento das explorações no pré-sal, a cooperação tende a aumentar, diante da necessidade de desenvolver soluções inovadoras para a produção de hidrocarbonetos na nova área geológica. A totalidade de pesquisas encomendadas, de 1992 a 2009, foi de 3.963 projetos de pesquisa, no valor total de R$ 3,3 bilhões, a preços correntes. Quanto à distribuição das pesquisas por áreas e programas, o maior número de pesquisas e o maior valor total encontram-se nas áreas de exploração

4. Os programas tecnológicos na Petrobras representam um conjunto de linhas de pesquisa com o objetivo de solucionar desafios tecnológicos relacionados aos negócios da companhia, constando de metas, tempo de consecução e orçamento; a área de tecnologia é um conjunto de atividades tecnológicas relacionadas às competências centrais do Sistema Tecnológico da Petrobras, com caráter disciplinar.

de petróleo e de engenharia naval. A área de exploração contratou 258 projetos de pesquisas no período, no valor total de R$ 322,2 milhões. A prioridade em exploração reflete os intensos esforços de prospecções e perfurações de petróleo, nos últimos vinte anos, nas bacias sedimentares marítimas brasileiras.

Em termos de instituições parceiras, a UFRJ é a instituição que tem recebido os maiores valores da Petrobras, tendo realizado cerca de 1 mil contratos com o Cenpes, em parceria que se desenvolve desde os primeiros anos de funcionamento do órgão de pesquisa. Seguem-se, em valor total dos contratos, a Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), a Universidade de São Paulo (USP) e a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

Estudo do Ipea com coordenadores dos grupos de pesquisa, para conhecer os impactos tecnológicos das parcerias da Petrobras com as instituições de ciência e tecnologia (ICTs)[5] revelou que, entre 2005 e 2008, os valores médios dos projetos cooperativos com a companhia, no período, foram de R$ 1.831.632,65, enquanto os projetos com outras empresas apresentaram valores médios de R$ 1.291.854,42; os projetos de pesquisa científica alcançaram, em média, R$ 694.375,60. Ou seja, os grupos de pesquisa receberam financiamentos de outras instituições; porém, os projetos realizados com a Petrobras superavam os demais projetos, em média, em cerca de 40% em relação aos valores dos projetos em parceria com outras empresas, e foram 164% superiores aos projetos científicos com fomentos públicos.

Os coordenadores dos grupos de pesquisa que desenvolveram projetos com a Petrobras avaliam que as parcerias foram fundamentais para a criação de infraestrutura laboratorial de pesquisa, o enriquecimento curricular dos pesquisadores que participaram nos projetos, o aumento da capacidade de desenvolvimento de projetos com potencial de transferência de tecnologia da universidade, a consolidação, a expansão e a internacionalização dos grupos de pesquisa, bem como a intensificação das redes tecnológicas.

As parcerias da Petrobras com ICTs refletem o início de nova fase do sistema nacional de inovação do setor de petróleo e gás, em que outros atores passam a exercer funções relacionadas ao financiamento e ao desenvolvimento de P&D do setor.

O quadro 1 sintetiza as principais mudanças no sistema de inovação do setor de petróleo e gás (Furtado, 2002).

QUADRO 1

Principais mudanças no sistema de inovação do setor de petróleo e gás

Função/papel	Fase I	Fase II
Financiamento a pesquisa e desenvolvimento (P&D)	Petrobras assume a maior parte do financiamento	Petrobras: 70% CT-Petro: 30%
Financiamento a formação de recursos humanos (RH)	Petrobras financia parcialmente Estado financia parcialmente	Petrobras CT-Petro e Agência Nacional de Petróleo (ANP)
Planejamento e coordenação de P&D	Petrobras assume a maior parte desta atribuição	Petrobras CT-Petro
Execução de P&D	Petrobras quase que exclusivamente Universidades e centros de pesquisa: pequena parcela	Petrobras Universidades em muito maior proporção
Formação de RH	Petrobras executa parcialmente Universidades e escolas técnicas executam parcialmente	Universidades e escolas técnicas Petrobras terá presença decrescente
Usuários do novo conhecimento tecnológico	Fornecedores Petrobras	Fornecedores Petrobras Outras operadoras
Clientes do novo conhecimento tecnológico	Petrobras	Petrobras Outras operadoras
Consumidores finais	Sociedade	Sociedade

Fonte: Furtado (2002).

Segundo Furtado (2002), na fase I, caracterizada como período do monopólio, a Petrobras exercia diferentes funções na rede, financiando e coordenando o sistema de inovação do setor. A rede, dominada por apenas um

5. A pesquisa Impactos Tecnológicos das Parcerias da Petrobras com ICTs (no prelo) foi desenvolvida pelo Ipea no âmbito do convênio Ipea/Petrobras 2008.

ator, com a abertura do mercado, perde esta configuração devido à entrada de novos atores, como o CT-Petro, a ANP, as ICTs e as empresas operadoras e fornecedoras. No tocante ao financiamento de P&D, o quadro 1 revela que, embora a Petrobras continue assumindo a maior parte (70%), o CT-Petro financia cerca de 30%. As competências e a forma de atuação deste fundo são apresentadas a seguir.

5 NOVOS ATORES: CT-PETRO E ANP NO SISTEMA DE INOVAÇÃO DO SETOR

O CT-Petro, criado em 1997, tem como objetivo central fomentar o desenvolvimento de novos conhecimentos e tecnologias no setor de petróleo e gás, estimulando as parcerias entre empresas e universidades e a qualificação de pesquisadores. Os recursos para o CT-Petro foram garantidos pela Lei do Petróleo, que, em 1997, estabeleceu que as operadoras da área de produção devem destinar, no mínimo, 1% do seu faturamento bruto para atividades de P&D, devendo ser pelo menos 50% destes recursos aplicados em instituições de pesquisa credenciadas pela ANP.

O CT-Petro é administrado segundo as diretrizes do Plano Nacional de Ciência e Tecnologia do Setor de Petróleo e Gás Natural. Segundo o documento de diretrizes deste fundo, as propostas devem atender às estratégias definidas no Plano Plurianual de Investimento e às políticas nacionais traçadas para o setor, e tentar ao máximo executá-las em conjunto com empresas. São elegíveis para obtenção dos recursos do CT-Petro os seguintes projetos:

- estudos de necessidades e prognósticos de oportunidades, realizados, prioritariamente, sob encomenda ou por atuação induzida;
- projetos de P&D tecnológica;
- bolsas de estudo para capacitação de recursos humanos (RH), associados aos projetos de P&D tecnológica;[6] e
- eventos como congressos, seminários e *workshops* que contribuam para a definição de políticas, a análise dos mercados nacional e internacional, o intercâmbio e a transferência de conhecimentos, a avaliação de tecnologias, o estabelecimento de parcerias e alianças estratégicas e a competitividade do setor, entre outros exemplos.

A coordenação da elaboração do Plano Plurianual de Investimento, as definições das estratégias para o investimento do recurso, as prioridades do setor e o acompanhamento dos projetos aprovados e dos resultados alcançados estão a cargo do Comitê de Organização do CT-Petro. Este comitê é composto por nove membros, oriundos de instituições ligadas ao setor e ao sistema de inovação nacional: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), Ministério de Minas e Energias (MME), ANP, Secretaria Executiva do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e representantes do setor (empresas) e da comunidade acadêmica. A execução do CT-Petro, assim como a dos demais fundos, é de competência da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP).

No período 1999-2008, foram realizados doze editais do CT-Petro e 21 editais transversais – isto é, em parceria com outros fundos setoriais –, tendo sido aprovados 1.228 projetos. Destes, apenas 143 foram executados com a participação de empresas – ou seja, 12% dos projetos. Segundo Righi (2010), o número de projetos em conjunto com empresas ainda é restrito, em parte pelas poucas chamadas públicas em que era necessária a cooperação com empresas, e também pelo hiato que sempre existiu entre centros de pesquisa e empresas. O estudo do Ipea[7] que avaliou os fundos setoriais no período 1997-2009 revela que o CT-Petro tem a maior parte de seus recursos destinados a projetos de P&D, em áreas estratégicas para o setor, como engenharias química (25,5%) e mecânica (25%), seguidas de engenharia de materiais (18%). A análise dos dez maiores

6. Esse item é coordenado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a partir dos recursos disponibilizados pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP).

7. A avaliação dos fundos setoriais foi realizada pelo Ipea e pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), a pedido do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), no período 2009-2010. Neste estudo, a pesquisadora Hérica Morais Righi participou da avaliação do CT-Petro.

projetos[8] financiados pelo CT-Petro revela que os quatro maiores foram para a formação de RH e que apenas três foram projetos realizados em parceria com empresas.

Ao analisar o CT-Petro, enquanto ator independente do sistema de inovação, Furtado (2002) chama atenção para o peso da Petrobras no sistema decisório do comitê de organização. Outra preocupação do autor diz respeito à pulverização da pesquisa entre ICTs e a pouca participação das empresas. Ainda que com limitações, este fundo atua com condições de estimular parcerias entre empresas e ICTs e de influenciar no enriquecimento do sistema de inovações do setor.

A atuação do CT-Petro e de outros atores do sistema é regulamentada pela ANP,[9] instituição fundamental na mudança da configuração do sistema de inovação do setor. É responsabilidade desta agência, autarquia federal vinculada ao MME, executar atividades relacionadas à política nacional para o setor energético de petróleo, gás natural e biocombustível. De acordo com a Lei do Petróleo, a ANP é responsável pelas seguintes atividades: *i)* estabelecer regras para o funcionamento das indústrias e do comércio de óleo, gás e biocombustíveis; *ii)* promover licitações e assinar contratos em nome da União com os concessionários em atividades de exploração, desenvolvimento e produção de petróleo e gás natural, bem como autorizar as atividades das indústrias reguladas; e *iii)* como fiscalizadora, cuidar do cumprimento das normas nas atividades das indústrias reguladas, diretamente ou mediante convênios com outros órgãos públicos. A agência também desempenha o papel de divulgadora das atividades no setor de petróleo, gás natural e biocombustíveis – mantendo o Banco de Dados de Exploração e Produção (BDEP) –, sistematiza as estatísticas oficiais sobre reservas e produção no Brasil e promove estudos e pesquisas sobre o potencial petrolífero e o desenvolvimento do setor.

Com tantas atribuições, é de se esperar que a ANP tenha, ainda, um longo caminho para trilhar e cumprir adequadamente os objetivos que motivaram sua criação. A agência tem sido motivo de críticas por atores do sistema, principalmente no que diz respeito à morosidade de análise dos projetos que devem ser submetidos à sua avaliação para iniciar a execução. Na pesquisa sobre impactos tecnológicos das parcerias da Petrobras com as ICTs, os trâmites burocráticos da ANP, que retardam e muitas vezes inviabilizam estudos, são apontados como uma das dificuldades a serem superadas, pela maioria dos coordenadores de pesquisas. A agência, enquanto instituição de divulgação de estudos e estatísticas do setor, não é reconhecida pelos pesquisadores das ICTs. Estes indicam, na pesquisa mencionada, como principais fontes de informação, periódicos internacionais e nacionais e a produção científica do Cenpes.

6 CONCLUSÕES

Este artigo apresentou os principais atores do sistema de inovações de petróleo e gás no Brasil, em dois momentos da história econômica do país. Na primeira fase, caracterizada pelo período do monopólio estatal da produção e distribuição de petróleo e gás natural, o sistema de inovações do setor teve suas estratégias definidas e coordenadas e foi financiado e executado por apenas uma empresa. De fato, como apresentado nas seções iniciais, a Petrobras assumiu o financiamento, o planejamento, a coordenação e a execução de P&D, assim como a formação de RH para as necessidades do setor. Coube também à companhia difundir os novos conhecimentos, bem como os procedimentos de controle de qualidade entre as empresas fornecedoras nacionais.

Tem-se, nesse caso, um sistema bastante fechado, sob a coordenação de apenas um ator. Se, por um lado, esta situação pode ser vista como facilitadora da comunicação entre os outros atores, por outro, conduz à assimetria e à subordinação de todo o sistema aos interesses de somente um interessado. Esta situação de assimetria só não foi um limitador para o desenvolvimento de inovações no setor porque a Petrobras – respondendo às orientações das políticas de desenvolvimento científico e tecnológico do país, entre os anos 1970 e 1990 –, enfrentou os desafios para a extração e a produção de petróleo, investindo no incremento de P&D e na formação de pesquisadores.

8. Esses projetos respondem por 35% do volume total contratado no período 1999-2008.

9. A ANP foi implantada pelo Decreto nº 2.455, de 14 de janeiro de 1998.

O Cenpes pode ser considerado subsistema do sistema setorial de inovações do setor, que atua de forma a gerar conhecimento e apresentar demandas para outros atores do sistema.

Na segunda fase, caracterizada pelo fim do monopólio do petróleo, o sistema de inovações do setor foi ampliado, com a entrada de novos atores que atuam como reguladores (ANP) e como financiadores e executores (CT-Petros) de P&D para o setor, em parceria com a Petrobras. Nesta fase, a configuração do sistema é mais complexa e condizente com as necessidades de inovação, aberta e motivadora da formação de parcerias entre os diversos atores que constituem o sistema. Nesta configuração, as dificuldades a serem enfrentadas dizem respeito à comunicação entre os atores do sistema.

Acredita-se que essa configuração do sistema de inovação do setor está sofrendo modificações com os desafios colocados pela extração de petróleo e gás em águas profundas, tanto para a Petrobras como para as demais operadoras privadas. De fato, a exploração do pré-sal e a produção e o transporte de hidrocarbonetos na nova fronteira geológica vêm exigindo o desenvolvimento de novas tecnologias nas perfurações, na ação de completação de poços, na extração e no processamento dos hidrocarbonetos nas plataformas. Esforços tecnológicos intensos vêm sendo exigidos, também, na instalação das novas refinarias, com vistas ao aumento da capacidade produtiva e à obtenção de combustíveis menos poluentes para atender ao crescimento do consumo de derivados de petróleo.

No caso da Petrobras, para suprir as necessidades de pesquisas e desenvolvimentos nas áreas referidas anteriormente, os recursos alocados para P&D na empresa vêm apresentando ritmo acelerado nos últimos três anos, tendo-se elevado de US$ 685 milhões, em 2009, para US$ 989 milhões, em 2010, e US$ 1.454 milhões, em 2011. A soma dos valores gastos no período 2009-2011 concentrou-se na área de produção de petróleo, que absorveu 48% do total, permanecendo os demais gastos em pesquisa e desenvolvimento distribuídos nas áreas de refino e abastecimento (21%), exploração (11%), meio ambiente (11%), gás e energia (6%) e nas demais áreas (3%). Dada a receita bruta da Petrobras, de US$ 145,9 bilhões, em 2011, os dispêndios em P&D representaram 1% nesse ano (Fraga, 2012).

Com a entrada, no mercado de petróleo e gás nacional, de novos atores privados nas atividades de exploração e produção de petróleo, refino e pesquisas, igual esforço no aumento da alocação de recursos está sendo exigido do sistema de apoio fora da Petrobras, como no caso do CT-Petro, com vistas à ampliação dos conhecimentos tecnológicos, dos reforços no apoio a inovações e dos estímulos às parcerias entre empresas e universidades.

REFERÊNCIAS

BELTRÃO, R. L. C. *et al*. **Challenges and new technologies for the development of the pre-salt cluster, Santos Basin, Brazil**. *In:* OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE (OTC). Houston, May 2009. p. 4-7.

COSTA, L. C. S. **Cenpes/Petrobras**: gestão de tecnologia. Rio de Janeiro, EME. 20 maio 2010.

FRAGA, C. T. **Estratégia de inovação e tecnologia da Petrobras**. *In*: SEMINÁRIO APIMEC RIO DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA. Rio de Janeiro, 20 abr. 2012.

FURTADO, A. T. Mudança institucional e inovação na indústria brasileira de Petróleo. **Revista brasileira de energia**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 9-29, 2002.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Banco de dados microeconômicos de empresas no Brasil**. Brasília: Ipea, 2010.

RIGHI, H. M. **Avaliação dos fundos setoriais**: CTPetros. jul. 2010. Mimeografado.

SARTORI, F. J.; SOARES S. D. **Sistema tecnológico da Petrobras**: do poço ao posto. *In*: CONFERÊNCIA PAN-AMERICANA DE END. Buenos Aires: AAENDE, out. 2007.

WILLIAMS, I. Z. Pesquisa tecnológica na Petrobras: a conquista de um objetivo. **Boletim técnico da Petrobras**, p. 85-98, jan./mar. 1967.

A Política de Inovação e a Política de Defesa: o caso da agência de inovação DARPA nos Estados Unidos

Mansueto Almeida*

1 INTRODUÇÃO

Apesar de serem um país liberal com um discurso tradicional contra a intervenção do Estado na economia, o que muitos não percebem é que, mesmo nos Estados Unidos, o governo tem uma importância fundamental no incentivo à inovação. E o melhor exemplo deste papel ativo do governo no fomento à inovação é uma agência criada pelo presidente Eisenhower, em 1958, em resposta ao lançamento do satélite soviético Sputnik, em 1957.

A Defense Advanced Research Projects Agency (Darpa – em português, Agência de Projetos de Pesquisa Avançados de Defesa) é uma agência do governo americano com um orçamento anual de US$ 3 bilhões (0,5% do orçamento do Departamento de Defesa dos Estados Unidos, que em 2009 foi de US$ 651 bilhões), que se destaca no financiamento de tecnologias novas para uso militar cuja aplicação transborda para uso comercial. Nas seções a seguir, são discutidas as características da Darpa.

2 O GOVERNO COORDENA A PESQUISA

A primeira característica dessa agência é que ela não tem um corpo de pesquisadores permanentes. Os pesquisadores, ou melhor, gerentes de projetos, são recrutados diretamente do setor privado, de centros de pesquisa militares, centros de pesquisa de universidades e academia. Estes gerentes de projetos, em torno de cem, são pesquisadores com larga experiência ou jovens brilhantes de reconhecida competência em sua área de atuação.

Esses pesquisadores são contratados por tempo determinado, em geral três anos, e utilizam diariamente um crachá com a identificação de dia, mês e ano no qual o contrato com a Darpa termina. O uso diário deste crachá é uma forma de lembrar aos gerentes de projeto que eles têm um período limitado para terminar o projeto que começaram quando foram contratados.

Em alguns casos, é possível que o pesquisador (gerente de projeto) seja recontratado por um tempo adicional ou que depois de anos volte a trabalhar em outro projeto na Darpa. Em geral, quando deixam a Darpa estes pesquisadores voltam para a universidade ou para algum centro de pesquisa, muitos dos quais com vários projetos com a própria Darpa, como é o caso do Stanford Research Institute (SRI). Outros passam a trabalhar nos departamentos de pesquisa de empresas privadas.

3 FORMAÇÃO DE REDES DE PESQUISA

A segunda característica do fomento à inovação da Darpa é que esta agência trabalha em rede com universidades, empresas privadas e centros de pesquisas. Na Darpa, não há laboratórios ou equipamentos para testes. Tudo isto é feito de forma terceirizada pelos grupos de pesquisa e empresas privadas contratadas. O papel dos gerentes de projeto é coordenar a pesquisa e identificar pessoas, grupos de pesquisa e empresas privadas que poderiam contribuir para o desenvolvimento de uma tecnologia nova.

---

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

Embora seja uma agência de pesquisa ligada ao Departamento de Defesa dos Estados Unidos, não há exigência ou restrição para que estrangeiros participem dos grupos de pesquisa financiados pela Darpa, mas todos os gerentes de projeto precisam ser americanos.

4 O OBJETIVO É FOMENTAR O ESTÁGIO INICIAL DE NOVAS TECNOLOGIAS

A terceira característica dessa agência é que os projetos são, em geral, de curta duração (três ou quatro anos) e não visam ao desenvolvimento completo de uma nova tecnologia, algo que seria impossível dado o curto espaço de tempo dos projetos.

O objetivo do instituto é apostar no desenvolvimento de novas tecnologias, financiando, a fundo perdido, redes de pesquisa formadas por pesquisadores com diferentes qualificações, para mostrar que o desenvolvimento de uma nova tecnologia é possível. Depois deste apoio inicial, a ideia é que empresas privadas, academia ou mesmo as Forças Armadas se sensibilizem em investir nestas novas tecnologias.

Normalmente, o resultado da pesquisa é mostrado por meio de protótipos em competições ou nas feiras tecnológicas (DarpaTech), que ocorrem a cada dois anos e que têm como objetivo divulgar para uma plateia de convidados selecionados algumas das pesquisas coordenadas pela Darpa e recrutar pesquisadores para contratos temporários na agência.

A Darpa financia em suas pesquisas projetos de elevado risco e, assim, a possibilidade de "fracasso" é grande, dado que envolve a combinação de diferentes ramos da ciência no desenvolvimento de uma nova tecnologia. Mas a ideia de fracasso, da forma que a Darpa atua, é algo relativo. A cada "fracasso" a agência e seus parceiros incorporam o conhecimento adquirido em novas tentativas em pesquisas posteriores.

Após três anos o projeto pode ser assumido (sem os recursos da Darpa) por qualquer centro de pesquisa e/ou empresa privada participante deste. Há ainda a possibilidade de o projeto continuar com financiamento militar desde que exército, aeronáutica ou marinha se interessem e assumam seu financiamento e passem a ser clientes do desenvolvimento daquela nova tecnologia. Na verdade, uma das funções da Darpa é despertar o interesse nas Forças Armadas no uso de novas tecnologias.

5 INOVAÇÃO COM FINALIDADE MILITAR TRANSBORDA PARA USO COMERCIAL

A quarta característica é que, apesar de as pesquisas apoiadas pela Darpa procurarem o desenvolvimento de uma tecnologia nova para uso militar, o esforço de inovação, em geral, se traduz em vários produtos de uso comercial.

Um exemplo, em especial, reflete bem esse transbordamento da pesquisa militar para aplicação comercial: o caso do Trauma Pod, que é uma tentativa de criar um espaço para cirurgias de emergência em um helicóptero, para que médicos, via telecirurgia, possam operar soldados gravemente feridos nos campos de batalha, para que eles sobrevivam até que cheguem a um hospital (Belfiore, 2009, cap. 4).[1]

Entre as várias funções feitas por essa máquina, uma delas é um *scanner* completo do paciente para que se possa identificar traumas internos e reconhecer as dimensões do corpo do paciente que será operado via telecirurgia.

Um dos subprodutos dessas pesquisas foi o desenvolvimento de máquinas para operação pelo método da laparoscopia. Um dos problemas com a laparoscopia tradicional é que exige algo como 3 mil horas de treinamento para um médico adquirir destreza no uso dos instrumentos, além da visão limitada em 2D e da visão do monitor ser o espelho da imagem real. A visão limitada do médico neste tipo de operação (laparoscopia)

1. Ver: <http://www.sri.com/newsroom/video/trauma-pod-conceptual-video-and-surgeon-interview>.

tem, inclusive, levantado dúvidas da eficiência deste método *versus* a cirurgia tradicional em alguns tipos de operação, por exemplo, na cirurgia de hérnia.[2]

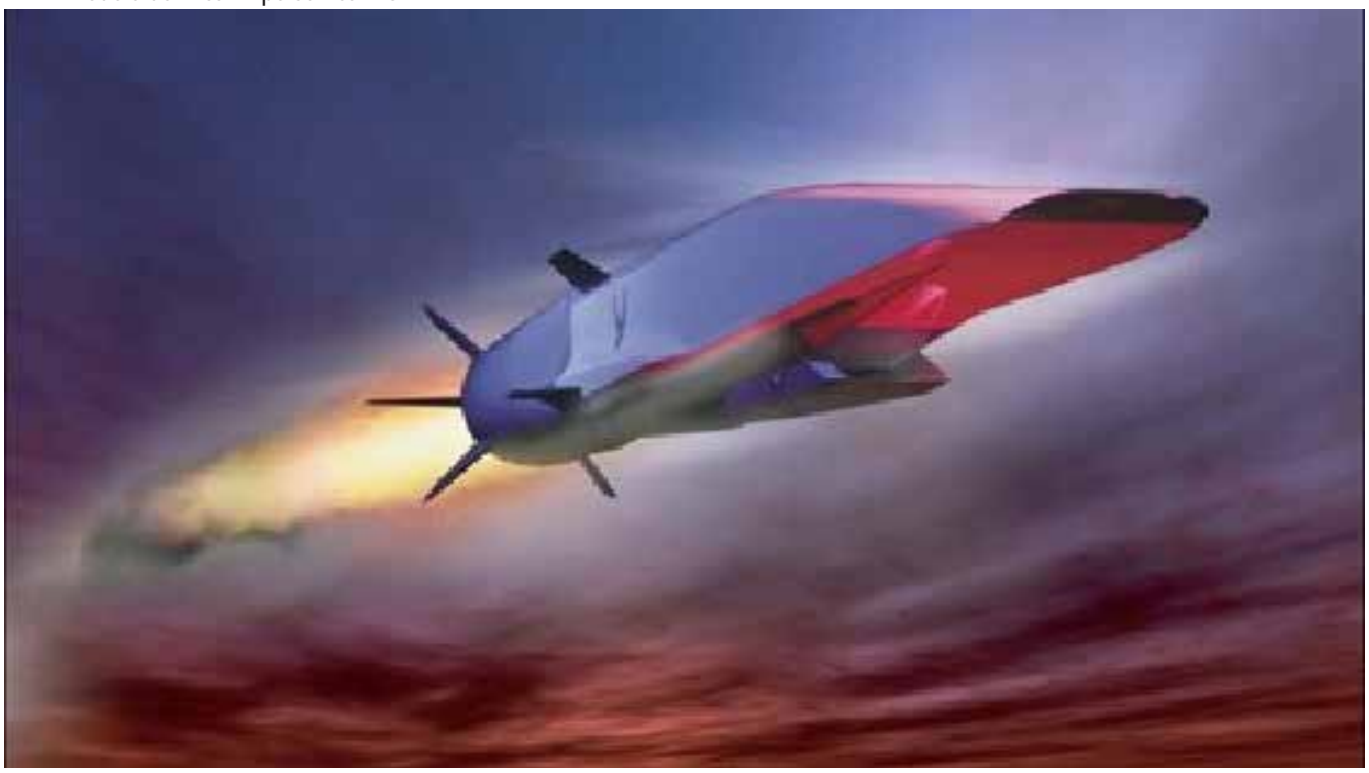
No entanto, os aparelhos desenvolvidos pelo Stanford Research Institute deram origem a um robô que passou a ser comercializado por uma empresa privada[3] e que permite a cirurgia pelo método de laparoscopia, via um robô com imagem em 3D em alta definição, imagem real (não invertida) e movimentos das mãos do cirurgião por meio de uma luva com sensor para cada um dos dedos e com única inserção no corpo do paciente. Este é um dos vários exemplos de *spillover* de pesquisa militar para inovação comercial.

6 O APRENDIZADO QUE VEM DO FRACASSO

A quinta característica da Darpa é o aprendizado desta agência e de seus parceiros com projetos que muitas vezes não dão certo. Mesmo nos projetos que fracassam, o instituto aprende com as pesquisas e o conhecimento é incorporado em projetos subsequentes. Um dos exemplos do tipo de aprendizado que decorre de fracassos foi a experiência para desenvolver os aviões hipersônicos – aviões com velocidade de foguetes –, projeto denominado National Aerospace Plane (NASP), na década de 1980 (Belfiore, 2009, p. 203-205). Uma das falhas deste projeto foi a ousadia de tentar desenvolver o novo avião com orçamento pequeno e em curto espaço de tempo (de 1982 a 1985).

Após mais de uma década, em 1998, o mesmo desafio foi retomado pela Darpa, mas as tecnologias necessárias para tornar o sonho do avião hipersônico realidade foram divididas em vários subprojetos, um dos quais o programa Falcon, que utiliza a tecnologia de *scramjet* para o desenvolvimento de mísseis ultrarrápidos. Em um período posterior, a pesquisa de mísseis hipersônicos deu origem a um novo projeto de pesquisa (Blackswift Program) de construir o tão sonhado avião hipersônico. Este programa com a crise foi descontinuado e, em 2011, foi mais uma vez reativado.

FOTOGRAFIA 1
Modelo de míssil hipersônico X-51



Fonte: Boeing e Darpa.
Obs.: imagem reproduzida em baixa resolução em virtude das condições técnicas dos originais disponibilizados pelos autores para publicação (nota do Editorial).

2. Ver Neumayer *et al*. (2004).

3. Ver a página eletrônica da empresa Da Vinci Surgery em: <http://www.davincisurgery.com>.

FOTOGRAFIA 2
Protótipo do avião hipersônico HTV-2

Fonte: Boeing e Darpa.
Obs.: imagem reproduzida em baixa resolução em virtude das condições técnicas dos originais disponibilizados pelos autores para publicação (nota do Editorial).

A forma de atuação da Darpa mostra como é difícil inovar sem estar inserido em um *ecossistema de inovação*, como é o caso da relação próxima entre centros de pesquisas, universidades e empresas privadas nos Estados Unidos. Assim, sem os outros elementos de um sistema nacional de inovação, a experiência do Darpa pode não funcionar tão bem em outros países. Por seu turno, é justamente uma agência flexível, com financiamento público a fundo perdido, que poderia ajudar na montagem de um sistema nacional de inovação e aliar a política de defesa com a política industrial e a política pública de fomento a ciência, tecnologia e inovação (CT&I).

7 *ACCOUNTABILITY* E DISCRICIONARIEDADE

Uma última característica importante da tomada de decisão na Darpa é a quase completa discricionariedade do diretor desta agência na decisão de quais projetos serão financiados (Belfiore, 2009, cap. 6). Em uma simples conversa do diretor com um dos gerentes de projeto, toma-se a decisão sobre um projeto.

Como os gerentes de projetos são pesquisadores de reconhecida competência e com laços com centros de pesquisa e universidades americanas, eles sabem exatamente o estado das artes em seu campo de pesquisa e, assim, de uma simples conversa com o diretor da agência e de um mero rabisco de uma ideia em uma folha de papel nasce um projeto de pesquisa para o desenvolvimento de uma nova tecnologia radical, que poderá alterar o estado das artes em uma determinada área de conhecimento ou criar um novo ramo da ciência, como foi o caso do ramo de engenharia de materiais na década de 1960.

7.1 Exemplos de projetos financiados pela Darpa

Um dos exemplos inovadores de programa apoiado pela Darpa é o desenvolvimento de próteses robóticas controladas pelo cérebro (Belfiore, 2009, cap. 1). O público do desenvolvimento desta tecnologia são os soldados amputados que voltam da guerra, mas é o tipo de tecnologia que, desde o início, visava ao uso comercial para qualquer pessoa que perdeu um braço. O tipo de pesquisa para desenvolver este modelo de "braço mecânico artificial" envolve o casamento de neurociência, eletrônica, ciência da computação, engenharia de materiais etc.

Por exemplo, esse tipo de braço artificial é acompanhado por um implante de músculos que sobraram do braço amputado no peito e nas costas do paciente, a fim de permitir que os sinais neurais se transformem em contrações musculares e, assim, possam ser transmitidos para o braço mecânico. O pesquisador brasileiro associado à universidade de Duke, Miguel Nicoelis, é um dos pesquisadores cujo estudo ajudou no desenvolvimento deste tipo de tecnologia.

Outro programa da Darpa que levou a uma revolução no campo da computação é o papel que esta agência teve no desenvolvimento de tecnologias que deram origem à internet (Belfiore, 2009, cap. 3, e Waldrop, 2008). Este processo teve início quando a Darpa recebeu um computador de 250 toneladas da IBM (AN/FSQ-32XD1A), em 1961, que era uma das sobras do projeto Semi-Automatic Ground Environment (Sage), do Departamento de Defesa, que utilizava 23 computadores espalhados pelos Estados Unidos para monitorar e responder a ataques de mísseis soviéticos. Assim, Licklider, um psicólogo da empresa BBM de Boston, foi contratado para pensar como utilizar o computador na interação homem-máquina.

Uma das instituições contratadas para esse projeto foi o Stanford Research Institute, em especial, o pesquisador Doug Engelbart, que remotamente acessava o computador da Darpa para trabalhar. Mais tarde, esta rede se expandiu com a criação da Arpanet, que foi a primeira rede de computadores de diferentes tipos. A partir deste projeto, novos desafios tecnológicos foram colocados entre as comunicações de computadores, a transmissão de dados sem perdas por linha telefônica etc., que foram aperfeiçoando a comunicação de computadores dando origem à internet.

Outra pesquisa recente apoiada pela Darpa é o desenvolvimento de veículos autônomos, tecnologia que seria útil para o transporte de comida, munição e armamento em veículos não tripulados em zonas de conflito (Belfiore, 2009, cap. 5). A forma adotada para escolher quais grupos de pesquisa e institutos seriam financiados foram "corridas" de carros sem pilotos, orientados por *global positioning system* (GPS), câmeras de vídeo, dispositivos a *laser* para identificar obstáculos e um *software* que recebe as informações e "dirige" o veículo.

O ápice desse programa foi a competição "desafio urbano", em 2007, quando os carros autônomos tiveram de mostrar habilidade para interagir com carros pilotados por humanos, parar em cruzamentos e obedecer o limite de velocidade e a sinalização do estado da Califórnia. Nesta competição, o objetivo da Darpa era mais uma vez provar que era possível desenvolver esta nova tecnologia.

> O trabalho da Darpa envolve a demonstração de que algo ousado pode ser feito. O importante não é ter todos os elementos necessários para o desenvolvimento de um produto. O objetivo é mostrar para pesquisadores e empresas em determinado campo da ciência que a inovação radical que se busca é possível e animá-los para que continuem com recursos próprios a pesquisa (Belfiore, 2009, p. 135).

FOTOGRAFIA 3
Stanford University Stanley, vencedor do Grand Challenge de 2005

Obs.: imagem reproduzida em baixa resolução em virtude das condições técnicas dos originais disponibilizados pelos autores para publicação (nota do Editorial).

Na última competição, em 2007, os carros foram construídos por vários departamentos de pesquisas de universidades, com o patrocínio de companhias automobilísticas e de outras empresas privadas, como a Google.

Novamente, apesar de o objetivo inicial do programa ter sido o desenvolvimento de veículos não tripulados para uso militar, as novas tecnologias desenvolvidas (por exemplo, *cruise control* inteligente, que freia automaticamente o carro, e sistemas de alerta, que detectam quando o motorista sai de sua faixa etc.) já foram incorporadas em alguns veículos comerciais.

Atualmente, a Google desenvolve o projeto do carro autônomo com uma equipe de sete carros que já rodaram mais de 1.600 km sem nenhuma intervenção humana e mais de 225 mil km com intervenções esporádicas do motorista (Markoff, 2010). O projeto da Google permite que o carro seja programado para padrões diferentes de direção (defensivo, agressivo etc.), envolve um time de quinze engenheiros e foi um dos resultados dos incentivos da Darpa com as três competições de veículos autônomos em 2004, 2005 e 2007.

Outro exemplo interessante de inovação patrocinado pela Darpa é o desafio, já comentado neste artigo, de desenvolver aviões hipersônicos (*scramjets*), o que significa unir duas tecnologias diferentes: a tecnologia de avião, que usa turbinas com partes móveis, e a tecnologia de foguetes, mas sem os tanques pesados de oxigênio que são necessários para propulsão (Belfiore, 2009, cap. 7). O grande desafio é desenvolver turbinas, sem partes móveis, cuja combustão é acionada pela própria velocidade do vento, levando o avião para velocidades cinco, seis ou mais vezes superiores à do som.

Há vários protótipos já construídos de mísseis e aviões *scramjet* em fase de teste. Empresas como a Boeing e a Lockheed participam destes projetos em conjunto com a Darpa e a agência de programas de exploração espacial dos Estados Unidos – a National Aeronautics and Space Administration (Nasa).

A Darpa também aposta, fortemente, no desenvolvimento de fontes de energia alternativas (Belfiore, 2009, cap. 8), em especial, no uso mais eficiente de energia solar e no de biocombustíveis. Nem sempre este tipo de desafio é bem aceito pela academia, como mostra Belfiore em uma das passagens mais fascinantes de seu livro sobre a Darpa (Belfiore, 2009, p. 232-233). Segundo o autor, o gerente de projeto da Darpa, Kirkpatrick, teve dificuldades de convencer a comunidade científica da relevância do projeto de construir células de energia solar que fossem mais eficientes, apesar de mais caras, devido ao risco de fracasso do projeto.

O desafio era construir células solares com base em nanotecnologia com um índice de eficiência de 50%, ante a eficiência de apenas 20% das células solares com base de silicone (Barnett, Kirkpatrick e Honsberg, 2006). Para surpresa do gerente do programa, os cientistas e engenheiros presentes na conferência na qual o projeto foi apresentado não gostaram do desafio, porque isto iria mostrar que o uso de energia solar na época (2006) ainda era muito ineficiente. Adicionalmente, na interpretação dos acadêmicos, não entregar o índice de eficiência estabelecido pela Darpa poderia prejudicar o desenvolvimento da energia solar.

Na opinião do gerente do projeto da Darpa, citado por Belfiore (2009, p. 233, tradução nossa), a razão era outra:

> Os pesquisadores nas universidades são premiados por fazer inovação incremental de tecnologias que já existem e, assim, conseguir publicar esses resultados. Em geral, esses resultados precisam ser positivos para que o pesquisador consiga publicar e ganhar pontos para seu progresso na carreira acadêmica. (...) Esses pesquisadores são avaliados pelo que conseguem publicar, e não se fizeram uma inovação radical para resolver um problema da vida real (...) o fracasso de uma inovação não é aceitável porque não se consegue publicar "casos malsucedidos".

A máquina de produzir células solares que combinam diferentes tipos de materiais com base em nanotecnologia é uma máquina de produção a vácuo chamada Molecular Beam Epitaxy (MBE), tradicionalmente utilizada para construir semicondutores. Estas novas células de energia solar são formadas por múltiplas camadas que utilizam diferentes materiais e permitem, assim, alcançar a eficiência de 50% de transformação de luz solar em energia, embora a um custo mais elevado.

Mais uma vez, a preocupação inicial com a pesquisa era militar: reduzir o peso médio da bagagem que um soldado leva em uma missão, já que 20% deste peso seria formado por diversas baterias para os equipamentos eletrônicos. Com o uso de energia solar mais eficiente, os aparelhos de GPS, os rádios de comunicação, os *notebooks* etc. poderiam receber carga sem a necessidade de troca de baterias. Ou todos os aparelhos poderiam ser recarregados com a alimentação de uma única fonte de energia solar, como mostrado na fotografia 4.

FOTOGRAFIA 4
Modo de recarga com fonte de energia solar

Fonte: Drummond (2010).
Obs.: imagem reproduzida em baixa resolução em virtude das condições técnicas dos originais disponibilizados pelos autores para publicação (nota do Editorial).

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tipo de fomento à inovação que decorre da forma de atuação da Darpa junto a universidades e empresas privadas não encontra paralelo com o que se faz no Brasil. Esta agência de inovação ligada ao Departamento de Defesa dos Estados Unidos é considerada modelo de gestão e um importante *player* no desenvolvimento de novas tecnologias desde internet, GPS, aviões hipersônicos até próteses inteligentes que recebem comandos do cérebro.[4]

Depois desse breve texto sobre a política de fomento à inovação nos Estados Unidos, por meio da agência de inovação Darpa, uma pergunta relevante seria identificar se há no Brasil algo parecido.

Há no setor público brasileiro um grupo de pesquisadores de reconhecida competência em sua área de atuação que define em quais tecnologias o país vai apostar? No caso do Brasil, há este fluxo constante de migração de pesquisadores de empresas privadas, academia e centros de pesquisa para uma agência pública de fomento à inovação e vice-versa? Em outra palavras, é possível falar que o sistema de promoção de CT&I no Brasil está inserido em um sistema nacional de inovação, como parece ser o caso da Darpa nos Estados Unidos? Os gestores públicos têm flexibilidade de tomar a decisão do que financiar a fundo perdido? Há, no caso brasileiro, em projetos apoiados pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), a dinâmica de avaliação e aprendizado a partir de casos de fracasso no desenvolvimento de novas tecnologias?

Por fim, um dos pontos mais importantes no financiamento a CT&I por meio de recursos do Departamento de Defesa dos Estados Unidos é o mecanismo de governança de todo o processo de pesquisa. No caso da Darpa, o diretor da agência tem liberdade de definir novos projetos de pesquisa, mas a continuidade dos recursos para estes novos projetos vai depender do interesse das Forças Armadas (Exército, Marinha e Aeronáutica) e/ou de uma revisão periódica do comitê de defesa do Congresso Americano.

Esse tipo de cobrança efetuada por uma comissão do Senado Federal, por exemplo, faz com que os gerentes de projeto da Darpa justifiquem junto ao comitê do Congresso Americano por que apostar em algumas tecnologias e não em outras. Esta cobrança aumenta o controle indireto da sociedade no uso de recursos escassos e, no caso de inovação radical, parece ser muito mais eficiente que as regras adotadas no Brasil: exigências da lei de licitação, prestação de contas das auditorias do Tribunal de Contas da União (TCU) etc.

No caso do uso da tecnologia de *scramjet* para aviões, por exemplo, o comitê do Senado dos Estados Unidos, que fiscaliza os programas das Forças Armadas, decidiu, em maio de 2008, cortar recursos da Darpa para o programa de avião hipersônico Blackswift. Segundo este comitê, não estava claro se os problemas tecnológicos que impedem a construção deste tipo de avião estavam perto de serem solucionados. Assim, a comissão recomendou que a agência priorizasse o uso de *scramjet* em mísseis hipersônicos e não em aviões (Adde e Iannotta, 2008). Devido ao corte no orçamento, o projeto foi descontinuado, mas retomado novamente em 2011, com metas muito mais ambiciosas: construir um protótipo de avião hipersônico até 2016 que alcance vinte vezes a velocidade do som.

No Brasil, não há nada parecido em termos de gestão, *accountability* e cooperação entre setor público e privado para o desenvolvimento de novas tecnologias de uso militar ou comercial. Um exemplo da precariedade brasileira no fomento à inovação é a explosão que destruiu o foguete brasileiro VLS-1 V03 (foguete que iria pôr em órbita o satélite meteorológico Satec) e matou 21 técnicos civis no Centro de Lançamento de Alcântara, em 22 de agosto de 2003.

Segundo a comissão que investigou as causas do acidente, em 2007, parte da culpa do acidente estaria ligada ao baixo investimento em segurança, motivo destacado em uma declaração do ex-ministro do MCTI, Roberto Amaral, quando diretor da empresa binacional Alcântara Cyclone Space (ACS).

4. Há pelo menos três bons trabalhos sobre a história da Darpa no desenvolvimento de novas tecnologias. Um é o livro de Belfiore (2009); outro é o livro da Darpa, publicado por ocasião de seu aniversário de cinquenta anos, em 2008 (Darpa, 2008); e o terceiro é um trabalho encomendado pela própria Darpa no fim da década de 1980 (Reed, Atta e Deitchman, 1990).

> (...) o país não tem projetos estratégicos consequentes fora da área econômica. Qualquer burocrata de terceiro escalão nos ministérios da Fazenda ou do Planejamento barra os recursos para um projeto nacional estratégico, lamentou Amaral. O detonador que provocou o acidente (em Alcântara) foi a dieta de recursos (Poggio, 2009).

Se o programa de lançador de satélites da base de Alcântara tiver sucesso, o Brasil poderá lançar com mais de dez anos de atraso seu primeiro satélite em 2014. A importância do programa é muito mais estratégica, ter o domínio da tecnologia de lançamento de foguetes que nenhum país da América Latina tem, apesar de ter sido constituída uma empresa binacional (Alcântara Cyclone Space) que venderá os serviços de lançamento de satélites para terceiros.

É verdade que a tecnologia tradicional de lançamento de foguetes é da década de 1960, mas é uma tecnologia que poucos países dominam, que está em constante evolução, que busca tornar mais barato o custo das missões espaciais e os veículos de lançamentos mais leves com o desenvolvimento de novos combustíveis. Esta é uma área controlada a sete chaves pelo governo americano, apesar de hoje existir nos Estados Unidos um grupo de empresas privadas médias atuando na corrida espacial e reduzindo o custo da construção de foguetes.[5] No entanto, esta é uma realidade ainda distante do caso brasileiro.

É também difícil achar que com um orçamento de apenas R$ 300 milhões por ano – 5% do orçamento do MCTI – a Agência Espacial Brasileira (AEB) tenha fôlego financeiro para ser mais agressiva no programa espacial brasileiro. De acordo com seu diretor atual, José Raimundo Coelho:

> É preciso ter a garantia de que o dinheiro vai existir na data em que assumirmos o compromisso e isso ainda não existe (...) Isso ainda é muito complicado para a AEB. Segundo o presidente, apesar de ser aventado como uma questão de soberania nacional, o programa espacial brasileiro ainda precisa convencer os políticos e a sociedade de que realmente é importante (Pires, 2012).

Será que há algum consenso no governo e na sociedade brasileira para adoção de programas de fomento à inovação nos moldes que o Estados Unidos fazem, via Darpa, em que a política de defesa esta ligada à política de inovação?

REFERÊNCIAS

ADDE, N.; IANNOTTA, B. Blackswift: Cost vs. Capability. **Airforce times**. 22 Sept. 2008. Disponível em: <http://www.airforcetimes.com/news/2008/09/airforce_blackswift_092208w/>.

BARNETT, A.; KIRKPATRICK, D.; HONSBERG, C. **New US Ultra High Efficiency R&D Programme**. *In*: EUROPEAN PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY CONFERENCE, 21. Dresden, Germany, 2006.

BELFIORE, M. **The Department of Mad Scientists**: how Darpa is remaking our world from the internet to artificial limbs. New York: HarperCollins, 2009.

DARPA – DEFENSE ADVANCED RESEARCH PROJECTS AGENCY. **Darpa**: 50 years of Bridging the Gap. Washington: Faircount LLC, 2008.

DRUMMOND, K. Darpa Push: Solar Cells Tough Enough to Handle a War. **Danger room**. 25 June 2010. Disponível em: <http://www.wired.com/dangerroom/2010/06/darpa-push-solar-cells-tough-enough-to-handle-a-war/>.

MARKOFF, J. Smarter than you think: Google cars drive themselves, in traffic. **The New York times**, A1,10 Oct. 2010.

NEUMAYER, L. *et al*. Open mesh *versus* laparoscopic mesh repair of inguinal hernia. **The New England journal of Medicine**, v. 350, n. 18, 2004.

PIRES, M. T. Foguete brasileiro-ucraniano só deve ser lançado em 2014. **Veja**, 24 jul. 2012. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/foguete-brasileiro-ucraniano-deve-ter-lancamento-adiado-para-2014>.

POGGIO, G. Diretor da ACS diz que burocracia emperra projeto estratégico. **Poder aéreo**, 15 out. 2009. Disponível em: <http://www.aereo.jor.br/2009/10/15/diretor-da-acs-diz-que-burocracia-emperra-projeto-estrategico/>.

REED, S. G.; ATTA, R. H. V.; DEITCHMAN, S. J. **Darpa technical accomplishments**: an historical review of selected Darpa projects. Alexandria, Virginia: Institute for Defense Analyses, 1990.

WALDROP, M. Darpa and the Internet Revolution. *In*: DARPA – DEFENSE ADVANCED RESEARCH PROJECTS AGENCY. **Darpa**: 50 years of bridging the gap. Washington: Faircount LLC, 2008.

---

5. Exemplos destas companhias são: SpaceX, do fundador da empresa PayPal, Elon Musk; Bigelow Aerospace, de um ex-corretor de imóveis do Texas; e Armadillo Aerospace, de um ex-programador de jogos eletrônicos. Todas estas empresas têm contratos com a Nasa ou com algum órgão do governo americano.

Ciência, Tecnologia e Inovação em Defesa: notas sobre o caso do Brasil

Flávia de Holanda Schmidt*

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da última década, o setor de defesa tem obtido, de modo mais consistente, relevância na pauta das políticas públicas do governo brasileiro. O principal documento norteador deste movimento é a Estratégia Nacional de Defesa (END), aprovada pelo Decreto nº 6.703, de 18 de dezembro de 2008, que trouxe nova concepção de defesa para o país. No texto da END, indica-se claramente a importância de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) para a defesa nacional. Analogamente, outras políticas públicas voltadas para o desenvolvimento econômico e social têm consistentemente elencado o complexo industrial de defesa e aeroespacial como áreas prioritárias, reconhecendo que a capacidade estratégica de defesa de um país está cada vez mais intrinsecamente relacionada a seu potencial de desenvolvimento científico e tecnológico.

Este texto tem como objetivo apresentar uma discussão sobre CT&I em defesa e levantar algumas questões para debate e aprofundamento futuro sobre o caso do Brasil. Trata-se de um relatório preliminar de um projeto mais amplo que pretende se debruçar sobre algumas questões centrais para o êxito das políticas públicas setoriais de CT&I do país, abordando especialmente aspectos ligados à infraestrutura científica e tecnológica.

O artigo conta com cinco seções, incluindo-se esta introdução. A seção 2 apresenta uma breve revisão de literatura sobre a importância de CT&I para a indústria de defesa. Na seção 3, é apresentado o arcabouço normativo recente do Brasil em relação ao tema. Por sua vez, a seção 4 expõe informações sobre a infraestrutura científica e tecnológica em defesa existente no país e aborda alguns projetos de desenvolvimento de produtos de defesa nacionais em andamento. Por fim, são tecidas algumas considerações finais e apresentadas sugestões para o prosseguimento de pesquisas futuras.

2 A RELAÇÃO ENTRE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO E DEFESA

Se, durante grande parte da história humana, a atividade militar foi intensiva em trabalho, a mudança para meios mais intensivos em capital, ocorrida na segunda metade do século XIX, representa a inovação na guerra moderna, que deixou de ter como base o transporte de tropas e passou a ter como elemento central forças fortemente armadas (Markusen, 1986). Para Paarlberg (2004), é naquele momento que a chamada "corrida armamentista" passou em verdade a ter traços do que culmina, na atualidade, em uma "corrida científica".

O movimento de mudança iniciado no século XIX não apenas seguiu ao longo do século subsequente ou como também, se, intensificou, com gerações sucessivas de tecnologia, que evoluíram em uma mudança rápida do ambiente estratégico de combate. Como alerta Paarlberg (2004), durante a Segunda Guerra Mundial, a fonte de supremacia militar correspondia às capacidades industriais dos países. No decorrer da guerra, os Estados Unidos foram superiores porque podiam construir maior quantidade de armamentos, embora a Alemanha pudesse inovar mais. Entretanto, após o fim do conflito, foram as capacidades científicas que passaram a ser determinantes do êxito

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

militar, levando o país à consolidação da liderança no setor.[1] Até a atualidade, é a dominância internacional norte-americana de campos de ciência e tecnologia diretamente ligados ao projeto e à utilização de armas –, tais como a física, a química e a tecnologia da informação – que torna possível a supremacia militar do país. Assim, desde o fim da Segunda Guerra, novas tecnologias são continuamente aplicadas às armas e aos sistemas de armas, como destacam Markowski e Hall (1998), e a um ritmo célere de transformação tecnológica em eletrônica, materiais e *software*. O reflexo deste cenário foi o aumento dos custos unitários de equipamentos de defesa, dado que a maior capacidade de plataformas e sistemas implica a aquisição de menos unidades.[2]

No final do século XX, contudo, o fim da Guerra Fria impôs uma nova realidade ao setor de defesa, com a queda global dos orçamentos dedicados à indústria. Neste sentido, o conceito de *self-reliance* evoluiu de uma perspectiva que focava a utilização de fontes domésticas para o fornecimento de equipamentos e bens de defesa para uma visão segundo a qual a *self-reliance* poderia ser atingida pela existência de firmas e centros de pesquisa nacionais com capacidades tecnológicas competitivas na área de defesa. Configurou-se, deste modo, um panorama em que a ênfase mudou de um alto volume de produção de novos sistemas de defesa para a manutenção da superioridade tecnológica por meio de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), essencial para a atualização, o suporte logístico e o controle das armas e da inteligência dos sistemas nelas embarcados. Alguns autores, como Koubi (1999), identificam este movimento como uma "disputa qualitativa" por armas, pois, diante da escolha entre dedicar recursos à produção de armas existentes – o que seria a "disputa quantitativa", segundo o autor – ou direcioná-los à P&D, passou-se então a priorizar a segunda opção.

É interessante observar que, assim como em outros setores (Mazzoleni e Nelson, 2005), se a cópia foi em algum momento uma opção viável para o *catching up* com os líderes tecnológicos,[3] estes movimentos tendem a ser cada vez mais raros em virtude de sua complexidade. É consensual que a supremacia militar na atualidade resida na supremacia científica, pois as inovações militares dominantes são representadas não apenas por novas armas, mas também por sistemas completos de *hardware* e *software* – sensores, satélites, códigos de programas e sistemas de comandos, por exemplo –, cuja operação exige equipes de pessoas tecnicamente qualificadas e treinadas (Paarlberg, 2004).

Mallik (2004), por sua vez, afirma que, a despeito do ritmo mais rápido de difusão tecnológica, em muitos campos, a lacuna entre países continuará a mesma ou até mesmo aumentará em decorrência do alto custo total e da complexidade de tecnologias sofisticadas – como tecnologia furtiva,[4] armas inteligentes, mísseis balísticos intercontinentais, mísseis de cruzeiro estratégico e submarinos nucleares, exemplos de tecnologias que, na visão do autor, seguirão restritas a apenas a algumas nações que possuem meios econômicos e maturidade tecnológica para possuí-las. Deste modo, quando novas capacidades tecnológicas forem incorporadas no futuro por países líderes como os Estados Unidos, entre os outros países, poucos terão tanto os meios como a motivação para investir pesadamente em combatê-los.

Uma característica bastante específica dos desenvolvimentos mais complexos na área militar tende a reforçar esta lacuna entre os países líderes e as demais nações: o longo ciclo de desenvolvimento de produtos na indústria.

---

1. Em 2010, entre as cem maiores empresas mundiais do setor de defesa, medidas pelas suas receitas de vendas de produtos e equipamentos militares, 47 firmas eram norte-americanas, segundo dados do Stockholm International Peace Research Institute (Sipri). Estas 47 firmas responderam por 59% dos U$ 465 bilhões negociados no mesmo ano. Em segundo lugar, está o Reino Unido, cujas dez empresas elencadas no *ranking* tiveram pouco mais de 10,5% de participação nas vendas mundiais.

2. No último debate da campanha presidencial dos Estados Unidos, realizado em 22 de outubro de 2012, Mitt Romney, candidato que veio a ser derrotado nas urnas, questionou o seu oponente, o presidente Barack Obama, quanto ao fato de que a Marinha do país tinha menos navios em 2012, sob o seu comando, que em 1917. A resposta de Obama ao seu então adversário foi: "*We also have fewer horses and bayonets because the nature of our military has changed*" ("Também temos menos cavalos e baionetas, porque a natureza da nossa atividade militar mudou", tradução nossa).

3. Paarlberg (2004) apresenta alguns exemplos de seguidores que, no passado, tiveram rápido êxito em reproduzir as inovações bélicas dos países líderes: quando a Inglaterra desenvolveu o supernavio HMS Dreadnought, em 1906, em apenas três anos, a Alemanha construiu o seu próprio modelo. Décadas mais tarde, a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), mesmo cientificamente defasada, conseguiu, junto com os Estados Unidos, aperfeiçoar as inovações missilísticas da Alemanha após a Segunda Guerra Mundial. A primeira arma de detonação americana foi seguida por uma similar soviética apenas quatro anos depois, e a primeira arma de fusão nuclear, dos Estados Unidos, em 1952, foi seguida por uma soviética apenas dez meses depois. A partir daí, observa-se uma inflexão nesta tendência, pois, quando, em 1957, a ex-URSS lançou o satélite Sputnik, os Estados Unidos responderam com investimentos muito superiores aos de seu rival, não apenas em programas de P&D voltados para armamentos, como também em educação e ciência básica.

4. Tecnologias furtivas (*stealth*) são aquelas que reduzem a visibilidade de alvos – como aviões, por exemplo –, tornando-os de mais difícil detecção, não apenas por radares, mas também com base em características termais ou acústicas.

A dominância militar atual dos Estados Unidos decorre dos investimentos em C&T feitos entre as décadas de 1950 e 1970 pelo Departamento de Defesa e por outras agências federais (Denney, 2011). Este autor enfatiza que os resultados são diretamente relacionados aos esforços nos estágios mais precoces do ciclo de desenvolvimento de produto, na pesquisa e nos testes com tecnologias novas e inovativas. Uma implicação prática disto é que uma visão de curto prazo no setor pode comprometer a posição tecnológica do país em algumas décadas.

A despeito da lacuna existente entre os países no que concerne à tecnologia militar, uma característica contemporânea da inovação no setor tem chamado atenção dos autores: no século XXI, diferentemente das décadas de 1950 e 1960, quando a maioria das tecnologias era desenvolvida sob os auspícios do chamado complexo industrial-militar dos Estados Unidos e da ex-União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS),[5] cada vez mais a tecnologia tem sido desenvolvida por empresas de setores tidos como "civis" (Mallik, 2004). Tecnologias comerciais civis agora estão fazendo o movimento conhecido como *spin in* (transbordamento da área civil para a militar), e produtores de equipamentos militares estão crescentemente se voltando para tecnologias civis que se adaptam para aplicações militares.

Dunne e Braddon (2008) identificam o início desse movimento na década de 1970, pela ascensão de novas indústrias e tecnologias, como a eletrônica e a tecnologia da informação e comunicação (TIC). A eletrônica incorporou-se a quase todos os níveis de produtos de defesa, dos sistemas de armas ao comando e controle, fazendo com que os recursos de P&D migrassem das plataformas tradicionais de armas para as firmas de eletrônica e de computação.

A despeito do fato de que, desde então, o *mix* de conhecimentos utilizados para pesquisas civis e militares[6] não é de fato substantivamente diferente, Mallik (2004) aponta que a intensificação deste movimento nesse início de século se origina na vantagem de menor tempo de desenvolvimento que os civis conquistaram, tendo assim recentemente estado à frente na maioria destas grandes áreas tecnológicas de interesse da defesa, pois, se outrora a inovação nos sistemas militares estimulava a inovação em áreas civis, o processo longo e repleto de considerações complexas sobre integração, interoperabilidade e efetividade de custo que ocorre sob os auspícios das demandas da defesa não atende ao ritmo exigido pelo mercado na atualidade. Outras áreas de interesse militar além das TICs que vêm experimentando avanços no âmbito de pesquisas civis, na visão de Mallik (2004), são as de aeronáutica, eletrônica, propulsão, direcionamento, sensores e eletrônica digital.

Esse movimento que torna as fronteiras entre tecnologias militares e civis mais tênues tem algumas implicações decorrentes das características específicas do mercado de defesa. Em primeiro lugar, a rapidez com que ocorrem as mudanças tecnológicas nas áreas civis, em que algumas inovações têm vida de prateleira de dezoito meses, não é adequada ao longo ciclo de vida dos equipamentos militares. Deste modo, ao incorporar muitas tecnologias integradas, os equipamentos militares tendem a ser precocemente vitimados pela obsolescência tecnológica de algumas partes que os fornecedores originais podem não ter compromisso de manter em produção ou em estoque. Além disso, não é possível, em muitos casos, retirar uma parte e fazer sua atualização sem perturbar o funcionamento do sistema como um todo (Mallik, 2004).

Paarlberg (2004), adicionalmente, afirma que o processo de transformar a tecnologia civil em militar não é trivial, pois mesmo que os sistemas militares sejam baseados em tecnologias fundamentalmente civis, eles ainda envolvem tecnologias especificamente militares e, assim, precisam ser independentemente desenvolvidos. Além disso, mesmo que todas as tecnologias componentes estejam disponíveis, o seu processo de integração em um "todo" que seja funcional é desafiante.

---

5. É bastante aceita na literatura a hipótese segundo a qual tecnologias militares foram essenciais para a geração de importantes benefícios econômicos que se espraiam pela economia. Chu e Lai (2012) e Ruttan (2006) afirmam que a tecnologia de defesa aumenta a produtividade agregada, potencializando o crescimento e o aperfeiçoamento de bens públicos, como o desenvolvimento de tecnologias de propósito geral (*general-purpose technologies* – GPTs), que possuem aplicações civis, pelo *spin off* (transbordamento da área militar para a civil). Opõem-se a este argumento, entretanto, autores como Dunne e Braddon (2008), para quem o papel da defesa não é incontestável, uma vez que o fato de que inovações surgiram no meio militar não impossibilita que elas tivessem ocorrido de qualquer forma. Estes autores afirmam ainda que a P&D militar não tem por objetivo central gerar benefícios econômicos, mas, sim, manter a capacidade das forças armadas. Qualquer transbordamento não deveria então ser uma motivação, mas uma consequência não pretendida, exceção feita os casos de estratégia de desenvolvimento dual.

6. Para Dunne e Braddon (2008), alguns campos do conhecimento tendem a dominar a área militar: a física, as ciências dos materiais, as telecomunicações, a ciência aeroespacial e a ciência da informação.

Em relação ao equilíbrio geopolítico global, Mallik (2004) destaca os impactos dessa tendência de incorporação de tecnologias civis geradas dentro de empresas privadas que fornecem serviços ao governo de seus países, mas que podem exportar para outros países sem, muitas vezes, passar pelo crivo dos regimes de controle de exportações que afetam as tecnologias tradicionalmente militares. Nesta perspectiva, este movimento poderia, assim, representar o acesso de mais países a algumas capacidades militares que estavam até então disponíveis para algumas potências no passado. De certa forma, isto indica que a lacuna tecnológica entre os países mais avançados e os de nível médio poderá ser reduzida de forma geral.

Para Mallik (2004), as nações emergentes mais progressistas também se tornaram compradoras mais inteligentes ao insistir na transferência de tecnologia em cada ação de aquisição. O autor reputa que a alta tecnologia é um mercado na atualidade, de modo que dificilmente o fornecedor recusará estes acordos pelo receio de ser vencido na competição. Exceção feita ao caso dos Estados Unidos, que continuamente investiu em P&D de alta tecnologia e inovação, a maioria dos demais participantes dos regimes multilaterais de controles de exportações parece perder a sua fronteira tecnológica e, assim, a base para os controles de exportação.

Outra característica que pode reforçar esse novo movimento de disputa tecnológica entre países na área de defesa é o fato de que – diferentemente do que ocorre em setores exclusivamente civis, onde um resultado do tipo *the winner takes it all* (o vencedor leva tudo) em uma disputa setorial pode induzir o competidor em desvantagem a migrar os recursos para outro projeto de P&D –, na área militar, pode haver importantes benefícios para o país perdedor ao fazer o *catching up* com o líder (Koubi, 1999). No modelo proposto pelo autor, o país em desvantagem nunca cede a posição e abandona a disputa, pelo menos enquanto algum benefício puder ser derivado de um eventual sucesso na obtenção de tecnologias relevantes, independentemente da ordem de chegada entre os países ao final da disputa. A premissa para este arcabouço proposto é justificada por Koubi (1999) pelo fato de que, na atualidade, inovações significativas na tecnologia de armas são potencialmente capazes de induzir modificações radicais na distribuição do poder.

Há, assim, um panorama em que a relevância militar dos países se torna cada vez mais uma disputa pela liderança tecnológica na produção de armas e sistemas de armas, em detrimento de uma situação anterior, em que a capacidade industrial de fabricação de uma grande quantidade de armas era sinal de hegemonia. Por um lado, esta complexidade crescente dos produtos de defesa tende a inviabilizar o êxito de estratégias de imitação que, no passado, foram usadas com sucesso por alguns países; concomitantemente, torna economicamente ineficiente para cada país desenvolver todo o espectro de infraestrutura tecnológica necessária ao desenvolvimento inteiramente endógeno de seus produtos de defesa. Por outro lado, é cada vez mais intenso o uso de tecnologias consideradas civis para o desenvolvimento de aplicações militares.

A literatura indica, nesse contexto, algumas alternativas possíveis. Perani (1998), ao analisar o caso italiano, aponta a necessidade de restruturação do sistema nacional de inovação militar, com a identificação de prioridades definidas na manutenção de P&D militar, especialmente nas áreas de excelência. Setter e Tishler (2005) afirmam que alguns países podem optar por ser meros seguidores, focando apenas em melhorias incrementais ou importações, e outras nações podem preferir desenvolver tecnologia no estado da arte e, assim, estar entre os líderes mundiais em segmentos selecionados. Para tanto, Setter e Tishler (2005) destacam que o desenvolvimento de infraestrutura tecnológica é essencial para o êxito dos projetos de P&D empreendidos. Mallik (2004), por fim, sugere que os países desenvolvam competências centrais em áreas tecnológicas críticas e sensíveis, alertando, porém, que apenas países que possuam infraestrutura científica e tecnológica e maturidade podem realmente absorver alta tecnologia e se beneficiar do processo de difusão tecnológica ao redor do mundo.

3 PANORAMA DO ARCABOUÇO NORMATIVO NACIONAL RECENTE

A breve revisão empreendida na seção anterior evidenciou não somente a importância do desenvolvimento tecnológico para a pretendida consolidação de uma robusta base industrial de defesa no país,[7] mas também, antes, sinalizou que este objetivo não pode prescindir da existência de uma base científica e tecnológica adequada. No Brasil, a criação do então Centro Técnico Aeroespacial (CTA),[8] na década de 1940, e a inauguração do Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA), em 1950, pavimentaram o advento e a expansão do complexo aeroespacial de São José dos Campos, em um caso frequentemente citado como exemplo do êxito da ação governamental para o desenvolvimento industrial do país. Já no início da década de 1960, a influência do CTA e do ITA seria determinante para o surgimento de um núcleo de pessoal qualificado e firmas de engenharia na cidade – como a Neiva e a Avibras – e, em 1969, para a criação da Embraer (Rodengen, 2009).

De fato, o imperativo da institucionalização dos laços entre a CT&I e a área de defesa tem sido alvo de esforços governamentais na última década. Nesta seção, são abordadas as principais iniciativas neste sentido, com o objetivo de criar um quadro de referência que permita, em etapa subsequente do projeto mais amplo em que se insere este trabalho, analisar criticamente as potencialidades, os limites e os gargalos do Sistema Nacional de Inovação em alavancar a competitividade do complexo industrial de defesa.

No período recente, a atuação institucional conjunta entre o Ministério da Defesa (MD) e o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) remonta a 2003, quando foi lançada a *Concepção Estratégica: ciência, tecnologia e inovação de interesse da defesa nacional* (Brasil, 2003), baseada em diretrizes propostas em seminário realizado ainda em 2002. Precedendo iniciativas que se sucederam ao longo dos anos 2000, a concepção ressalta que "a pesquisa e o desenvolvimento em C&T passam a ficar voltados para a indústria nacional", e destaca o papel do MD como articulador dos projetos de CT&I de interesse do setor (*op. cit.*). O documento lança as bases do Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação em Defesa (SisCTID) e já, em um de seus dez objetivos estratégicos, se volta para o "aprimoramento da infraestrutura de C&T de apoio a programas e projetos de interesse da Defesa Nacional". Tanto os objetivos estratégicos como suas diretrizes de implantação, expressos na Concepção Estratégica, viriam a ser posteriormente consolidados no ano seguinte pela Política de Ciência, Tecnologia e Inovação para a defesa nacional, pela publicação da Portaria Normativa nº 1.317/MD, de 4 de novembro de 2004 (Brasil, 2004).

Uma das contribuições relevantes consolidada na Concepção Estratégica é a identificação de áreas estratégicas de demanda da defesa nacional e das tecnologias de interesse desta, que resultou em uma matriz entre áreas e tecnologias, ilustrada no quadro 1.[9]

7. A Estratégia Nacional de Defesa (END) estabeleceu a revitalização da indústria de material de defesa como um dos três eixos estruturantes para a defesa do país, ao lado da reorganização das Forças Armadas e da sua política de composição dos efetivos.

8. O CTA seria mais tarde rebatizado em algumas ocasiões; desde 2009, é o Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA).

9. A matriz resultou de um trabalho conjunto feito por especialistas convidados, a partir de uma pesquisa sobre os modelos existentes e praticados no exterior no campo da CT&I de defesa. Os modelos usados como referência foram o modelo desenvolvido no Air Force Institute of Technology (AFIT), o modelo denominado Militarily Critical Technologies List (MCTL), o modelo do Western European Armaments Group (WEAG) e o modelo do Battelle Memorial Institute. Os dois primeiros modelos foram gerados no âmbito do Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América (DoD); o terceiro, dentro do cenário integrado das Forças Armadas da Comunidade Europeia; e o quarto, dentro de um instituto norte-americano civil de pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica, como relata o texto da própria Concepção Estratégica.

QUADRO 1
Mapeamento entre áreas e tecnologias de interesse da defesa nacional

Áreas / Tecnologias	Ambiental	Biomédica	Sistemas de armas	Energia	Espacial	Materiais	Micro e nanotecnologia	Tecnologia da informação	Telecomunicações
Fusão de dados	■		■		■		■	■	■
Microeletrônica		■	■		■	■	■	■	■
Sistemas de informação			■					■	
Radares de alta sensibilidade	■		■						■
Ambientes de sistemas de armas	■		■						■
Materiais de alta densidade energética			■	■	■	■	■		
Hipervelocidade			■		■				
Potência pulsada			■	■					
Navegação automática de precisão			■						■
Materiais compostos			■		■	■			
Dinâmica dos fluidos computacional (CFD)			■		■				
Sensores ativos e passivos	■		■			■	■	■	
Fotônica	■	■		■			■		■
Inteligência de máquinas e robótica		■	■					■	
Controle de assinaturas	■							■	■
Reatores nucleares				■					
Sistemas espaciais			■		■	■	■	■	■
Propulsão com ar aspirado			■	■		■			
Materiais e processos em biotecnologia		■				■	■		
Defesa química, bacteriológica e nuclear (DBQN)			■						
Integração de sistemas	■		■		■			■	■
Supercondutividade						■			
Fontes renováveis de energia				■			■	■	

Fonte: Brasil (2003).

Seguiu-se a isso a Política de Defesa Nacional (PDN), instituída pelo Decreto nº 5.484, de 30 de junho de 2005 (Brasil, 2005). Sendo o documento condicionante de mais alto nível do planejamento de defesa do país, a PDN contempla um amplo espectro de temas ligados à defesa e à segurança nacional, tendo, ainda assim, evidenciado em seu conteúdo a relevância da CT&I em duas de suas diretrizes estratégicas: "estimular a pesquisa científica, o desenvolvimento tecnológico e a capacidade de produção de materiais e serviços de interesse para a defesa" e "intensificar o intercâmbio das Forças Armadas entre si e com as universidades, instituições de pesquisa e indústrias, nas áreas de interesse de defesa".[10]

10. Em julho de 2012, a Presidência da República encaminhou ao Congresso Nacional, por meio da Mensagem Presidencial nº 323, de 17 de julho de 2012, novas propostas de atualização da PDN e da END, e ainda o Livro Branco da Defesa Nacional. No que tange à PDN, as alterações feitas não colocam em segundo plano as diretrizes anteriores em relação à CT&I: na seção dedicada à caracterização do país, a proposta afirma que "A persistência de ameaças à paz mundial requer a atualização permanente e o aparelhamento das nossas Forças Armadas, com ênfase no apoio à ciência e tecnologia para o desenvolvimento da indústria nacional de defesa. Visa-se, com isso, à redução da dependência tecnológica e à superação das restrições unilaterais de acesso a tecnologias sensíveis – desenvolver a indústria nacional de defesa, orientada para a obtenção da autonomia em tecnologias indispensáveis". Já dentre os objetivos nacionais, figura "desenvolver a indústria nacional de defesa, orientada para a obtenção da autonomia em tecnologias indispensáveis". Em relação à END, permanece a prioridade aos mesmos setores estratégicos, inclusive pela formação de recursos humanos com mais bolsas de pesquisa em política "não se limitará à ciência aplicada, de emprego tecnológico imediato. Beneficiará, também, a ciência fundamental e especulativa". O desenvolvimento de capacitações tecnológicas independentes como diretriz de reorganização da BID. A íntegra das propostas está disponível em: <https://defesa.gov.br/index.php/ultimas-noticias/3869-24072012-defesa-politica-estrategia-e-livro-branco-de-defesa-nacional-conheca-os-documentos-enviados-pela-presidenta-da-republica-a-apreciacao-do-congresso-nacional>.

A institucionalização da ação conjunta entre o MD e o MCTI fortaleceu-se em 2007, com a edição da Portaria Interministerial nº 750 (Brasil, 2007), com o objetivo de viabilizar soluções inovadoras para o atendimento das necessidades deste segmento. Assim, a estrutura da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) passou a incorporar o Departamento de Institutos de Pesquisa em Áreas Estratégicas (Dipa),[11] sob a égide na qual foram reunidos os projetos correlatos ao tema de defesa que se encontravam até então espalhados pelos departamentos da empresa. Segundo Acioli (2011), em função do caráter estratégico dos projetos apoiados, muitos dos quais com alto grau de complementaridade, a falta de uma visão unificada no âmbito da FINEP prejudicava seu devido acompanhamento, dificultando que a empresa assumisse um papel mais proeminente na função indutora de novos desenvolvimentos.

Já em 2008, a Estratégia Nacional de Defesa faz referência à Política de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Defesa Nacional, preconizando que exista um

> planejamento nacional para desenvolvimento de produtos de alto conteúdo tecnológico, com envolvimento coordenado das instituições científicas e tecnológicas (ICT) civis e militares, da indústria e da universidade, com a definição de áreas prioritárias e suas respectivas tecnologias de interesse e a criação de instrumentos de fomento à pesquisa de materiais, equipamentos e sistemas de emprego de defesa ou dual, de forma a viabilizar uma vanguarda tecnológica e operacional pautada na mobilidade estratégica, na flexibilidade e na capacidade de dissuadir ou de surpreende (Brasil, 2008a, p. 51).

É mister ressaltar que, em decorrência da END, mudanças institucionais foram feitas no âmbito do MD, como a criação da Secretaria de Produtos de Defesa (SEPROD),[12] à qual está vinculado o Departamento de Ciência e Tecnologia Industrial (DECTI).

Fora do âmbito do MD, em 2008, foi lançada a Política de Desenvolvimento Produtivo – PDP (Brasil, 2008b), que considerou o complexo industrial de defesa como um dos programas mobilizadores em áreas estratégicas. Em 2011, foi lançado o Plano Brasil Maior – PBM (Brasil, 2011), nova política governamental de desenvolvimento industrial, de inovação e de comércio exterior, que substituiu a PDP, e no âmbito do qual foi aprovada a Medida Provisória nº 544, convertida em março de 2012 na Lei nº 12.598, com medidas de incentivo e proteção às empresas nacionais de produtos de defesa (Schmidt, Moraes e Assis, 2012).

Por fim, a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012-2015 – ENCTI (Brasil, 2012), que tem como um de seus eixos de sustentação o "fortalecimento da pesquisa e da infraestrutura cientifica e tecnológica", também aponta entre os setores prioritários cujas cadeias devem ser impulsionadas o complexo industrial de defesa e o setor aeroespacial. Nos dois setores, a ENCTI destaca, respectivamente, a importância dos "centros de excelência" em pesquisa existentes na Marinha, no Exército e na Aeronáutica (*op. cit.,* p. 64) e "a infraestrutura laboratorial e de centros de controle do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA)" (*op. cit.,* p. 66). É oportuno destacar que, a despeito do texto da ENCTI tratar explicitamente da infraestrutura científica e tecnológica diretamente vinculada ao MD e ao MCTI – no caso do INPE –, é amplamente reconhecido que centros de pesquisa ligados a universidades e empresas no país têm, ao longo dos anos, contribuído para o desenvolvimento tecnológico do setor.

4 INFRAESTRUTURA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM DEFESA NO BRASIL

O conteúdo discutido nas seções anteriores evidencia, pelo lado da literatura, que o progresso científico é o alicerce capaz de propiciar aos países sistemas nacionais de defesa mais modernos, ágeis e eficientes em seus objetivos estratégicos; o arcabouço normativo brasileiro, por sua vez, tem sido, ao longo dos últimos anos, consistente em afirmar a aspiração nacional pelo desenvolvimento endógeno de produtos de defesa tecnologicamente competitivos. Diante disto, algumas perguntas parecem relevantes: qual é de fato a infraestrutura científica e tecnológica envolvida em projetos de interesse da defesa nacional? Quais outras infraestruturas possuem

11. Em resolução de setembro de 2012 (RES/DIR/0272/12), o Departamento de Institutos de Pesquisa em Áreas Estratégicas (Dipa) passou a ser denominado Departamento de tecnologias aeroespacial e de defesa (DTAD).

12. Decreto nº 7.364, de 23 de novembro de 2010.

capacidades para eventualmente serem envolvidas no desenvolvimento das chamadas "tecnologias sensíveis", que visam garantir maior autonomia endógena à BID brasileira? Em quais áreas tecnológicas o país deve apostar? Qual o real potencial de contribuição desta infraestrutura para o atingimento dos objetivos nacionais apresentados na seção anterior?

Uma vez que, como já exposto, este artigo tem natureza exploratória, buscar-se-á nesta seção identificar, de forma eminentemente descritiva e a partir de informações secundárias, algumas indicações para a primeira das questões orientadoras acima sugeridas, uma vez que o estágio atual da pesquisa ainda não permite inferências mais fundamentadas sobre as questões subsequentes.

No Brasil, as três Forças Armadas possuem órgãos de direção geral e setorial na área de ciência e tecnologia subordinados diretamente aos comandantes das Forças em sua estrutura organizacional. Na Marinha do Brasil (MB), a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha (SecCTM); no Exército Brasileiro (EB), o Departamento de Ciência e Tecnologia (DCT); e na Força Aérea Brasileira (FAB), o DCTA. Estas estruturas atuam como órgãos centrais executivos, no planejamento, na orientação, na coordenação e no controle das atividades científicas, tecnológicas e de inovação das Forças, e coordenam, no âmbito delas, os órgãos executivos. No quadro 2, são identificadas as unidades de pesquisa e desenvolvimento ligadas a cada uma das Forças.

QUADRO 2
Órgãos setoriais e executivos em ciência, tecnologia e inovação

Força	Unidade/OM	Áreas de atuação
Marinha do Brasil (MB) Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha (SecCTM)	Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP)	Energia nuclear
	Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM)	Bioincrustação marinha, monitoramento ambiental e medição de onda
	Institutos de Pesquisa da Marinha (IPM)	Armas, guerra acústica, guerra eletrônica, materiais e sistemas digitais
	Centro de Análise de Sistemas Navais (CASNAV)	Sistemas estratégicos e operativos, pesquisa operacional, sistemas administrativos, criptologia e avaliação de segurança, modelagem e simulação
	Centro de Hidrografia da Marinha (CHM)	Informações ambientais
	Centro Tecnológico do Corpo de Fuzileiros Navais (CTECCFN)	Pronto-emprego e o abastecimento do material específico do corpo de fuzileiros navais
Exército Brasileiro (EB) Departamento de Ciência e Tecnologia (DCT)	Instituto Militar de Engenharia (IME)	Química, computação e engenharias
	Centro Tecnológico do Exército (CTEx)	Comunicação, comando e controle, defesa eletrônica e telemática, simuladores, munições e sistemas de armas, automação de armamentos, materiais, química, automação e robótica e defesa bacteriológica, química e nuclear
	Centro de Comunicações e Guerra Eletrônica do Exército (CCOMGEX)	Comunicações e guerra eletrônica
	Centro de Desenvolvimento de Sistemas (CDS)	Comunicações e segurança da informação
	Centro Integrado de Telemática do Exército (CITEx)	Comunicações e segurança da informação
	Diretoria de Fabricação (DF)	Fabricação, revitalização, adaptação, transformação, modernização e nacionalização do material de emprego militar
	Diretoria de Serviço Geográfico (DGS)	Geotecnologias
	Centro de Avaliações do Exército (CAEx)	Materiais de emprego militar
Força Aérea Brasileira (FAB) Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA)	Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA)	Computação e engenharias
	Instituto de Fomento e Capacitação Industrial (IFI)	Normalização, metrologia, certificação, propriedade intelectual, transferência de tecnologia e coordenação industrial
	Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE)	Aerodinâmica, eletrônica, integração e ensaio, mecânica, materiais, química, propulsão aeronáutica, sistemas aeronáuticos, sistemas de defesa, sistemas espaciais e qualidade e confiabilidade espacial
	Instituto de Pesquisas e Ensaios em Voo	Ensaios em voo e pesquisa aplicada
	Instituto de Estudos Avançados (IEAv)	Fotônica, física aplicada, geointeligência, aerotermodinânica e hipersônica e energia nuclear

Fonte: sítios institucionais das organizações militares.
Elaboração da autora.

Além das instituições indicadas no quadro 2, ampliou-se o esforço de identificação de outras instituições que pudessem estar envolvidas com pesquisas científicas orientadas para o desenvolvimento de aplicações de defesa, ou duais, em consonância com a tendência de redução da fronteira entre a pesquisa civil e a pesquisa militar tratada na seção 2 deste artigo. Para tanto, foram utilizadas duas bases de dados disponíveis no Ipea. Assim, o Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), que contém informações sobre os grupos de pesquisa em atividade no país, foi associado à base de empresas fornecedoras de bens de defesa inicialmente elaborada por Schmidt, Moraes e Assis (2012),[13] como forma de investigar as relações destas empresas com as universidades e os centros de pesquisa do país. Os resultados deste cruzamento são expostos no quadro 3.

QUADRO 3
Instituições com grupos de pesquisa com participação de firmas fornecedoras de bens de defesa

Instituição	Área do conhecimento de atuação do grupo de pesquisa
Centro Tecnológico do Exército	Engenharia elétrica
Comissão Nacional de Energia Nuclear	Engenharia nuclear
Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações	Engenharia elétrica
Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais	Engenharia mecânica
Instituto Brasileiro de Tecnologia do Couro, Calçado e Artefatos	Educação física
Instituto de Aeronáutica e Espaço	Engenharia aeroespacial
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo	Engenharia de transportes
	Engenharia mecânica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina	Engenharia mecânica
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais	Ciência da computação
Instituto Nacional de Tecnologia	Engenharia de materiais e metalúrgica
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro	Ciência da computação
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul	Ciência da computação
Senai - Departamento Regional da Bahia	Engenharia de materiais e metalúrgica
Universidade de Santa Cruz do Sul	Ciência da computação
Universidade de São Paulo	Ciência da informação
	Engenharia de transportes
	Engenharia elétrica
	Engenharia mecânica
	Engenharia química
	Física
	Medicina
Universidade de Taubaté	Engenharia mecânica
Universidade Estadual de Campinas	Administração
	Engenharia elétrica
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho	Engenharia mecânica
	Física
	Geociências
Universidade Federal de Itajubá	Ciência da computação
	Engenharia mecânica
Universidade Federal de Juiz de Fora	Educação física
Universidade Federal de Minas Gerais	Engenharia mecânica

(Continua)

13. A base de fornecedoras usadas por Schmidt, Moraes e Assis (2012) foi inicialmente construída para o período compreendido entre 2008 e 2010, tendo sido expandida por Schmidt e Assis (s. d.) para o período 2001-2010, usando a mesma metodologia do trabalho inicial. Foi esta base estendida que foi usada no cruzamento de dados com o CNPq.

(Continuação)

Instituição	Área do conhecimento de atuação do grupo de pesquisa
Universidade Federal de Pernambuco	Ciência da computação
	Física
	Oceanografia
Universidade Federal de Santa Catarina	Engenharia mecânica
	Química
Universidade Federal de Santa Maria	Química
Universidade Federal de São Carlos	Engenharia de materiais e metalúrgica
Universidade Federal de Uberlândia	Engenharia mecânica
	Engenharia química
Universidade Federal do Ceará	Engenharia mecânica
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro	Bioquímica
Universidade Federal do Pará	Engenharia elétrica
Universidade Federal do Paraná	Geociências
Universidade Federal do Piauí	Engenharia civil
Universidade Federal do Rio de Janeiro	Engenharia civil
	Engenharia de materiais e metalúrgica
	Engenharia de produção
	Engenharia química
	Química
Universidade Federal do Rio Grande do Norte	Engenharia elétrica
Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Ciência da computação
	Física
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro	Engenharia agrícola
Universidade José do Rosário Vellano	Microbiologia
Universidade Presbiteriana Mackenzie	Engenharia elétrica
Universidade Salvador	Psicologia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Engenharia biomédica

Fonte: Comprasnet e Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq.

É interessante observar que algumas das instituições que atuam em parceria com organizações produtivas que forneceram, entre 2001 e 2010, bens de defesa para o MD e unidades subordinadas são também citadas no quadro 2, evidenciando uma relação direta das Forças Armadas com algumas empresas. Merece adicionalmente destaque o fato de que predominam áreas de conhecimento bastante ligadas ao desenvolvimento de aplicações em defesa, como as de engenharias, ciência da computação, física e química. Ainda assim, a análise do quadro 2 merece uma ressalva: considerando que, no Brasil, a cadência de investimentos na área é bastante irregular (Araujo *et al.*, 2010) e que, assim, seria razoável supor que, ao longo de suas trajetórias, estas firmas tenham se diversificado de forma a evitar a dependência de um mercado único, não é possível afirmar que todas estas pesquisas conjuntas sejam ligadas à área de defesa, uma vez que os dados tratados não permitiriam este refinamento.

Se a trajetória errática das contratações governamentais é frequentemente apontada como fator crítico para a sustentabilidade das firmas do setor, projetos de desenvolvimento têm, entretanto, buscado gerar demandas para a indústria nacional, como apontam Schmidt, Moraes e Assis (2012), autores dos projetos apresentados a seguir.

Desde 1979, encontra-se em desenvolvimento na Marinha do Brasil o Programa Nuclear da Marinha, que contempla tanto o Programa de Propulsão Nuclear como o Programa do Ciclo do Combustível Nuclear. O objetivo de domínio do ciclo do combustível já foi atingido, restando ainda o esforço de conclusão da planta de propulsão de um submarino nuclear. Recentemente, em 2012, no âmbito do Programa de Reaparelhamento da Marinha, foi iniciado o desenvolvimento do projeto de desenvolvimento do submarino nuclear brasileiro, contando, para tanto, com uma parceria estratégica com a França, que – junto com a Rússia – desenvolve e produz, simultaneamente, submarinos convencionais e nucleares. A opção pela França é justificada pela MB

pela disposição contratual do país em transferir tecnologia e projeto de submarinos, inclusive cooperando no projeto do submarino de propulsão nuclear brasileiro, excluídos o projeto e a construção do próprio reator e seus controles, que caberiam exclusivamente à MB. Foi escolhido o projeto do submarino francês Scorpene, por, segundo a MB, facilitar uma rápida transição para o nuclear, haja vista sua forma de casco clássica deste tipo de submarino, com hidrodinâmica apropriada para elevados desempenhos em velocidade e manobra. Se o projeto de submarino nuclear brasileiro vier a ser concretizado como previsto, o Brasil será o sétimo país do mundo a possuir uma frota submarina nuclear. A ENCTI destaca, no âmbito da MB,

> pesquisas como a da fibra de carbono a partir de sua fibra precursora PAN (poliacrilonitrila), do amplificador de micro-ondas de potência do tipo TWT, de materiais resistentes ao impacto balístico e do desenvolvimento de motores com imas permanentes para propulsão, todos importantes também para o programa de fabricação de submarinos convencionais (Brasil, 2012, p. 64).

Outro projeto em andamento na MB é o Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SISGAAz), que fará a integração de diversos outros sistemas, para expandir a capacidade de monitoramento das águas jurisdicionais brasileiras e das regiões de busca e salvamento (SAR) que estão sob responsabilidade do Brasil, permitindo ainda reação a eventuais ameaças detectadas. O SISGAAz será composto por meios operacionais da MB e por diversos tipos de sensores que integrarão redes de informação e de apoio à decisão.

O Exército Brasileiro recentemente destacou os chamados "projetos estratégicos indutores da transformação do exército":

1. Sistema de Monitoramento de Fronteiras (Sisfron): projeto integrado de sensoriamento, de apoio à decisão e de emprego operacional, com vistas a fortalecer a presença e a capacidade de ação do Estado na faixa de fronteira.
2. Sistema Integrado de Proteção de Estruturas Estratégicas Terrestres (Proteger): concebido para proteger 664 estruturas estratégicas terrestres do país, como instalações, serviços, bens e sistemas cuja interrupção ou destruição impactarão o Estado e a sociedade em âmbito social, ambiental, econômico, político, nacional ou internacional.
3. Defesa Cibernética: possui o objetivo de prover o país de capacitação tecnológica, que passa por recursos humanos, desenvolvimento de doutrina de proteção de ativos e de estruturas, operacionalização de sistemas de segurança da informação e incentivo à produção nacional no setor de defesa cibernética. O apoio à criação do Centro Nacional de Defesa Cibernética é uma ação prevista na ENCTI.
4. Guarani: consiste no desenvolvimento e na produção de uma nova família de blindados de rodas.
5. Defesa Antiaérea: tem por finalidade reequipar as organizações militares de artilharia antiaérea do EB. Cabe destaque ao Sistema de Acompanhamento de Alvos Aéreos Baseado em Emissão de Radiofrequência (Saber) já desenvolvido. O Saber é um radar tridimensional que acompanha alvos simultaneamente. Tendo como característica a alta mobilidade, o radar pode ser usado para a proteção de áreas sensíveis, como indústrias, usinas e instalações governamentais.
6. Astros 2020: objetiva garantir ao EB capacidade de prover apoio de fogo de longo alcance, com grande precisão e letalidade.
7. Recuperação da Capacidade Operacional da Força Terrestre (RECOP): dotação das unidades operacionais de material de emprego militar imprescindível ao seu emprego operacional.

Por fim, a Força Aérea Brasileira tem, entre seus principais programas de desenvolvimento científico e tecnológico voltados para a indústria nacional, o míssil A-Darter, de quinta geração, o veículo aéreo não tripulado (VANT) e o jato de transporte militar KC-390. O A-Darter é desenvolvido em parceria com a Denel, maior fabricante de material de defesa da África do Sul, com transferência e absorção das tecnologias desenvolvidas, além de capacitação de pessoal. No fim de 2012, o A-Darter já estava no final da fase de testes e próximo do início da produção em larga escala, segundo informações veiculadas pela FAB.[14] O projeto do VANT objetiva

14. Disponível em: <http://www.fab.mil.br/portal/capa/index.php?mostra=13773&TECNOLOGIA%20-%20Brasil%20prepara%20produ%E7%E3o%20de%20novo%20m%EDssil%20para%20ca%E7as>. A planta da Denel no Brasil está sediada em São José dos Campos (SP).

o uso destes vetores para a vigilância na defesa das fronteiras, do espaço aéreo e de regiões extensas ou de difícil acesso, além de aplicações de caráter civil, como segurança pública e transporte. O projeto do KC-390, não contemplado na ENCTI, refere-se ao desenvolvimento – pela Embraer, mediante contratação pela FAB – de uma aeronave de transporte militar a jato. Em setembro de 2012, o projeto passou pela fase de revisão preliminar de projeto (*preliminary design review* – PDR), em que a FAB verificou que os principais aspectos do projeto atendiam às expectativas da Força Aérea. Ainda em 2012, o projeto passou pelo teste aerodinâmico em túnel de vento, realizado no Laboratório Nacional Aeroespacial da Holanda (NLR).

Encontra-se ainda em curso na FAB o projeto do HX BR, que trata da produção do Eurocopter EC725 do Brasil pela Helibras no país. Foram encomendados cinquenta helicópteros para atender demandas da Força Aérea Brasileira, do Exército, da Marinha e da Presidência da República. Embora não se trate de um novo desenvolvimento, há no setor a expectativa de que a encomenda governamental e a consequente criação de capacidade de produção em território nacional contribuam para que Itajubá se torne, ao lado de São José dos Campos, um novo complexo aeronáutico no país, mas com o foco em aeronáutica de asas rotativas. Já há a previsão de implantação do Centro Tecnológico de Helicópteros (CTH) no município de Itajubá (MG), onde fica a planta da Helibras.

Além desses projetos, muitos outros estão em andamento no âmbito do chamado complexo industrial de defesa e no setor aeroespacial; entre eles, o desenvolvimento de veículos lançadores e satélites. Dados da FINEP indicam que o volume de recursos destinados a projetos na área de defesa vem crescendo substancialmente desde 2005, quando ações na área passaram a ser incluídas dentro dos mecanismos de ações transversais dos fundos setoriais, tendo chegado a mais de R$ 300 milhões em 2010, entre recursos do FNDCT, subvenção econômica e financiamento reembolsável (Acioli, 2011).

Acredita-se que a existência de um ambiente mais fértil em relação às demandas governamentais de produção e desenvolvimento de bens de defesa no país, somada à maior estruturação institucional da atividade científica e tecnológica voltada para o setor, possua potencial não apenas para contribuir para a sustentabilidade da indústria nacional, como também, ainda, para integrar as cadeias produtivas relacionadas com as instituições de CT&I do país, em um círculo que pode ser virtuoso para o atingimento dos objetivos expostos na seção 3. Entretanto, a existência de projetos mobilizadores e melhores condições institucionais no setor não é condição suficiente para tanto. Questões como a possibilidade de descontinuidade na alocação de recursos orçamentários e a necessidade de formação e desenvolvimento de capital humano qualificado podem ser óbices na continuidade e na efetividade destes processos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve como objetivo apresentar uma discussão sobre CT&I em defesa e levantar algumas questões para debate e aprofundamento futuro sobre o caso do Brasil. O trabalho teve caráter exploratório e está inserido em um projeto mais amplo, que pretende se debruçar sobre algumas questões centrais para o êxito das políticas públicas setoriais de CT&I do país, de modo que teve natureza eminentemente descritiva.

A literatura sobre o tema, brevemente revista na seção 2, indica que a existência de uma infraestrutura robusta e bem-sucedida de pesquisa é essencial para a constituição de uma base de conhecimento que permita aos países desenvolvimentos de novas aplicações e tecnologias para a defesa. Constatou-se, ainda, que, contemporaneamente, os países buscam garantir a sua segurança nacional não por meio da fabricação de muitas armas, mas, sim, pela obtenção de capacidades tecnológicas para o desenvolvimento de armas de maior qualidade. Como afirma Paarlberg (2004, p. 123), "a supremacia econômica e de gastos militares não se sustenta sem o domínio do conhecimento".

Outro aspecto recentemente discutido pelos autores é a tendência de relativização da fronteira entre a pesquisa "civil" e a "militar", cada vez mais tênue. Isto porque os sistemas de defesa são, cada vez mais, um amálgama de tecnologias diversas, algumas das quais encontram vanguarda no desenvolvimento feito fora dos

limites de P&D militar. Esta situação sugere que os investimentos nas infraestruturas científicas e tecnológicas não sejam fragmentados desta forma simplista, mas, sim, gerenciados em uma visão mais integrativa, que foque na efetividade do desenvolvimento da tecnologia alvo.

No Brasil, o período recente não apenas observou a retomada de importância do tema em termos de políticas públicas e em relação à constituição de um arcabouço normativo mais robusto, como tratado na seção 2, como também aumentou o número de projetos de desenvolvimentos de armas nacionais, o que foi visto na seção 3. Nesta mesma seção, foi possível observar que o país conta com um número razoável de organizações dedicadas à pesquisa e ao desenvolvimento na estrutura do MD e, adicionalmente, possui muitas universidades e centros de pesquisa que atuam conjuntamente em grupos de pesquisa com empresas fornecedoras de bens de defesa para o MD.

Se esse contexto parece promissor, ainda é cedo para avaliar como as ações governamentais e movimentos empresariais em curso contribuirão para fazer o país avançar em termos do seu desenvolvimento tecnológico no setor. Contudo, parece oportuno, diante disto, seguir investigando de forma mais analítica como as infraestruturas de pesquisa relacionadas podem contribuir para tanto. Neste sentido, ficam, por fim, algumas sugestões de questões que poderiam nortear o andamento de pesquisas congêneres, aprofundando o entendimento sobre o tema tratado neste trabalho:

- definir qual seria a infraestrutura científica e tecnológica que está envolvida em projetos de interesse da defesa nacional;
- definir as áreas tecnológicas e as tecnologias sensíveis de interesse da defesa nacional;
- indicar infraestruturas que possuam capacidades para eventualmente serem envolvidas no desenvolvimento das chamadas "tecnologias sensíveis", que visam garantir maior autonomia endógena à BID brasileira;
- avaliar se o grau de articulação existente no Sistema Nacional de Inovação do país é adequado para os objetivos estratégicos na área de defesa; e
- indicar as áreas tecnológicas nas quais o país deveria apostar e o real potencial de contribuição da infraestrutura existente para o atingimento dos objetivos nacionais de defesa.

REFERÊNCIAS

ACIOLI, R. G. O papel da FINEP no renascimento da indústria de defesa. **Inovação em pauta**, p. 44-45, out.-dez. 2011.

ARAUJO, B. C. P. *et al*. **Determinantes da acumulação de conhecimento para inovação tecnológica nos setores industriais no Brasil**: base industrial de defesa. Brasília: ABDI, 2010. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Estudo/Estudo_Setorial_Inovacao_Defesa.pdf>.

BRASIL. Ministério de Defesa; Ministério da Ciência e Tecnologia. **Concepção estratégica**: ciência, tecnologia e inovação de interesse da defesa nacional. Brasília: MD, 2003. Disponível em: <http://www.defesa.gov.br/arquivos/pdf/ciencia_tecnologia/palestras/cti.pdf>.

_____. _____. Portaria Normativa nº 1.317 – MD, de 4 de novembro de 2004. Aprova a Política de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) para a defesa nacional. Brasília: MD, 2004. Disponível em: <https://www.defesa.gov.br/index.php/ciencia-e-tecnologia/legislacao-relacionada>.

_____. _____. **Estratégia nacional de defesa**: paz e segurança para o Brasil. Decreto nº 6.703/2008. Brasília: MD, 2008a. Disponível em: <http://www.defesa.gov.br/projetosweb/estrategia/arquivos/estrategia_defesa_nacional_portugues.pdf>.

_____. Decreto nº 5.484, de 30 de junho de 2005. Aprova a Política de Defesa Nacional, e dá outras providências. Brasília, 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5484.htm>.

_____. Portaria Interministerial nº 750. **Diário Oficial da União**. 2007. Disponível em: <http://www.in.gov.br/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=60&data=22/11/2007>.

_____. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Política de Desenvolvimento Produtivo**. Brasília: MDIC, 2008b. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/pdp/index.php/sitio/inicial>.

_____. _____. **Plano Brasil Maior**. Brasília: MDIC, 2011. Disponível em: <http://www.brasilmaior.mdic.gov.br/>.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012-2015**. Brasília: MCTI, 2012. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0218/218981.pdf>.

CHU, A. C.; LAI, C. C. On the growth and welfare effects of defense R&D. **Journal of public economic theory**, v. 14, n. 3, p. 473-492, 2012.

DENNEY, J. J. Priming the innovation pump: America needs more scientists, engineers, and basic research. **Defense acquisition research journal,** v. 18, n. 1, p. 25-44, 2011.

DUNNE, J. P.; BRADDON, D. **Economic impact of military R&D**. Brussels: Flemish Peace Institute, 2008. Disponível em: <http://www.flemishpeaceinstitute.eu/images/manager/publicaties/research_reports/pdf/VVI_WEB_rapport_militaireRenD_EN.pdf>.

KOUBI, V. Military technology races. **International organization**, v. 53, n. 3, p. 537-565, Summer 1999.

MALLIK, A. **Technology and security in the 21st century**: a demand-side perspective. Stockholm: Sipri, 2004. Disponível em: <http://books.sipri.org/files/RR/SIPRIRR20.pdf>.

MARKOWSKI, S.; HALL, P. Challenges of defence procurement. **Defence and peace economics**, v. 9, n. 1-2, p. 3-37, 1998.

MARKUSEN, A. R. Defence spending: a successful industrial policy? **International journal of urban & regional research**, v. 10, n. 1, p. 105, Mar. 1986.

MAZZOLENI, R.; NELSON, R. R. **The roles of research at universities and public labs in economic catch-up**. Hofstra: Hofstra University, 2005. Disponível em: <http://policydialogue.org/files/events/Mazzoleni_Nelson_Roles_of_Universities_and_Public_Labs_in_Catch_Up.pdf>.

PAARLBERG, R. L. Knowledge as power: science, military dominance, and US security. **International security**, v. 29, n. 1, p. 122-151, 2004.

PERANI, G. **Managing European technology, defence and competitiveness issues**: Italy. Budapest: METDAC Network, 1998. Disponível em: <http://www.stage-research.net/SPSG/credit/publications/Italy.pdf>.

RODENGEN, J. L. **A história da Embraer**. Fort Lauderdale: Write Stuff Enterprises, 2009.

RUTTAN, V. W. **Is war necessary for economic growth**? Military procurement and technology development. Oxford: Oxford University Press, 2006.

SCHMIDT, F. H.; ASSIS, L. R. S. **A dinâmica recente do setor de defesa no Brasil**: permanência e envolvimento das firmas contratadas. Brasília: Ipea, [s.d.]. (Texto para Discussão). No prelo.

SCHMIDT, F. H.; MORAES, R. F.; ASSIS, L. R. S. A dinâmica recente do setor de defesa no Brasil: notas sobre o comportamento da demanda e o perfil das firmas contratadas. **Radar**: tecnologia, produção e comércio exterior, n. 19, maio 2012. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/radar/120522_radar19.pdf>.

SETTER, O.; TISHLER, A. **Investment policies in advanced defense R&D programs**. Tel Aviv: Tel Aviv University, 2005.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

BRAUER, J. Arms industries, arms trade, and developing countries. **Handbook of defense economics defense in a globalized world**, v. 2, p. 973-1.015, 2007.

Panorama das Inovações na Pesquisa Agrícola no Brasil: o sistema de propriedade intelectual

José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho*
Adriana Carvalho Pinto Vieira**

1 INTRODUÇÃO

A inovação tecnológica no Brasil se consolidou, ao longo das últimas décadas, como um importante fator para garantir o crescimento econômico. Desde o final da década de 1980, o governo federal procurou definir políticas públicas com a oferta de incentivos fiscais que pudessem fomentar a inovação e o desenvolvimento tecnológico na economia.

O conhecimento se transformou em variável estratégica do desenvolvimento tecnológico, deixando de ser apenas um atributo incorporado aos produtos. A articulação entre ciência e conhecimento foi considerada o principal ativo da economia global – denominada de *economia do conhecimento*. Ao mesmo tempo, a garantia da propriedade intelectual se firmou como pilar institucional do desenvolvimento de novos conhecimentos (Ávila, 2008).

O marco regulatório brasileiro só foi definido na metade da década de 1990, logo após a assinatura, na Organização Mundial do Comércio (OMC), do acordo internacional Trade Related Aspects of Intellectual Rights Including Trade in Counterfeit Goods (TRIPs). As resoluções aprovadas neste acordo entraram em vigor somente em 1995, com prazo de onze anos para serem totalmente implementadas. Pela Lei nº 9.279/1996, Lei de Propriedade Intelectual (Brasil, 1996), foram regulados os direitos e as obrigações relativos à propriedade intelectual no Brasil. Posteriormente, conforme a Lei nº 9.456/1997 (Brasil, 1997), criou-se a Lei de Proteção de Cultivares (LPC), que introduziu uma política de proteção intelectual específica para a agricultura.

Em 1999, foram definidos os fundos setoriais, instrumentos de financiamento de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação. A criação dos fundos setoriais representou um novo mecanismo de financiamento e promoção da inovação, fortalecendo o sistema de ciência e tecnologia nacional e promovendo maior sinergia entre universidades, centros de pesquisa e setores produtivos.

Conforme a Lei nº 10.332/2001 (Brasil, 2001), criou-se o fundo específico de fomento ao setor agropecuário (CT-Agronegócio), o qual apresentou como objetivo promover a capacitação científica e tecnológica nas áreas de agronomia, veterinária, biotecnologia, economia e sociologia agrícola. Além disso, buscou-se a atualização tecnológica do setor como um todo, ampliando os investimentos na área de biotecnologia tropical e na difusão de novas tecnologias agrícolas.

Anos mais tarde, foi criada a Lei de Inovação, Lei nº 10.739/2004 (Brasil, 2004), que estabeleceu medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo, buscando a autonomia tecnológica e o desenvolvimento industrial do país. No ano seguinte, a Lei nº 11.196/2005, Lei do Bem (Brasil, 2005), veio instituir regimes especiais de tributação e aquisição de bens de capital, bem como complementar a legislação vigente de incentivos fiscais.

Todavia, apesar dos vários esforços institucionais e jurídicos criados pelo Brasil ao longo do tempo para promover o desenvolvimento tecnológico, é preciso ainda diminuir o "vale" existente entre o conhecimento aqui gerado e a fronteira tecnológica de produção existente nos mercados mais avançados, uma vez que ainda persiste forte desconexão entre ciência e mercado.

---

* Técnico de Planejamento e Pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) do Ipea e professor da Universidade de Brasília (UnB). *E-mail*: jose.vieira@ipea.gov.br.

** Professora da Universidade Extremo Sul Catarinense (UNESC) e pesquisadora colaboradora do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento (INCT/PPED) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). *E-mail*: dricpvieira@gmail.com.

Esse cenário é representado pelo volume de artigos indexados publicados e pelo número de patentes depositadas, que, no Brasil, são relativamente baixos, quando comparados a outros países. De acordo com Lotufo (2009), o dispêndio nacional em pesquisa e desenvolvimento (P&D) em relação ao produto interno bruto (PIB) foi de 1,16%, sendo a maior parcela de investimentos públicos. Para uma comparação, os países da Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) apresentaram indicador em torno de 2,2% do PIB, privilegiando o gasto privado em detrimento do público.

No setor industrial brasileiro, comparativamente a outros mercados, a taxa de inovação é considerada relativamente baixa. Porém, ao focar o setor agropecuário, o Brasil se torna uma referência em inovação e tecnologia tropical. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) se apresenta como um caso de sucesso. Tal empresa promove a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação em todas as suas fases, ampliando e difundindo os novos conhecimentos no mercado.

O novo ambiente tecnológico e institucional está influenciando a forma de fazer pesquisa e as relações que se estabelecem entre seus participantes. Se a inovação cerca de maneira cada vez mais profunda estas atividades, a propriedade intelectual passa a ser um tema estratégico na formação do arcabouço institucional do novo regime tecnológico e, por conseguinte, da dinâmica de inovação da agricultura. Neste sentido, o marco regulatório que se constituiu é responsável pela incorporação de novas tecnologias, associadas a um padrão mais intensivo em ciência, o qual redefine o conjunto de investimentos que se dirigem ao setor.

Desde a promulgação da LPC, os mecanismos de proteção à propriedade intelectual tornaram-se fundamentais para a coordenação e gestão da pesquisa agropecuária e para o fortalecimento do aspecto institucional da pesquisa pública. Este artigo tem por objetivo estudar o impacto da regulamentação do sistema de propriedade intelectual na pesquisa do setor agropecuário e no número de cultivares protegidas no mercado nacional. O trabalho está subdividido em quatro seções, inclusive esta breve introdução. A segunda seção aponta o cenário da inovação no agronegócio. A terceira faz uma análise do sistema de propriedade intelectual no setor. Por fim, apresentam-se as considerações finais.

2 CENÁRIO DA INOVAÇÃO NO AGRONEGÓCIO

A trajetória de uso intensivo de tecnologia e inovação na agricultura, proporcionada pela revolução tecnológica que o agronegócio experimentou ao longo de gerações, ainda proporciona retornos visíveis na competitividade e no dinamismo do setor agropecuário. Contudo, segundo Fornazier e Vieira Filho (2012), o Brasil tem um longo caminho a percorrer até alcançar o patamar da fronteira tecnológica internacional de nações mais desenvolvidas. Há forte heterogeneidade estrutural e concentração produtiva, o que se relaciona ao acesso diferenciado dos agricultores em relação à tecnologia e aos novos conhecimentos.

Os estudos sobre a inovação tecnológica na agricultura, especialmente os realizados no Brasil desde a década de 1960, mostraram as profundas mudanças ocorridas no setor: da estagnação aos elevados ganhos de produtividade. Havia o debate que preconizava a melhoria da infraestrutura de importação de grãos para fazer frente ao grave problema de abastecimento que se delineava (Melo, 1983). O Brasil era importador líquido de alimentos. Com o crescimento da produtividade total dos fatores pela agricultura brasileira (Gasques *et al.,* 2010), notadamente após a década de 1970, e com sua intensificação dos anos 1990 em diante, a ameaça de desabastecimento desapareceu.

No que se refere à transformação agrícola dos anos 1960 e 1970, Schultz (1964) apontava para as vantagens da modernização da agricultura, o que Vieira Filho (2009) chamou de tecnologia embarcada guiada pela indústria fornecedora de insumos modernos. Para o caso brasileiro, porém, era difícil aplicar e interpretar a abordagem da modernização, uma vez que o crescimento da produção era visto como dependente do conteúdo tecnológico cristalizado nos insumos, em grande parte importados do mercado externo.

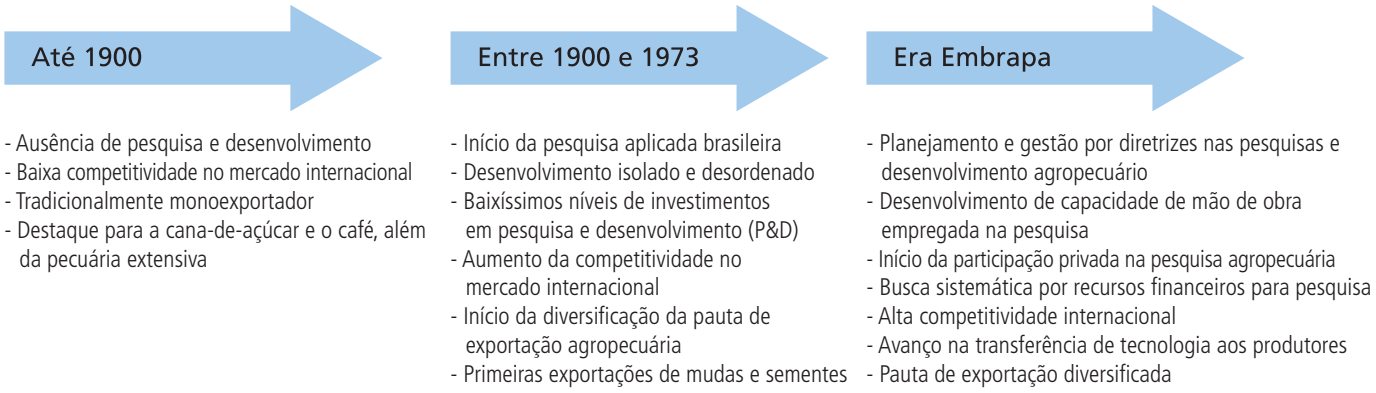
Na década de 1970, o problema se deslocou para a adequação da política tecnológica à dotação de fatores, assumindo importância a inovação induzida (Hayami e Ruttan, 1988). Procurava-se compreender as condicionantes da adoção tecnológica, que, com o passar do tempo, intensificaram a preocupação em como

dirigir o processo de geração de inovações – momento em que surgiu a Embrapa. Acreditava-se que qualquer problema no processo de adoção e difusão de tecnologias agrícolas se associava a gargalos no fornecimento de insumos modernos. Para corrigir a deficiência em produtividade, bastaria a realização de investimentos na cadeia fornecedora de tecnologia.

Todavia, como estudado por Vieira Filho e Silveira (2012), o desempenho da agricultura brasileira se apresenta como resultado do processo de inovação. Nesse sentido, novas abordagens seriam necessárias para explicar o crescimento agrícola para além do modelo de insumos modernos (Vieira Filho, Campos e Ferreira, 2005; Vieira Filho e Silveira, 2011). Seria preciso compreender que a agricultura não é um setor residual da economia e que incorpora continuamente inovações tecnológicas e, por consequência, progresso técnico de forma endógena.

As fases da pesquisa agropecuária no Brasil podem ser resumidas em três momentos distintos, conforme visto na figura 1. O primeiro momento vai até o início do século passado, sendo caracterizado por ausência a pesquisa e baixa competitividade. Entre 1900 e 1973, embora com baixo nível de investimento, tem início a pesquisa aplicada, que era, até então, realizada de forma isolada e pouco coordenada. Tem-se, no mercado internacional, ganhos moderados de competividade, os quais resultaram em uma pauta mais diversificada de produtos. Somente a partir de 1973, com a criação da Embrapa, o planejamento da pesquisa no setor agropecuário se consolida, o que promove uma gestão de recursos humanos associada ao desenvolvimento de novos conhecimentos. Experimenta-se, então, elevada competitividade produtiva, com avanço na transferência de tecnologia aos produtores.

FIGURA 1
Fases da pesquisa agropecuária no Brasil



Fonte: Instituto Inovação (2006, p. 3).

Embora dispersa regionalmente e pouco articulada a um projeto de planejamento nacional, a construção da infraestrutura institucional de fomento ao investimento em P&D do agronegócio brasileiro foi constituída anteriormente à criação da Embrapa (tabela 1). O Instituto Agronômico de Campinas (IAC), por exemplo, é uma instituição centenária que foi de suma importância na pesquisa de melhoramento genético do café, cultivo responsável pelo início do processo de industrialização da economia brasileira. A formação de corpo técnico na área agrícola não pode ser dissociada da criação de importantes escolas e universidades, destacando-se a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), em 1902; a Universidade Federal de Lavras (Ufla), em 1908; e a Universidade Federal de Viçosa (UFV) em 1927.

Entre a criação da primeira empresa de sementes (Agroceres), em 1938, e a constituição da Associação dos Produtores de Sementes (Abrasem), em 1971, o país edificou instituições relevantes no financiamento da pesquisa, tais como o Serviço Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Não obstante, a Embrapa representou um esforço conjunto de coordenação nacional da pesquisa agropecuária, que foi muito bem-sucedida, com a tropicalização da soja nos anos 1980, e que passa, desde a década de 1990, por uma reestruturação diante das mudanças do marco regulatório.

TABELA 1
Múltiplas instituições dedicadas à promoção do melhoramento genético no Brasil

Instituições	Ano
Fundação do Instituto Agronômico de Campinas (IAC)	1887
Primeira escola de agricultura e medicina veterinária	1898
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ)	1901
Universidade Federal de Lavras (Ufla)	1908
Universidade Federal de Viçosa (UFV)	1927
Instituto Agronômico de Minas Gerais	1930
Criação da primeira empresa de sementes no Brasil (Agroceres)	1938
Criação do Serviço Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA)	1940
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)	1951
Criação da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)	1962
Início da pós-graduação na ESALQ	1963
Criação da Associação Brasileira dos Produtores de Sementes (Abrasem)	1971
Criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)	1973

Elaboração dos autores.

A criação da Embrapa teve como objetivo dar maior agilidade às ações necessárias ao desenvolvimento do setor agropecuário do Brasil. A empresa nasceu com quatro grandes propósitos: *i)* garantir o abastecimento de alimentos nas cidades, onde estava a maioria dos pobres; *ii)* desenvolver o interior do país, gerando emprego, renda e bem-estar na área rural; *iii)* preservar a base de recursos naturais do território brasileiro; e *iv)* criar excedentes para a exportação.

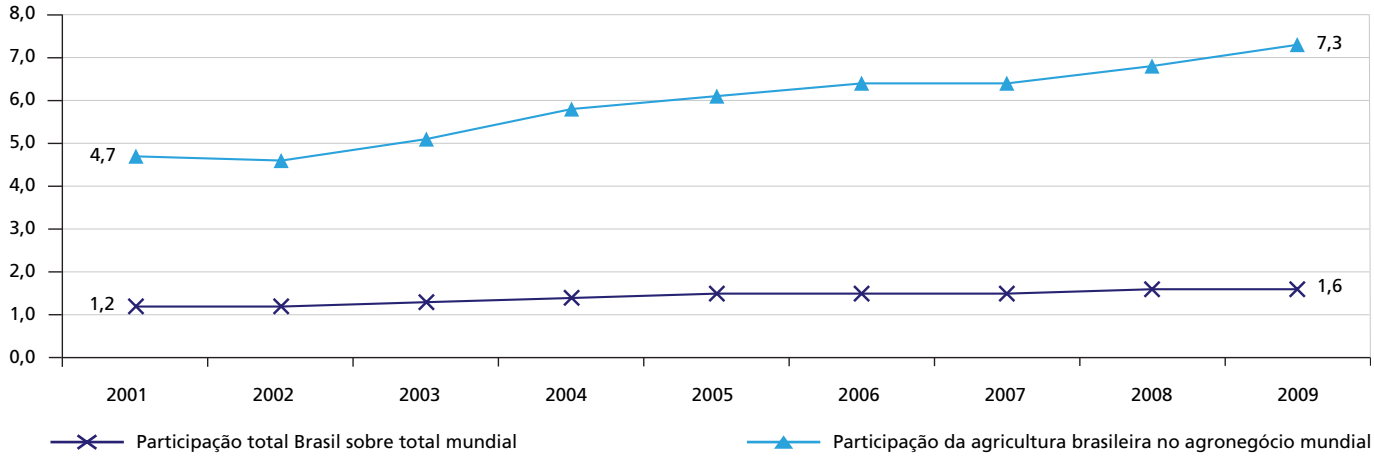
Ao mesmo tempo que se criou o arcabouço institucional de pesquisa agropecuária, aumentou a demanda por produtos agrícolas. Surgiu, então, o desafio de produzir mais alimentos com inclusão tecnológica, distribuição de renda e sustentabilidade ambiental. A questão tecnológica torna-se um fator determinante neste debate, uma vez que produzir mais e com menos recursos representa não somente a elevação da produtividade com a redução de custos como também uma produção mais eficiente e sustentável.

A modernização do setor agrícola exige crescente articulação entre os setores público e privado, no intuito de melhorar a competitividade e promover mudanças no marco institucional vigente. A agricultura se destacou pelo dinamismo e pela expansão do mercado mundial, bem como pelo papel estratégico que o setor tem desempenhado na economia brasileira.

Com elevada diversificação produtiva, o agronegócio é cada vez mais importante para a economia do país, representando cerca de 30% do PIB e gerando superávits no comércio internacional, o que contribui para o equilíbrio das contas externas. A conquista de novos mercados e a busca contínua de ganhos de produtividade aumentaram a capacidade do setor agrícola de contribuir para a geração de emprego e renda. O controle das contas externas se apresenta, assim, como elemento central das políticas econômicas que visam à estabilidade do crescimento econômico.

Apesar da retração do comércio mundial na crise financeira de 2008, a participação agrícola brasileira no comércio mundial tem sido ascendente, conforme demonstrado no gráfico 1. Enquanto a participação das exportações totais da economia brasileira cresceu 0,4% entre 2001 e 2009, a porcentagem das exportações agrícolas brasileiras em relação às exportações agrícolas mundiais aumentou 2% para o mesmo período. Vale lembrar que, na última década, os preços internacionais das *commodities* agrícolas foram crescentes.

GRÁFICO 1
Participação das exportações da economia brasileira no mercado mundial (2001-2009)
(Em %)



Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa).
Elaboração dos autores.

Castello Branco e Vieira (2008), analisando o modelo da Embrapa, observaram que a empresa promove parcerias para potencializar o processo de inovação relacionado com a pesquisa, por meio do uso autorizado de invenções de parceiros, quando necessário, e do licenciamento das tecnologias desenvolvidas conjuntamente ou individualmente.

Foi possível concluir que o respeito e o uso dos direitos de propriedade intelectual constituem um mecanismo que facilita a interação entre conhecimento, invenção e inovação. Esta interação circula entre os diversos agentes econômicos e atores – pesquisa pública, empresa privada nacional ou multinacional, organização de produtores rurais – que participam do processo de inovação, gerando riqueza, produzindo ganhos de competitividade e realimentando o processo inovador.

3 O SISTEMA DE PROPRIEDADE INTELECTUAL NO AGRONEGÓCIO

Os avanços tecnológicos revolucionaram a divisão e a especialização do trabalho e o processo de criação e produção de novos bens. Tem-se a separação do trabalho intelectual do trabalho manual. O mercado e a concorrência, por si só, já não são suficientes para assegurar a apropriação da riqueza gerada. As relações econômicas passaram a ser medidas por contratos e instituições, que têm por finalidade proteger os direitos de vários agentes envolvidos, mediar conflitos e diminuir os custos de transação em geral, mediante regras claras e mecanismos de *enforcement* (Vieira e Buainaim, 2004).

No decorrer da década de 1990, após a adesão do Brasil ao acordo TRIPs, ocorreu uma mudança radical na institucionalidade do sistema de propriedade intelectual, criando um mecanismo de *enforcement* dos princípios e das regras até então ausentes. Com um novo marco regulatório de patentes e direitos de propriedade, a simples possibilidade de retaliação comercial ou de exclusão de negociações importantes em mercados internacionais levou muitos países em desenvolvimento a aprovar, no menor prazo possível, legislações sobre propriedade intelectual em todas as áreas, desde a propriedade intelectual até os direitos de melhorista.[1]

No que se refere às plantas, o Brasil optou pela proteção de cultivares, seguindo o padrão da ata da International Union for the Protection of New Varieties of Plants de 1978 (UPOV),[2] que proibia a dupla proteção. No que se refere à proteção de cultivares, adotou-se o sistema *sui generis*, regulado pela LPC. De acordo com o Artigo 2º desta lei, transcrito abaixo, a proteção dos direitos relativos à propriedade intelectual referente a cultivar dá-se por um prazo determinado.

1. Considera-se, para os efeitos da Lei de Proteção de Cultivares (LPC), *melhorista* a pessoa que obtiver cultivar e estabelecer descritores que a diferenciem das demais.
2. Organização intergovernamental que tem por missão fomentar um sistema para a proteção de cultivares, com vistas ao desenvolvimento de novos cultivares.

> A proteção dos direitos relativos à propriedade intelectual referente a cultivar se efetua mediante a concessão de Certificado de Proteção de Cultivar, considerando bem móvel para todos os efeitos legais e única forma de proteção de cultivares e de direito que poderá obstar a livre utilização de plantas ou de suas partes de reprodução ou de multiplicação vegetativa, no País, por um determinado prazo de tempo (Brasil, 1997).

Esse cenário pode ser verificado com a atuação da Embrapa ao longo dos anos, quando se analisam os certificados de proteção de cultivares, uma vez que a empresa detém o maior número de cultivares protegidas. O marco regulatório de propriedade intelectual, nessa visão, foi benéfico para várias empresas, incluindo a Embrapa, posto que possibilita a proteção do conhecimento advindo dos investimentos de longo prazo.

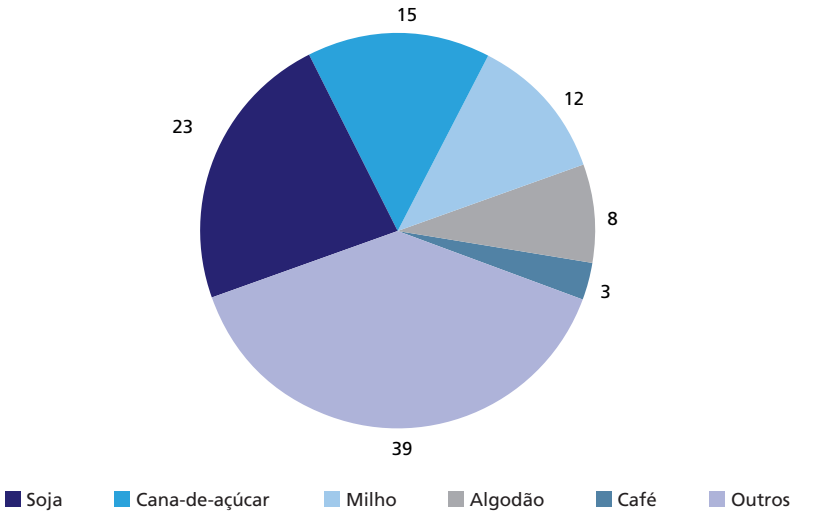
Com a aprovação da LPC, viabilizou-se a apropriação de inovações, que garantiu a propriedade intelectual sobre as cultivares, permitindo a cobrança de *royalties* pelo uso de sementes e taxas tecnológicas dos sementeiros nacionais. Após o estabelecimento de regras jurídicas, houve um estímulo ao crescimento dos investimentos privados no setor. Tais investimentos, de origem externa, priorizaram o desenvolvimento de novas cultivares, especialmente naqueles mercados para os quais o cultivo já estava estabelecido. A soja, por exemplo, mostrou-se o grande filão do mercado brasileiro de sementes, que priorizou o plantio de transgênicos. Ou seja, a entrada das transnacionais no mercado de variedades de soja se deveu, em parte, à geração de novas biotecnologias, que têm a semente como principal vetor de aplicação.

Portanto, o advento dessa norma promoveu uma reordenação do mercado de sementes, com o ingresso de novos *stakeholders*, principalmente empresas transnacionais, bem como a redefinição dos *players* nacionais. Apesar da limitada capacidade de investimento do setor público – Embrapa e órgãos estaduais de pesquisa –, o respeito aos direitos de propriedade intelectual abriu espaço para parcerias e cooperação entre instituições públicas e privadas, nacionais e multinacionais.

De acordo com Sá (2010), a partir da aprovação da LPC e da adesão do Brasil à UPOV, introduziu-se no país uma política de proteção à propriedade intelectual específica para a agricultura. Pela UPOV, por meio de suas normas gerais, denominaram-se as políticas de proteção de cultivares baseadas em suas atas como sistemas de *plant variety protection* (PVP).

Para entender melhor o mercado de cultivares no Brasil, procurou-se selecionar os principais cultivos, em termos de valor médio, entre 1998 e 2011. Conforme descrito no gráfico 2, estes foram selecionados por ordem de importância, em termos de valor. A soja despontou como principal cultivo, tendo em média 23% do valor de todos os cultivos produzidos no Brasil no período referenciado. A produção de cana-de-açúcar ocupou o segundo lugar, com 15% do valor médio, seguida do milho, com 12%. Apenas a soja, a cana-de-açúcar e o milho representaram 50% do mercado. Com participação elevada, mencionam-se os cultivos de café e de algodão, 8% e 3% respectivamente.

GRÁFICO 2
Participação média do valor dos cultivos (1998-2012)
(Em %)



Fonte: IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/>.
Elaboração dos autores.

No Brasil, o cenário da pesquisa científica no desenvolvimento de variedades de plantas agrícolas mudou sensivelmente após quinze anos da promulgação da LPC. De acordo com a tabela 2, separando-se pelos cultivos de maior importância econômica, tem-se o número acumulado de cultivares protegidas no Sistema Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC). De 1998 a 2012, nota-se um crescimento do número de cultivares protegidas no mercado brasileiro, que saltou de 51 para 1.708. Apenas no mercado de soja, de um lado, no ano de 1998, eram 39 cultivares protegidas. De outro, em 2012, somavam-se a estas mais quinhentas cultivares, totalizando 539. Destas, neste mesmo ano, cerca de 30% eram de propriedade da Embrapa. Das 158 cultivares protegidas da Embrapa, 39 eram transgênicas.

Vale lembrar que nos cultivos de soja, milho e algodão há a inserção do mercado de transgênicos, que necessariamente precisará de maior proteção do conhecimento cristalizado na semente. Quando se observa o número acumulado de cultivares no ano de 2012, soja, cana-de-açúcar e algodão despontam como os principais mercados de proteção do conhecimento. Foram 539 cultivares protegidas em soja, 110 em cana-de-açúcar e sessenta em algodão. O milho seria o quarto cultivo em número de cultivares, mas seria o cultivo com maior participação da Embrapa, cerca de 86%. A participação, também da Embrapa, no mercado de algodão é expressiva, ficando em torno de 47%. Na classificação *outros*, encontram-se hortaliças, flores, frutas e outros grãos de menor importância em termos de valor produtivo. Independentemente destes resultados, a Embrapa possui mais de um quarto (36%) da proteção em outras variedades.

TABELA 2
Número acumulado de cultivares protegidas no SNPC no Brasil (1998-2012)

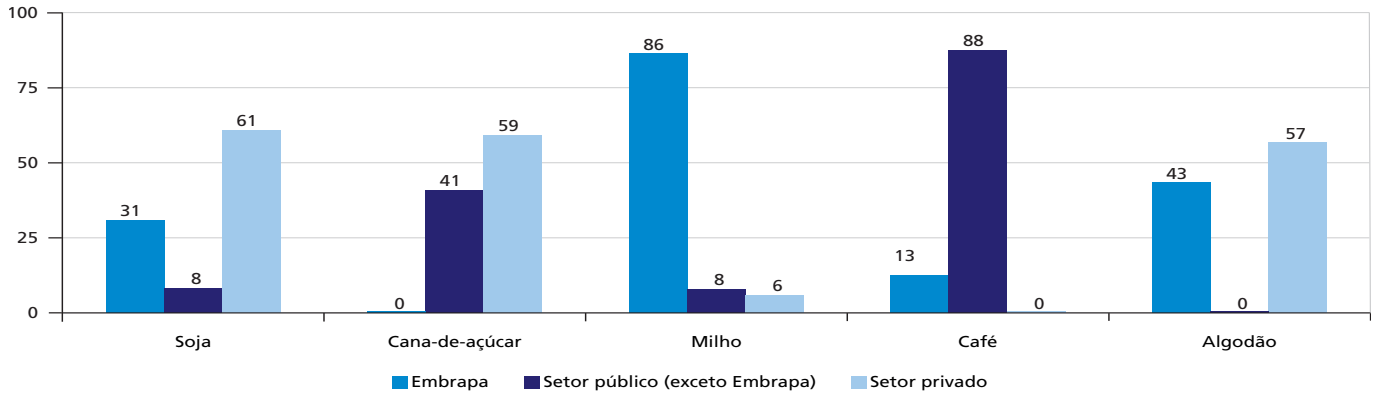
Cultivares protegidas	1998	2001	2004	2007	2010	2012a	Embrapa (2012b)	Proporção da participação da Embrapa entre 2012a e 2012b (%)
Soja	39	94	179	302	442	539	158	29,3
Cana-de-açúcar	6	32	51	71	90	110	0	0,0
Milho	0	17	28	32	49	51	44	86,3
Café	0	0	0	6	7	8	1	12,5
Algodão	1	11	30	48	56	60	28	46,7
Outros	5	55	169	352	673	940	342	36,4
Total	51	209	457	811	1.317	1.708	415	24,3

Fonte: Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC)/Mapa.
Elaboração dos autores.

A partir dos dados do gráfico 3, tem-se a participação da Embrapa, do setor público – exceto a Embrapa – e do setor privado no número de cultivares protegidas no SNPC. No conjunto, nota-se que há forte participação do setor público na proteção do conhecimento, o que enfraquece um pouco o mito de que a Embrapa é a única empresa do setor público que influencia de forma decisiva na pesquisa agropecuária nacional. Tanto a cana-de-açúcar quanto o café mostram que outras instituições públicas são essenciais para geração de novos conhecimentos. Por exemplo, na soja, a participação pública é de 39% – incluindo a Embrapa; na cana-de-açúcar, de 41%; no algodão, de 43%; no milho, de 94%; e no café, de 100%. A participação privada se concentra justamente nos mercados para os quais existem transgênicos.

Pode-se perceber que a inovação no setor tem sido contínua. Os mecanismos de proteção da propriedade intelectual foram fundamentais para este crescimento, visto que são essenciais na organização e na gestão do conhecimento e da inovação no agronegócio, fortalecendo a institucionalidade da pesquisa pública e privada. Houve um aumento considerável do número de cultivares descritas.

GRÁFICO 3
Participação dos setores público – Embrapa e demais instituições públicas – e privado no número de cultivares protegidas no SNPC (1998-2012)
(Em %)

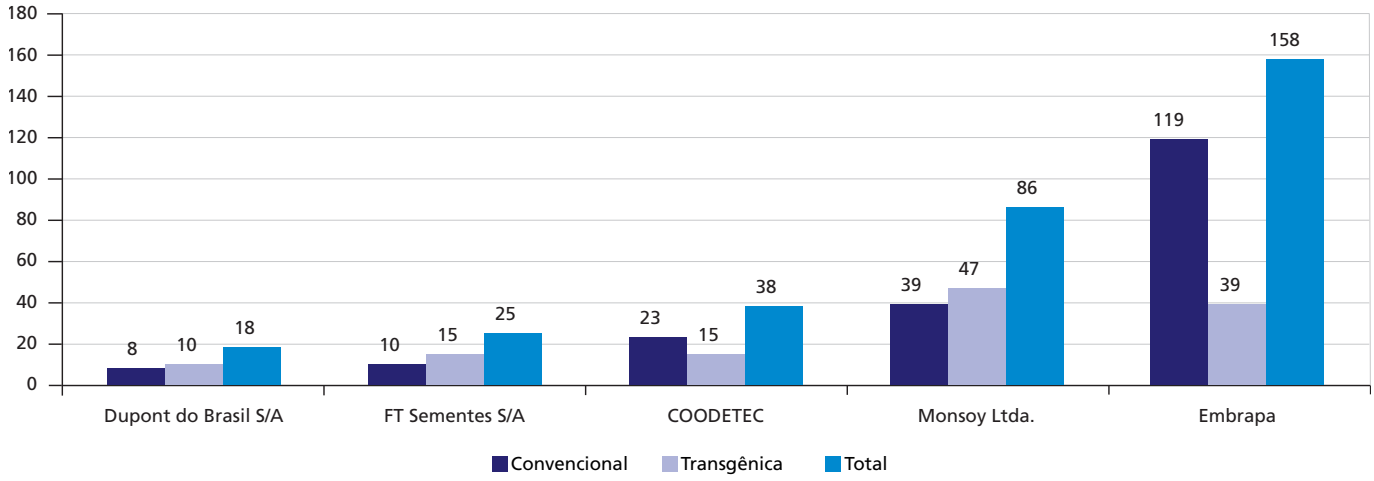


Fonte: SNPC/Mapa.
Elaboração dos autores.

A partir da análise dos registros de proteção dos cultivares no SNPC, verificou-se que houve um expressivo aumento na proteção de cultivares por parte de empresas transnacionais, principalmente em cultivares de flores, hortaliças, batata e frutas. Em relação ao cultivar de soja, houve aumento das parcerias entre as empresas, tanto entre públicas e privadas quanto entre nacionais e multinacionais, bem como a entrada de novos *stakeholders* no mercado de melhoramento genético de soja.

O número de empresas detentoras de cultivares protegidas tem aumentado com o passar do tempo. Este fato pode ser comprovado com a cultivar de soja, cujo melhoramento genético, na década de 1980, era realizado pela Embrapa e por poucas empresas, com destaque para a FT Sementes. De 2000 em diante, a indústria de sementes passou por significativa reestruturação. Em 2012, diversas empresas já disputavam o mercado e possuíam programas específicos de melhoramentos. O gráfico 4 indica as cinco maiores empresas atuantes na área de melhoramento genético – convencional e transgênico –, com dados analisados no SNPC.

GRÁFICO 4
Cultivares protegidas de soja – convencionais e transgênicas: principais empresas detentoras (1998-2012)
(Em números absolutos)



Fonte: SNPC/Mapa.
Elaboração dos autores.

Conforme Castello Branco e Vieira (2008), a liderança mundial da Embrapa no desenvolvimento de tecnologias aplicadas à agricultura de clima tropical, adaptadas aos diversos ecossistemas do território nacional, demonstra a sua capacidade no tratamento ao sistema de propriedade intelectual, permitindo a promoção e a disseminação do conhecimento e das inovações de forma a preservar o investimento realizado.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se ainda encontrar no Brasil um grande "vale" entre a ciência e o mercado no setor industrial. Entretanto, quando se observa o agronegócio, a Embrapa é um modelo que gera pesquisa, desenvolvimento e inovação, promovendo parcerias com objetivo de potencializar o processo de inovação relacionado à pesquisa, mediante o uso autorizado de invenções dos parceiros, quando necessário, e do licenciamento das tecnologias desenvolvidas conjuntamente ou individualmente. Neste cenário, é possível concluir que o respeito e o uso dos direitos de propriedade intelectual constituem um mecanismo que facilita a interação entre conhecimento, invenção e inovação.

A propriedade intelectual passa a ser estratégica na formação do arcabouço institucional do novo regime tecnológico e, por conseguinte, da dinâmica de inovação da agricultura. Neste sentido, o marco regulatório que se constituiu é responsável pela incorporação de novas tecnologias, associadas a um padrão mais intensivo em ciência, o qual redefine o conjunto de investimentos que se dirigem ao setor.

Desde a promulgação da LPC, os mecanismos de proteção à propriedade intelectual tornaram-se fundamentais para a coordenação e gestão da pesquisa agropecuária e para o fortalecimento do aspecto institucional da pesquisa pública, bem como para o incentivo das parcerias público-privadas, ou mesmo entre empresas nacionais e multinacionais.

Infere-se que são funções da propriedade intelectual:

i) garantir o investimento de longo prazo em P&D;

ii) proteger o novo conhecimento e as inovações tecnológicas;

iii) ser fonte de informações estratégicas;

iv) atrair e potencializar investimentos em áreas estratégicas; e

v) manter a segurança jurídica no ambiente de negócios que envolvem ativos intangíveis.

Nesse sentido, segundo o Instituto de Propriedade Intelectual (Inpi), o país deve proteger e estimular cada vez mais as inovações para manter a competitividade no setor, tanto agrícola quanto industrial.

O Brasil deve manter e desenvolver pesquisas no setor agrícola, uma vez que tem competência adquirida ao longo de anos. O país desfruta de posição privilegiada e diversidade ambiental, as quais devem ser exploradas com mais atenção, no intuito de obter vantagens comparativas dinâmicas em relação aos seus competidores diretos. Este fator é de grande relevância ao serem consideradas as novas janelas de oportunidades, como a transgenia e a nanotecnologia, as quais, associadas entre si e com campos científicos tradicionais, abrem uma nova fronteira do conhecimento, com um grande potencial.

REFERÊNCIAS

ÁVILA, J. P. C. Desenvolvimento, inovação e propriedade intelectual no Brasil. *In*: **A história da tecnologia brasileira contada por patentes**. Rio de Janeiro: Inpi, 2008.

BRASIL. Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. Brasília: Congresso Nacional, 1996.

_____. Lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997. Institui a Lei de Proteção de Cultivares e dá outras providências. Brasília: Congresso Nacional, 1997.

_____. Lei nº 10.332, de 19 de dezembro de 2001. Institui mecanismo de financiamento para o Programa de Ciência e Tecnologia para o Agronegócio, para o Programa de Fomento à Pesquisa em Saúde, para o Programa Biotecnologia e Recursos Genéticos – Genoma, para o Programa de Ciência e Tecnologia para o Setor Aeronáutico e para o Programa de Inovação para Competividade, e dá outras providências. Brasília: Congresso Nacional, 2001.

_____. Lei nº 10.739, de 2 de dezembro de 2004. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. Brasília: Congresso Nacional, 2004.

_____. Lei nº 11.196, de 21 de novembro de 2005. Institui o Regime Especial de Tributação para a Plataforma de Exportação, o Regime Especial de Aquisição de Bens de Capital para Empresas Exportadoras e o Programa de Inclusão Digital; (...) e dá outras providências. Brasília: Congresso Nacional, 2005.

CASTELO BRANCO, R.; VIEIRA, A. C. P. Patentes e biotecnologia aceleram o crescimento da agricultura brasileira. **Parcerias estratégicas**. v. 1, n. 1. Brasília: CGEE/MCT, 2008. p. 33-99.

FORNAZIER, A.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Heterogeneidade estrutural no setor agropecuário brasileiro**: evidências a partir do Censo Agropecuário de 2006. Brasília: Ipea, 2012. (Texto para Discussão, n. 1.708).

GASQUES, J. G. *et al*. Produtividade total dos fatores e transformações da agricultura brasileira: análise dos dados dos censos agropecuários. *In*: GASQUES, J. G.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; NAVARRO, Z. (Orgs.). **A agricultura brasileira**: desempenho, desafios e perspectivas. Brasília: Ipea, 2010. p. 19-44.

HAYAMI, Y.; RUTTAN, V. W. **Desenvolvimento agrícola**: teoria e experiências internacionais. Brasília: Embrapa, 1988. 583 p.

INSTITUTO INOVAÇÃO. Agronegócios: as oportunidades continuam. **Radar inovação**. Belo Horizonte, jun. 2006. Disponível em: <http://inventta.net/wp-content/uploads/2010/07/inovacao_agronegocios.pdf>.

LOTUFO, R. A. A institucionalização de núcleos de inovação tecnológicas e a experiência da Inova Unicamp. *In*: SANTOS, M. E. R.; MAGALHÃES, P. T.; LOTUFO, R. A. (Orgs.). **Transferência de tecnologia**: estratégias para a estruturação e gestão de núcleos de inovação tecnológica. Campinas: Komedi, 2009.

MELO, F. H. **O problema alimentar no Brasil**: a importância dos desequilíbrios tecnológicos. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983.

SÁ, C. D. **Propriedade intelectual na cadeia de flores e plantas ornamentais**: uma análise da legislação brasileira de proteção de cultivares. 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SCHULTZ, T. W. **Transforming traditional agriculture**. New Haven; Connecticut: Yale University Press, 1964.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; CAMPOS, A. C.; FERREIRA, C. M. C. Abordagem alternativa do crescimento agrícola: um modelo de dinâmica evolucionária. **Revista brasileira de inovação,** v. 4, n. 2, p. 425-476, jul./dez. 2005.

VIEIRA FILHO, J. E. R**. Inovação tecnológica e aprendizado agrícola**: uma abordagem schumpeteriana. 2009. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; SILVEIRA, J. M. F. J. Modelo evolucionário de aprendizado agrícola. **Revista brasileira de inovação**, v. 10, n. 2, p. 265-300, jul./dez. 2011.

_____. Mudança tecnológica na agricultura: uma revisão crítica da literatura e o papel das economias de aprendizado. **Revista de economia e sociologia rural**, v. 50, n. 4, p. 717-738, out./dez. 2012.

VIEIRA, A. C. P.; BUAINAIN, A. M. Propriedade intelectual, biotecnologia e a proteção de cultivares no âmbito agropecuário. *In*: SILVEIRA, J. M. F. J.; DAL POZ, M. E.; ASSAD, A. L. D. (Coords.). **Biotecnologia e recursos genéticos**: desafios e oportunidades para o Brasil. Campinas: FINEP/UNICAMP, 2004.

O Sistema Setorial de Inovação de TICs no Brasil e o Surgimento de Novas Firmas

Luis Claudio Kubota*
João Maria de Oliveira**
Roberto Carlos Mayer***

1 INTRODUÇÃO

O setor de tecnologias da informação e comunicação (TICs) é aquele que apresenta os maiores gastos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) no conjunto das economias estadunidense, japonesa e europeia, representando 25% dos gastos empresariais em P&D e empregando 32,4% dos pesquisadores, apesar de responder por apenas 4,8% do produto interno bruto (PIB) destes países (Turlea *et al.,* 2010). Oito das vinte maiores empresas que investem em P&D no mundo atuam no setor, conforme *ranking* da Booz & Company (Jaruzelski e Dehoff, 2009).

A maior parte desses grandes *players* tem posição dominante no mercado brasileiro (Kubota, Domingues e Milani, 2010). Desse modo, a análise do Sistema Setorial de Inovação (SSI) não pode perder de vista as cadeias globais de valor, sob o risco de ficar totalmente fora do contexto. A existência de importantes laboratórios em diversas instituições de ciência e tecnologia, e de departamentos de P&D em várias empresas possibilita a existência de diversas incubadoras ligadas a eles e, em decorrência disto, a oportunidade para novos empreendimentos nos segmentos ligados às TICs.

Conforme será detalhado na seção seguinte, a capacidade de criação de novos empreendimentos é uma das características de um SSI de TICs. O objetivo deste artigo é apresentar uma análise qualitativa sobre o surgimento e o desenvolvimento de novas empresas no setor de TICs. Para tanto, foram realizadas entrevistas visando captar aspectos relevantes associados ao processo de incubação destas empresas. Também foram analisadas questões sobre o financiamento e o plano de negócios, a capacitação, a inovação e as políticas públicas.

Assim, a pesquisa pode vislumbrar melhorias na formulação de políticas públicas que propiciem investimentos em novas tecnologias do setor de TICs, estimulando o desenvolvimento da atividade empreendedora e inovadora no setor.

O estudo está organizado da seguinte maneira. A seção 2 traz uma visão geral do SSI de TICs no Brasil. A seção 3 apresenta três estudos de caso de *clusters* de empresas de TICs em que há intensa formação de *startups*, por exemplo, o Vale do Silício, nos Estados Unidos; e Recife e Santa Rita do Sapucaí, no Brasil. A seção 4 apresenta o resultado de uma pesquisa de campo sobre incubadoras e *startups* no setor de TICs. E por fim, a seção 5 reúne as considerações finais do estudo, de caráter exploratório.

2 A VISÃO GERAL DO SISTEMA SETORIAL DE INOVAÇÃO DE TICS NO BRASIL

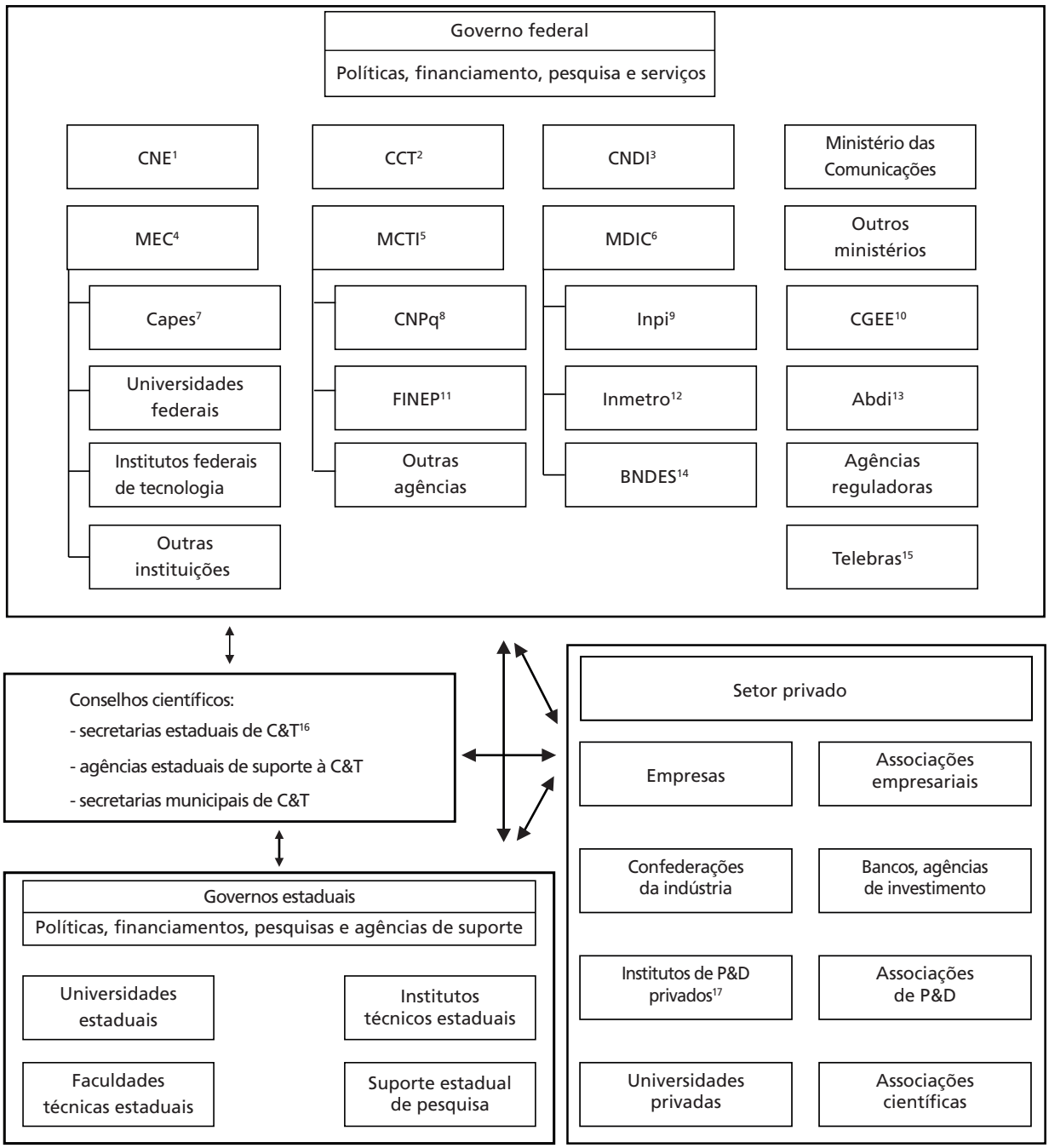
Esta seção apresenta, de modo exploratório e não exaustivo, as principais organizações que compõem o SSI de TICs no Brasil. Elas estão apresentadas na figura 1, a seguir.

* Técnico 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.

*** Pesquisador e bolsista do Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) no Ipea.

FIGURA 1
Principais organizações do SSI de TICs no Brasil



Fonte: Rodríguez *et al.* (2008, p. 73).
Elaboração dos autores.
Notas: [1] Conselho Nacional de Educação.
[2] Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia.
[3] Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial.
[4] Ministério da Educação.
[5] Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação.
[6] Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio.
[7] Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.
[8] Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.
[9] Instituto Nacional da Propriedade Industrial.
[10] Centro de Gestão e Estudos Estratégicos.
[11] Financiadora de Estudos e Projetos.
[12] Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.
[13] Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial.
[14] Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.
[15] Telecomunicações Brasileiras S.A.
[16] Ciência e tecnologia.
[17] Pesquisa e desenvolvimento.

No âmbito do governo federal, as principais organizações que compõem o SSI de TICs são: o Ministério das Comunicações – que administra o Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações (Funttel); a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel); o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) – diretamente e por meio da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP); o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC) – diretamente e por meio do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES); o Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI); a Telecomunicações Brasileiras S.A. (Telebras) e as universidades federais.

No âmbito privado, destacam-se as empresas, os institutos de P&D privados e algumas universidades privadas.

Uma característica fundamental do SSI de TICs no Brasil é a presença da Lei de Informática (LI). Trata-se de um instrumento que tem sido analisado por vários autores (Sousa, 2011; CGEE, 2011; Garcia e Roselino, 2004). As análises realizadas são críticas aos impactos da LI em alavancar o conteúdo tecnológico desenvolvido no país. A LI representou uma renúncia fiscal de R$ 4,6 bilhões em 2010 (Brasil, 2011).

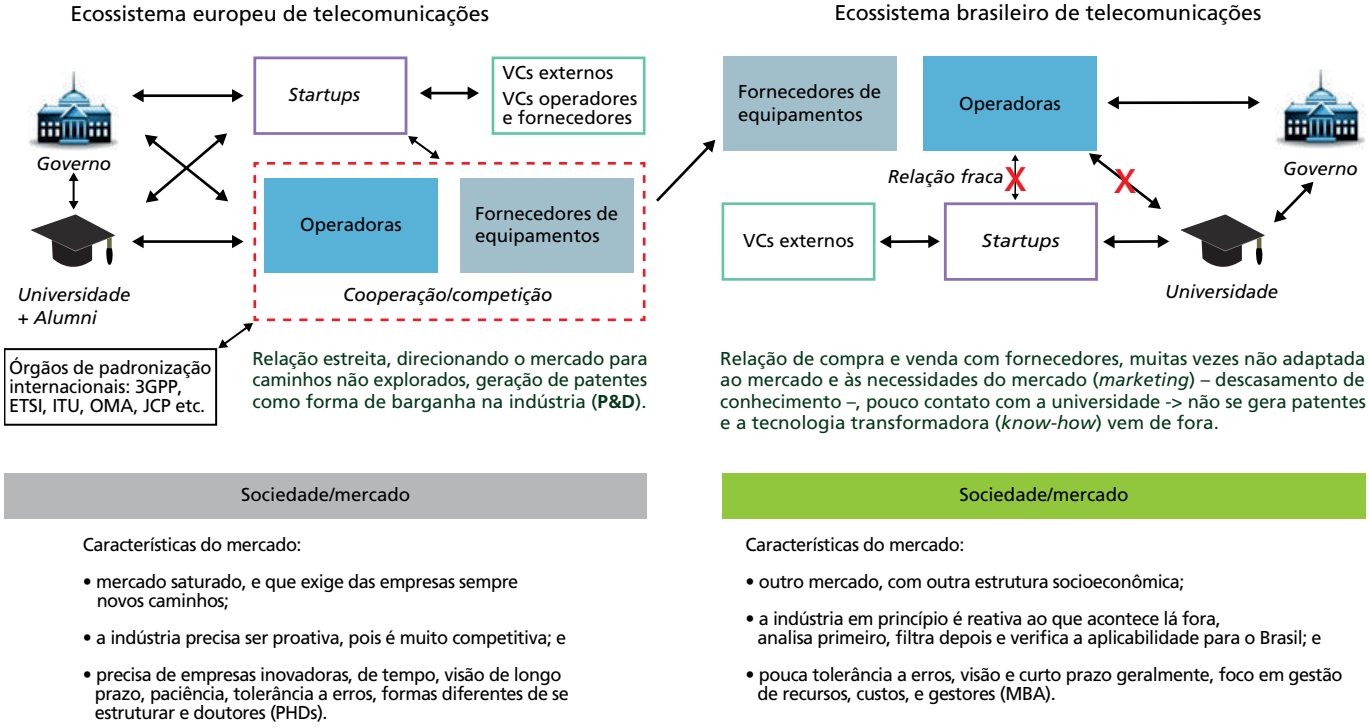
As principais instituições de pesquisa beneficiadas com recursos da LI em 2009 foram: Venturus; Samsung Instituto Desenvolvimento para a Informática; Eldorado; Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife (C.E.S.A.R.); Brisa; Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Centro Internacional de Tecnologia de Software (CITS); Universidade Federal do Ceará (UFC); Flextronics Instituto de Tecnologia; Laboratório de Sistemas Integráveis Tecnológico (LSI-TEC); IRT; Laboratório de Sistemas Integráveis Tecnológico do Nordeste (LSI-TEC NE); Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD); Atlântico; Instituto Nacional de Telecomunicações (Inatel); Von Braun; Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS); Fundação Centro de Referência em Tecnologia Inovadora (Certi); Universidade de Brasília (UnB); Fundação para Inovações Tecnológicas de São Paulo (FITec-SP); Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará (CEFET-CE); Fundação para Inovações Tecnológicas de Pernambuco (FITec-PE); Fundação para Inovações Tecnológicas de Minas Gerais (FITec-MG); Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC); Associação Sul-Riograndense de Apoio ao Desenvolvimento de Software (SOFTSUL); Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP); INSOFT; Fundação de Apoio a Capacitação em Tecnologia da Informação (FACTI); Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial da Bahia (Senai-BA); Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico em Informática e Eletroeletrônica de Ilhéus (Cepedi); Universidade de São Paulo (USP); Centro de Pesquisas Renato Archer (CenPRA); Universidade Estadual do Ceará (Uece), Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia (FDTE); Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Universidade Federal de Campina Grande (UFCG); Centro Universitário de Jaraguá do Sul (UNERJ); Instituto Sapientia (IS); Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); INTERA; Centro de Tecnologia e Sociedade da Fundação Getulio Vargas (CTS-FGV), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP); Universidade Federal do Pará (UFPA); Universidade do Estado da Bahia (UNEB); Universidade de Fortaleza (Unifor); Universidade Federal de Itajubá (Unifei); Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos); Universidade de Taubaté (Unitau); Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ); Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial do Ceará (Senai-CE); Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); e Faculdade de Engenharia de Sorocaba (FACENS) (Brasil, 2010).

Estudos anteriores do Ipea trazem características do SSI de TICs. É interessante lembrar que as TICs são tecnologias de propósito geral. Sendo assim, seus desenvolvimentos podem contribuir para os mais diversos setores da economia, como educação, saúde, manufatura, entre outros. No Brasil, o setor apresenta características ambíguas, pois, por um lado, possui indicadores de inovação e esforço tecnológico mais elevados que a média do setor industrial, por outro lado, o setor apresenta duas fraquezas estruturais que têm relação entre si. Em primeiro lugar, existe uma forte dependência da importação de componentes eletrônicos, que tem importância crescente no valor agregado dos produtos. Em segundo lugar, as firmas brasileiras em geral não participam da determinação dos novos padrões tecnológicos – como o Long Term Evolution (LTE) –, que são feitos por meio de alianças entre grandes corporações internacionais – em alguns casos com participação governamental (Kubota e Sousa, 2012).

Nascimento (2012) mostra que a produção científica em telecomunicações, apesar de crescente, é muito reduzida quando comparada à de outros países. Kubota, Nogueira e Milani (2012) concluíram que o Fundo Setorial da Tecnologia da Informação (CT-Info) envolve valores pouco expressivos, bem como beneficia um número reduzido de firmas.

Outra maneira de avaliar o SSI de TICs é por meio de seu ecossistema. A figura 2 apresenta uma comparação entre um mercado maduro como o europeu, e o brasileiro.

FIGURA 2
Comparação entre os ecossistemas europeu e brasileiro de telecomunicações



Fonte: Spadinger (2010).
Obs.: a sigla 3GPP significa 3rd Generation Partnership Project; Etsi, European Telecommunications Standards Institute; ITU, International Telecommunication Union; OMA, Open Mobile Alliance; JCP, Java Community Process; MBA, *master of business administration*; e PhD, *doctor of philosophy*.

Na figura 2, é possível observar que o ecossistema brasileiro carece de algumas relações importantes, como uma maior proximidade entre universidades e empresas, bem como entre firmas e *startups*.

Entre as empresas que já foram *startups* de TICs, várias se tornaram ícones do capitalismo, por exemplo: Microsoft, Apple, Facebook, Google, entre outras. O mercado norte-americano apresenta – especialmente no Vale do Silício – uma institucionalidade invejada em todo o mundo neste aspecto. Os Estados Unidos são capazes de atrair talentos dos mais diversos países para as suas renomadas universidades. Os anjos e *venture capitalists* estão dispostos a investir em negócios incipientes, dos quais uma pequena parcela trará um grande retorno.[1]

No caso brasileiro, o processo é objeto de diversas políticas, inclusive o *startup* Brasil, no âmbito do plano TI Maior. Uma das principais diferenças está no mercado de capitais. A lógica em muitos casos é desenvolver o negócio até que possa ser feita uma oferta de ações na bolsa. Apesar do desenvolvimento recente, a presença de empresas de TICs na Bolsa de Valores de São Paulo (Bovespa) é muito reduzido.

1. Para informações mais aprofundadas sobre esse tema, ver Battelle (2005), que apresenta o caso Google.

3 ESTUDOS DE CASO DE *CLUSTERS* DE EMPRESAS DE TICS COM INTENSA FORMAÇÃO DE *STARTUPS*

3.1 Vale do Silício

A região do Vale do Silício (VS) abriga alguns dos principais ícones da indústria de TICs, tais como: HP, Intel, Apple, Oracle e, mais recentemente, Google e Facebook. Vários fatores ajudam a explicar o sucesso deste *cluster: i)* influência de visionários como Frederick Emmons Terman e William Shockley;[2] *ii)* potencial da tecnologia de circuitos integrados; *iii) path dependency*: a tecnologia de telégrafo sem fio e rádio como desenvolvedora das habilidades necessárias para os desenvolvimentos futuros; *iv)* papel do departamento de defesa; *v)* transbordamentos de grandes para pequenas empresas, quando as primeiras produzem tecnologias que não são capazes de explorar; *vi)* um ecossistema de instituições complementares; *vii)* desenvolvimento de comunidades que permitem que o conhecimento seja capitalizado além das fronteiras das firmas; e *viii)* existência de um variado grupo de talentos (Weil, 2009).

Weil (2009) conta como a região em torno da Universidade de Stanford – que não era uma das mais prestigiadas dos Estados Unidos, se tornou uma referência mundial de tecnologia. Os antecedentes remontam ao início do século XX, com o desenvolvimento industrial em torno da tecnologia de telégrafo sem fio e de rádio. A Federal Telegraph foi fundada em 1909, com investimentos do presidente de Stanford. A II Guerra Mundial e a Guerra da Coreia representaram uma grande demanda para empresas da região.

A existência de uma rede de relações pessoais e profissionais é de grande importância para o sucesso das empresas do VS. A região é rica não apenas em profissionais com habilidades e conhecimento, mas o ambiente propicia também a criação de novas empresas de aprendizado coletivo. Os engenheiros são mais leais à indústria e ao desenvolvimento de tecnologia que às firmas. Os profissionais se transferem entre firmas de diferentes especialidades (Saxenian, 1990).

O ecossistema inclui firmas de pesquisa, relações públicas, consultores técnicos, escritórios de advocacia especializados, firmas de *venture capital* (VC). No que diz respeito ao VC, a história remonta ao Small Business Act de 1958. A emergência de milionários empreendedores gera um círculo virtuoso de anjos e *venture capitalists* interessados em investir em novos negócios (Saxenian, 1990; Weil, 2009).

3.2 Recife

Em 1996, surgiu em Recife o C.E.S.A.R, uma organização especializada em TICs. De acordo com o site da instituição:

> é um centro privado de inovação que utiliza engenharia avançada em tecnologias da informação e comunicação (TICs) para solucionar problemas complexos para empresas e indústrias de diversos setores, a exemplo de telecomunicações, eletroeletrônicos, automação comercial, financeira, mídia, energia, saúde e agronegócios.

Essa instituição foi inspirada nas relações existentes entre universidade e empresa na Europa e nos Estados Unidos. Em seus primeiros dias, os fundadores do C.E.S.A.R tentaram convencer professores a desenvolver produtos para empresas locais, objetivando assim aproximar estas firmas da academia. Os empreendedores não tinham interesse em se relacionar com institutos de pesquisa, e os professores estavam mais interessados em publicar seus estudos do que aplicar novas ideias. Com o passar do tempo, as resistências diminuíram, mas ocorrem até os dias de hoje. A instituição tem a visão de desenvolver tecnologia por um processo de *demand-pull*, em que as parcerias são consideradas cruciais. A maior parte dos recursos é oriunda de parcerias com empresas como a Motorola. O C.E.S.A.R conta com atividades de pré-incubação e incubação (Rovere e Rodrigues, 2010).

2. Vencedor do Prêmio Nobel de Física em 1956.

O Porto Digital surgiu em julho de 2000 e é considerado um ambiente de empreendedorismo, inovação e negócios de TICs e economia criativa do estado de Pernambuco que reúne mais de 200 empresas, com faturamento de R$ 1 bilhão. Trata-se de um projeto de desenvolvimento econômico que agrega investimentos públicos, iniciativa privada e universidades. Em doze anos de operação, o Porto Digital já transferiu para o bairro do Recife 6.500 postos de trabalho, atraindo dez empresas de outras regiões do país e quatro multinacionais, abrigando, ainda, quatro centros de tecnologia.

Segundo Rovere e Rodrigues (2010), a iniciativa de criação do Porto Digital contou com o apoio do BNDES, da FINEP, da Agência de Apoio ao Empreendedor e Pequeno Empresário (Sebrae), do Banco do Nordeste do Brasil (BNB) e da Associação das Empresas Brasileiras de Tecnologia da Informação (Assespro). O Porto Digital conta também com a incubadora Cais do Porto. Representantes de ambas incubadoras foram entrevistados nesta pesquisa.

O C.E.S.A.R é uma das âncoras do Porto Digital e ocupa um antigo armazém localizado em frente à Praça Tiradentes, com uma área de 2 mil metros quadrados preparada para abrigar mais de 300 profissionais. Os investimentos utilizados na transferência do C.E.S.A.R para o bairro do Recife foram de R$ 2 milhões.

3.3 Santa Rita do Sapucaí

Em 1959, uma benemérita da cidade – Luzia Rennó Moreira – fundou a primeira escola de eletrônica da América Latina, a Escola Técnica de Eletrônica Francisco Moreira da Costa (ETE), que foi a semente do que veio a se chamar décadas depois de Vale da Eletrônica. Segundo Ribeiro, Andrade e Zambalde (2005), foi o meio acadêmico que induziu a criação das primeiras empresas de base tecnológica na região. O empreendedorismo é incentivado desde a educação básica. Os modelos de ensino das instituições de ensino da cidade – ETE, Inatel e Faculdade de Administração e Informática (FAI) – estão voltados para a aplicação no setor produtivo. Segundo os autores, este sistema educacional tornou-se fator decisivo para o processo de industrialização do município de Santa Rita do Sapucaí. Existe uma mentalidade de intenso apoio aos alunos que querem desenvolver seus próprios projetos.

Ribeiro, Andrade e Zambalde (2005) defendem que existe uma intensa circulação de conhecimento na rede formada por empresas, institutos públicos, usuários, universidades e outros atores. O município de Santa Rita do Sapucaí dispõe de uma incubadora, que estabelece parcerias com a ETE, a FAI e o Inatel. Existem parcerias também com o Sebrae-MG, a Secretaria de Estado e Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (SECT-MG), a Rede Mineira de Incubadoras, a Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos de Tecnologias Avançadas (ANPROTEC), a Fundação de Apoio à Pequena e Micro Empresa de Minas Gerais (FAPEMIG) e a Associação Comercial de Santa Rita do Sapucaí. O Inatel e a FAI também dispõem de incubadoras de empresas. O município conta ainda com o Centro de Orientação Empresarial de Santa Rita do Sapucaí, na periferia de cidade. Trata-se de um centro que recebe empresas graduadas no sistema local de incubação.

4 *STARTUPS* EM TICS: ANÁLISES PRELIMINARES

O estímulo ao movimento empreendedor de base tecnológica e inovador é considerado um dos papéis mais fundamentais na busca intensiva pelo desenvolvimento econômico e social dos países. Sobretudo no que se refere às TICs, o SSI dispõe de mecanismos que estimulam o fenômeno, destacando-se entre eles as incubadoras de base tecnológica.

Atualmente no Brasil existem cerca de 400 incubadoras de empresas, conforme dados da ANPROTEC (2006). A maioria delas está sediada nas regiões Sul e Sudeste do país, e diversas possuem foco em empresas dos segmentos das TICs. Elas atuam promovendo um ambiente favorável à criação e ao desenvolvimento de empreendimentos inovadores. Para Lahorgue (2008), as incubadoras desencadeiam o desenvolvimento econômico; difundem, criam e aprimoram o conhecimento; geram postos de trabalho e renda, desempenhando assim, um papel diferenciado neste processo.

Para se alcançar melhor compreensão do processo de surgimento e desenvolvimento de novas empresas de TICs, realizou-se inicialmente um mapeamento de empresas e incubadoras com serviços e produtos considerados inovadores em TICs. Durante o processo de mapeamento também foram levantadas – a partir da rede da Assespro – referências de empresas com características inovadoras para posterior contato e convite para a participação na pesquisa.

Assim, foi desenvolvida uma pesquisa primária com vinte participantes, divididos da seguinte forma: treze organizações – oito incubadas e sete incubadoras com atuação em TICs.

A maioria das entrevistas foi realizada por telefone e complementada por meio de preenchimento de formulários por algumas empresas participantes do workshop Presente e Futuro da Inovação em TICs no Brasil, na cidade de Campinas-SP em setembro de 2012.[3]

Os questionários foram elaborados com perguntas fechadas e abertas. A coleta de dados de campo foi feita entre julho e outubro de 2012. Para facilitar o preenchimento do questionário e a leitura do relatório, a pesquisa foi dividida em seis blocos: *i)* caracterização geral; *ii)* incubação; *iii)* financiamento e plano de negócio; *iv)* capacitação; *v)* inovação; e *vi)* políticas públicas.

Neste texto, as respostas abertas foram submetidas à análise qualitativa de conteúdo. Mayring (2002) desenvolveu um procedimento metodológico para a análise qualitativa que consiste na abreviação estruturada das respostas e na análise explicativa do conteúdo, adotado neste trabalho. Neste processo, denominado de abreviação estruturada, o material é parafraseado, e as paráfrases semelhantes são condensadas e reduzidas. Assim, a combinação destas reduções com uma generalização das respostas permite gerar abstrações de contexto restrito, ressaltado pela incidência de respostas semelhantes obtidas nos diversos relatos dos entrevistados.

A análise dos resultados é apresentada inicialmente a partir da caracterização, das soluções empreendidas e da motivação para empreender. Em seguida, ela é dividida conforme os blocos do questionário.

4.1 Perfil das empresas

As empresas são do setor de tecnologia da informação ou de telecomunicações. A maioria das firmas possui pouco tempo de existência no mercado, ou seja, metade delas foi criada entre 2009 e 2011, e oito estavam incubadas até o término desta pesquisa. O número de profissionais das firmas incubadas varia entre três e quinze pessoas, e o faturamento de menos de R$ 60 mil a até R$ 1,2 milhão. Entretanto, a grande maioria tem até quatro profissionais e prevê o faturamento de no máximo R$ 360 mil para 2012. Cinco empresas já exportavam ou estavam em vias de fazê-lo.

4.2 Perfil das soluções ofertadas

Das dez soluções mais citadas pelos entrevistados, seis são relacionadas a *software*, com destaque para: desenvolvimento de *software* produto, desenvolvimento de *software* como serviço (SaaS) e desenvolvimento de *software* sob encomenda.

As soluções envolvem as mais variadas tecnologias, entre elas: comunicação utilizando fibra ótica; sistemas de atendimento a cliente para grandes corporações; equipamentos para monitoramento de sinais vitais em neonatal; rastreamento em tempo real dos equipamentos de TI em um *datacenter*; *software* para integração do chão de fábrica com a rede do fornecedor; *wifi* rural; leitor RFID nacional integrado; dupla polarização para enlaces do *backbone* e *backhaul*; equipamentos para operadoras de telecomunicações; equipamentos de automação de ordenha; automação residencial; entre outras.

3. Essa iniciativa foi liderada por um dos autores, com articulação conjunta da Associação das Empresas Brasileiras de Tecnologia da Informação (Assespro), do Ipea e do Centro de Tecnologia da Informação (CTI). No *workshop*, foram apresentados os resultados do Censo Assespro 2012 e entregues os questionários para que participantes do evento preenchessem.

4.3 Motivação para a criação da empresa

Os motivos para a criação da empresa foram bastante variados, mas a maioria diz respeito à identificação de oportunidades de mercado, como o sonho de criar uma empresa de produtos de *software* no Brasil, a clara visão de uma oportunidade e a vontade de implementar manufatura enxuta. A expressiva maioria dos entrevistados relatou que a motivação também decorria da oportunidade em aproveitar conhecimentos adquiridos na universidade e aplicá-los. Além disso, alguns vislumbravam o espaço mercadológico, em função da solução concebida não existir no mercado nacional, ou mesmo de dominarem um conhecimento restrito em algumas áreas, tais como eletromagnetismo e eletrônica analógica. Outros citaram as privatizações dos setores de telefonia e energia como uma oportunidade de mercado para a inserção da empresa.

4.4 Incubação

Entre os motivos mais frequentemente apontados para se submeterem ao processo de incubação destacam-se: experiência anterior em incubadora; forma de crescimento; apoio no desenvolvimento do negócio, gestão e *design*; e facilidades, benefícios e visibilidade para a empresa.

A maior parte das empresas incubadas está satisfeita com o processo de incubação. Algumas respostas abertas são destacadas a seguir.

1) A empresa esperava mais da incubadora, sem, contudo, ter especificado os motivos.
2) O processo de incubação foi satisfatório por ter atendido as expectativas da empresa em relação aos baixos custos, proximidade com a universidade, *networking* e acesso ao mercado. No entanto, existem melhorias que poderiam ocorrer, como melhores infraestrutura e instalações físicas da incubadora; *mentoring* e *coaching* mais próximos e frequentes, apesar de a empresa ter recebido orientação da incubadora.
3) O Porto Digital de Pernambuco foi lembrado como exemplo de destaque de incubadora fora do eixo Rio de Janeiro/São Paulo. Alguns pontos positivos foram citados, entre eles: *i)* estrutura dinâmica, próxima da realidade do novo mercado, das novas tecnologias, da "nova maneira de fazer gestão"; *ii)* plataforma de exportação; e *iii)* fundo criado pelo Porto Digital que investe nas próprias empresas.
4) Na região Sudeste, o maior problema das incubadoras, citado por um dos entrevistados, é: "estrutura muito dentro da universidade, muito fora da realidade de mercado. As pessoas parecem que são funcionários públicos". Para o entrevistado, não deveria ser assim: deveria ser uma "coisa muito mais arrojada, mais agressiva nesse sentido".

A maioria das empresas respondentes estava incubada entre um e quatro anos. A maior parte das incubadas tinha vínculo com o complexo acadêmico universitário. Diferentes vínculos foram citados pelos entrevistados, entre eles: doutorando do núcleo da universidade; palestras ministradas por representantes das incubadoras para os acadêmicos de engenharia; bolsista disponibilizado pela universidade; alunos de mestrado da universidade como colaboradores.

É importante ressaltar que quatro das sete incubadoras não eram vinculadas a universidades. Apenas uma destas sete respondeu que a preferência é pela comunidade da universidade, ou seja, alunos, ex-alunos, pesquisadores. A incubadora entende que pertencendo a uma universidade privada, esta oportunidade de incubação tem de privilegiar a comunidade.

No que diz respeito à ajuda da incubação no resultado das empresas, a maioria das incubadas acreditam que o resultado é positivo. Os principais pontos levantados foram: credibilidade; "nome" da faculdade; maior visibilidade e acesso a parceiros, clientes, investidores e imprensa; associação de imagem, confiabilidade para as empresas e redes de relacionamento; possibilidade de refinar o modelo de negócio; operar inicialmente com baixos custos; saber da existência de programas de fomento público não reembolsáveis; receber auxílio para realizar primeira venda no mercado; acesso a diversas capacitações – treinamentos e assessorias – importantes para a criação e gestão dos negócios; apoio, infraestrutura e condições; benefícios oferecidos pela incubadora.

É possível observar que os primeiros temas são relacionados à credibilidade, confiança e visibilidade que as incubadoras possibilitam para as incubadas. Já os últimos estão mais relacionados com as questões técnicas e operacionais.

4.5 Financiamento

A questão referente às fontes de financiamento permitia aos entrevistados apontar mais de uma opção. Entre estas, prevaleceu o capital próprio – recursos dos sócios, seguido por recursos da FINEP –, diversas entidades estaduais de apoio à pesquisa e à inovação, e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Também foram citados o BNDES, outras instituições financeiras e empresas parceiras.

Em relação às dificuldades encontradas pelas empresas na obtenção de financiamento, de modo geral, os entrevistados destacaram: burocracia, volume de informação solicitado, demora na liberação do orçamento após a aprovação do projeto, conforme pode ser observado no quadro 1.

QUADRO 1
Percepção dos respondentes em relação ao financiamento de FAPESP, Prime, CNPq e FINEP

FAPESP	Prime – FINEP	CNPq	FINEP
Processo de seleção muito acadêmico.	Processo mais simples que o da FAPESP.	Processo mais simples que o da FINEP.	Exigência de muitos e complicados formulários.
Processo de seleção e prestação de contas demanda muito esforço da empresa.			Necessidade de contratação de terceiros para elaboração da proposta.
Uma vez que o projeto é aprovado, a estrutura da FAPESP "engessa" a empresa.			Dificuldade de conhecer fundos e recursos.
			Dificuldade de obtenção dos recursos, uma vez aprovados.

Elaboração dos autores.

As respostas das incubadoras também ressaltaram a burocracia, o volume de informação solicitado e a lentidão dessas organizações que financiam os projetos. Outros pontos importantes destacados foram: a não compatibilidade do que é exigido para uma empresa que está incubada e no início das atividades; a facilidade de projetos aprovados com a presença de mestres e doutores; as mudanças no governo que geram alterações na diretoria destas organizações e perda da linha de trabalho.

Na opinião dos representantes das incubadoras, as exigências dos editais de fomento não são adequadas para o público de jovens empreendedores e para o porte das empresas. Uma exceção é o programa Primeira Empresa Inovadora (Prime).

Não há periodicidade no lançamento de editais e uma lógica voltada para os negócios inovadores de tecnologia. As incubadoras podem contribuir muito com a elaboração e o encaminhamento dos projetos. O processo, no entanto, é extremamente burocrático.

No que diz respeito aos planos de expansão, algumas das opções levantadas pelas empresas foram: venda da empresa, utilização de *angel*/VC, abertura de capital, incorporação de sócios investidores, recursos próprios, fusões e crescimento orgânico.

4.6 Políticas públicas

A avaliação dos entrevistados quanto à formulação e à implementação de políticas públicas são apresentadas a seguir, e divididas por temas por eles abordados.

4.6.1 Acesso a recursos e incentivos

Na percepção dos entrevistados, apesar de já estarem disponíveis os instrumentos legais, ainda é necessária uma ação do governo para facilitar o acesso a recursos e incentivos às Pequenas e Médias Empresas (PMEs). Para eles, o Plano Brasil Maior teve impacto positivo. Entretanto, o governo não está conseguindo transformar estas políticas de incentivo em resultados, principalmente, no caso das empresas incubadas.

Para os respondentes, existe uma compreensão limitada do Estado de como fazer e mensurar esse incentivo para o setor de TICs.

Muitos entrevistados citaram o apoio ao fomento prestado pela FINEP e pela FAPESP, embora tenham reforçado os obstáculos gerados pelos procedimentos burocráticos dessas instituições.

4.6.2 Educação

A percepção da maioria dos entrevistados é a de que existe empenho por parte do governo em sensibilizar e promover a discussão sobre inovação. Por sua vez, também existe uma grande carência de profissionais com formação de qualidade.

4.6.3 Internacionalização, apoio no exterior e *benchmarking*

Foi citada pelos entrevistados a necessidade de apoio ao processo de internacionalização, na comercialização no exterior, principalmente no caso de *software*.

4.6.4 Organização e centralização

Um dos grandes problemas apontados pelos entrevistados em relação à implementação de políticas públicas de incentivo a inovação é a não continuidade e a ausência de articulação nos programas implementados. Na visão deles, as ações são descoordenadas e desestruturadas, "principalmente entre o governo federal e os estados, mas também entre ministérios, secretarias e o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae)", nas palavras de um entrevistado.

4.6.5 Investimento privado

Para os entrevistados, os incentivos privados estão começando. Foram citados três grupos.

1) Empreendedores de tecnologia da 1ª ou 2ª geração que ganharam dinheiro e estão voltando ao mercado, desde anônimos até empreendedores reconhecidos, como os da empresa Buscapé, citada por um entrevistado.
2) Empresas privadas de grande porte com práticas de incentivo ao empreendedorismo.
3) Empresas de médio a grande porte que começam a fomentar o nascimento de novas empresas por meio de incentivos aos clientes ou investimentos na sua própria cadeia produtiva.

Além desses grupos citados, foram mencionados também os investimentos menos estruturados de: aceleradoras, associações e/ou rede de investidores-anjos, eventos de apresentação de empresas aos investidores, e institutos de pesquisa no exterior.

4.6.6 Legislação e carga tributária

Para os respondentes, um dos grandes problemas quanto à legislação são as exigências da parte legal na constituição de empresas, sendo portanto necessário reduzi-las. A carga tributária também é citada como um grave problema.

Diversos entrevistados citaram a complexa e pouco flexível legislação trabalhista como um grande obstáculo. Segundo eles, o Simples Nacional facilitou, mas só é aplicável para alguns tipos de negócios. A ideia de capacitação contida no Simples deveria, na opinião dos entrevistados, abranger a todas as áreas.

Nas palavras de um entrevistado, "o problema é o 'custo Brasil', pois ele atinge não apenas o setor de TIC". Para outro, "Há exigências demais e cada vez mais percebemos que o arcabouço jurídico de leis se torna ainda mais complexo. Há um emaranhado jurídico, institucional, legal e ambiental."

Na opinião de diversos entrevistados, em função da complexidade, "há grande dependência dos contadores; o empresário, em vez de produzir, perde tempo com a burocracia que é o grande gargalo".

4.7 Conclusão da seção

É importante ressaltar o caráter exploratório e qualitativo desta pesquisa. Os resultados apresentados mostram que o processo de incubação tem uma avaliação positiva por parte dos incubados. As incubadoras podem contribuir com conhecimento de gestão, com sua imagem – associada à da universidade ou dos institutos de pesquisa –, com candidaturas em editais de financiamento, entre outros benefícios. Trata-se de um tipo de intercâmbio que apresenta benefícios ao aproximar membros da academia ao mercado e vice-versa.

No que diz respeito ao acesso a financiamento, os discursos dos respondentes – incubados e incubadores – são alinhados ao que se observa no estudo de Kubota, Nogueira e Milani (2012). O processo é excessivamente demandante para as empresas – e muitas vezes os recursos – de porte tão reduzido. É interessante notar que os respondentes indicam a existência de empreendedores que já foram *startups*, além de empresas tradicionais, investindo em negócios emergentes de base tecnológica. Trata-se de uma alternativa interessante, visto que é menos dependente de ações do Estado.

Com relação às políticas públicas, os resultados indicam que há percepção de ações positivas por parte do Estado. Entretanto, existe a necessidade de melhor coordenação entre os diferentes entes envolvidos nas atividades de fomento. A ideia de "custo Brasil" também está presente, visto que a complexidade de se fazer negócios no Brasil atinge de modo proporcionalmente mais intenso as pequenas empresas, especialmente as que não podem se beneficiar do Simples Nacional.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este texto apresentou uma análise qualitativa sobre o processo de incubação vivenciado por empresas incubadas e incubadoras que atuam preferencialmente nos setores de TICs.

A percepção dominante dos entrevistados, gerada a partir da análise do seu discurso, remete, em primeiro plano, para problemas no acesso a recursos financeiros. Entretanto, outros achados relevantes foram verificados ao considerar todo o contexto.

A motivação principal da busca pelo processo de incubação, além das questões de apoio de gestão e infraestrutura física, é a maior possibilidade de acesso a recursos financeiros. Grande parte dos empreendedores é oriunda ou ainda tem vínculo com as universidades e instituições relacionadas com as incubadoras.

Entre as principais questões levantadas, além do acesso a recursos, estão: a falta de continuidade e coordenação das políticas públicas de incentivo ao processo de incubação; o baixo nível de apoio ao processo de internacionalização; a pequena oferta de investimento privado; e a ambiência regulatória combinada com a carga tributária brasileira.

O atual estudo tem o caráter de complementar a pesquisa anterior, que analisou o CT-Info (Kubota, Nogueira e Milani, 2012). Ambas investigações indicam que as dificuldades enfrentadas pelas PMEs de base tecnológica no setor são grandes e os programas – governamentais ou das incubadoras – têm muito a contribuir, mas existe um enorme espaço para melhoria em sua execução.

O MCTI reconhece a importância das *startups* para o SSI de TICs. Para o ministério, "o Brasil precisa construir ambientes propícios à aceleração do empreendedorismo de base tecnológica, alavancando a geração de bens e serviços inovadores com competitividade global" (Brasil, 2012, p. 17). Este ministério também entende a importância de se construir uma parceria entre o governo e a iniciativa privada, de modo a formar um ecossistema favorável ao empreendedorismo de base tecnológica, em linha com o que foi apontado na seção 2.

Reforçando o que foi apresentado anteriormente, a Apple e o Google de hoje foram as *startups* de anos atrás. As políticas de fomento às TICs devem ir muito além de uma visão linear de inovação. Conforme apontado em Kubota, Nogueira e Milani (2012), muitas políticas de TICs estão voltadas à produção científica *strictu sensu*, com pouco ou nenhum impacto em inovação. E, mesmo nos projetos com perfil mais voltado ao mercado, existe uma grande diferença entre um protótipo pronto e um lançado no mercado.

REFERÊNCIAS

ANPROTEC – Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos de Tecnologias Avançadas. **Panorama 2006 das incubadoras de empresas e parques tecnológicos**. Brasília: ANPROTEC, 2006.

BATTELLE, J. **The search**: how Google and its rivals rewrote the rules of business and transformed our culture. New York: Penguin, 2005.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Relatório estatístico preliminar de resultados da lei de informática**: ano base 2009 – versão 1.2. Brasília: MCTI, 2010. Disponível em: <http://sigplani.mct.gov.br/arquivos/RDA2009-RelatorioEstatistico-v1.2.pdf>.

_____. _____. **Relatório estatístico preliminar de resultados da lei de informática – 8.248/91 e suas alterações**: dados dos relatórios demonstrativos do ano base 2010 – versão 1.0. Brasília: MCTI, 2011. Disponível em: <http://sigplani.mct.gov.br/arquivos/RelatorioEstatisticoPreliminar.pdf>.

_____. _____. **TI maior**: programa estratégico de software e serviços de tecnologia da informação 2012-2015. Brasília: MCTI, 2012.

CGEE – CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Recomendações para aprimoramento das políticas de tecnologias da informação e comunicação**. Brasília: CGEE, 2011.

GARCIA, R.; ROSELINO, J. Uma avaliação da lei de informática e de seus resultados como instrumento indutor de desenvolvimento tecnológico e industrial. **Gestão & Produção**, v. 11, n. 2, p. 177-185, maio/ago. 2004.

JARUZELSKI, B.; DEHOFF, K. Profits down, spending steady: the global innovation 1000. **Strategy and business**, n. 57, Winter 2009.

KUBOTA, L. C.; DOMINGUES, E.; MILANI, D. N. Diferenças de escala no mercado de equipamentos de telecomunicações. **Radar**, Brasília, v. 10, 2010.

KUBOTA, L. C.; NOGUEIRA, M. O.; MILANI, D. N. **Avaliação do CT-Info**. Brasília: Ipea, 2012.

KUBOTA, L. C.; SOUSA, R. A. F. Tecnologias da informação e comunicação: competição, políticas e tendências. *In*: KUBOTA, L. C. *et al*. **Tecnologias da informação e comunicação**: competição, políticas e tendências. Brasília: Ipea, 2012.

LAHORGUE, M. A. Incubadoras de empresas no Brasil, quadro a partir das avaliações realizadas no período de 2000-2007. **Temas**, v. 12, n. 17, p. 98-107, 2008.

MAYRING, P. **Introdução à pesquisa social qualitativa**: uma introdução para pensar qualitativamente. 5. ed. Beltz: Weinheim, 2002.

NASCIMENTO, P. A. M. Capacitações científicas em telecomunicações. *In*: KUBOTA, L. C. *et al*. **Tecnologias da informação e comunicação**: competição, políticas e tendências. Brasília: Ipea, 2012.

RIBEIRO, S. A.; ANDRADE, R. M. G.; ZAMBALDE, A. L. Incubadoras de empresas, inovação tecnológica e ação governamental: o caso de Santa Rita do Sapucaí (MG). **Cadernos EBAPE.BR**, ed. especial, 2005.

RODRÍGUEZ, A. *et al*. **Knowledge and innovation for competitiveness in Brazil**. Washington: World Bank, 2008.

ROVERE, R. L. L.; RODRIGUES, R. F. Outsourcing and diffusion of knowledge in ICT clusters: a case study. *In*: PYKA, A.; FONSECA, M. G. D. (Eds.). **Catching up, spillovers and innovation networks in a schumpeterian perspective**. 1st ed. Berlin; Heidelberg: Springer Publisher, 2010. v. 1, p. 1-15.

SAXENIAN, A. Regional networks and the resurgence of Silicon Valley. **California management review**, v. 33, n. 1, Fall 1990.

SOUSA, R. A. F. Vinte anos da lei de informática: estamos no caminho certo? **Radar**, Brasília, v. 16, 2011.

SPADINGER, R. **Uma breve comparação entre os modelos de inovação europeia e brasileira no mercado de telecomunicações**. Brasília: Ipea, fev. 2010.

TURLEA, G. *et al*. **The 2010 report on R&D in ICT in the European Union**. Luxembourg: European Commission, 2010.

WEIL, T. **Silicon Valley stories**. Paris: Cerna, 2009.

Infraestrutura de Pesquisa no Brasil: resultados do levantamento realizado junto às instituições vinculadas ao MCTI*

Fernanda De Negri**
Públio Vieira Valadares Ribeiro***

1 INTRODUÇÃO

Um dos fatores cruciais para o desenvolvimento tecnológico de um país é a existência de um sistema nacional de inovação capaz de responder às demandas das empresas, do governo e da sociedade por conhecimento, tecnologia e inovações.

No Brasil, uma das prioridades da política de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) adotada na última década foi a recuperação, consolidação e ampliação da infraestrutura de pesquisa científica e tecnológica do país. Com a criação dos fundos setoriais e a reestruturação do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), o governo federal deu um novo impulso aos investimentos na infraestrutura física e laboratorial, bem como na compra de equipamentos para universidades, institutos e centros públicos de pesquisa. Estes investimentos fomentaram tanto projetos individuais como projetos coletivos de redes envolvendo universidades, centros de pesquisa e empresas.[1]

Apesar do elevado volume de investimento realizado na última década, não se dispõe de um conjunto sistematizado de dados e indicadores sobre a infraestrutura do parque científico-tecnológico nacional que auxilie a avaliação dos resultados e impactos dos investimentos realizados com recursos públicos. Por isso, no começo de 2012, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) deu início a um projeto voltado ao mapeamento da infraestrutura de pesquisa do Brasil, com o propósito de constituir um sistema de informações que forneça subsídios para o monitoramento e avaliação das políticas e ações de fomento à infraestrutura das instituições científicas e tecnológicas (ICTs) brasileiras.[2]

Entre os principais objetivos desse projeto, pode-se citar: *i*) constituir um sistema com informações atualizadas sobre a infraestrutura de pesquisa existente nas ICTs públicas; *ii*) auxiliar a comunidade científica, tecnológica e empresarial a identificar e conseguir acesso a recursos, serviços e instalações para a realização de atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D); *iii*) incentivar o uso compartilhado de recursos e a colaboração entre grupos de pesquisa de diferentes áreas, instituições e regiões; e *iv*) fornecer aos gestores de políticas acesso

---

* Este artigo baseia-se, em grande medida, em relatório preliminar da pesquisa desenvolvida pelos autores no Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI): De Negri, F. *et al.* Infraestrutura de Pesquisa no MCTI: um diagnóstico das instituições de pesquisa vinculadas ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasilia: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2012 (mimeo).

** Técnica de Planejamento e Pesquisa e Diretora da Diretoria de Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) do Ipea.
*** Analista em Ciência e Tecnologia do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI).

1. Um dos principais instrumentos utilizados pelo MCTI para estimular este tipo de investimento foi o Fundo de Infraestrutura (CT-Infra), criado por meio da Lei nº 10.197/01. No período de 2001 a 2011, considerando apenas o orçamento executado (empenhos liquidados), o CT-Infra investiu aproximadamente R$ 2,4 bilhões em projetos e ações voltados para a implantação e recuperação da infraestrutura de pesquisa nas instituições públicas de ensino superior e pesquisa. Além do CT-Infra, outros fundos, programas e ações do MCTI vêm apoiando a infraestrutura física e laboratorial e a compra de equipamentos para as Instituições Científicas e Tecnológicas (ICTs) que compõem o sistema nacional de CT&I. É importante ressaltar que, além do MCTI, diversos órgãos e empresas públicas, federais e estaduais, também realizam este tipo de investimento, entre os quais: Ministério da Educação (MEC); Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes); Petrobras; Ministério da Saúde (MS); Ministério da Defesa (MD); Ministério de Minas e Energia (MME); Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa); fundações estaduais de amparo à pesquisa etc.

2. Este projeto foi capitaneado pela Assessoria de Acompanhamento e Avaliação das Atividades Finalísticas da Secretaria Executiva do MCTI, então chefiada pela autora deste artigo. O projeto está sendo conduzido em parceria com o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), como parte do esforço de melhoria do Diretório de Instituições da Plataforma Lattes.

às informações sobre o estado atual da infraestrutura de pesquisa das ICTs para identificar ausências e possíveis duplicidades e direcionar melhor a aplicação de recursos públicos.

O presente artigo é resultado do trabalho desenvolvido na primeira etapa desse projeto, que consistiu no mapeamento da infraestrutura das instituições de pesquisa vinculadas ao MCTI. Constatou-se que ainda não existia um diagnóstico consistente sobre a situação atual da infraestrutura de pesquisa destas instituições. Além de subsidiar a elaboração desse diagnóstico, o mapeamento realizado serviu como uma etapa-piloto para teste e validação do questionário elaborado para o projeto.[3]

O objetivo deste artigo, portanto, é destacar, com dados e indicadores, algumas características da infraestrutura de pesquisa disponível nas instituições vinculadas ao MCTI e ressaltar a relevância de ampliar a abrangência desse levantamento para as demais ICTs que compõem o sistema nacional de CT&I.

2 NOTAS METODOLÓGICAS

Para fins desse trabalho, conceituou-se "infraestrutura de pesquisa" como o conjunto de instalações físicas e condições materiais de apoio – equipamentos, recursos e serviços – utilizados pelos pesquisadores para a realização de atividades de P&D. Este conceito abrange os seguintes elementos, incluindo os recursos humanos a eles associados:[4]

- principais equipamentos ou grupos de instrumentos utilizados em atividades de P&D;
- instrumentos conectados permanentemente, geridos pelo operador da instalação para o benefício de todos os usuários;
- recursos baseados em conhecimento (como coleções, arquivos e base de dados) utilizados em pesquisas científicas;
- infraestruturas e recursos de tecnologias da informação e comunicação (como *grids*, redes de alto desempenho, *softwares* específicos e infraestruturas de comunicações); e
- qualquer outra infraestrutura de natureza singular utilizada em atividades de P&D.

São exemplos de infraestruturas de pesquisa: grandes instalações de pesquisa, laboratórios, redes integradas de instalações de P&D, plantas-piloto, biotérios, salas limpas, redes de informática de alto desempenho, bases de dados, coleções, bibliotecas especializadas, observatórios, telescópios, navios de pesquisa, reservas e estações experimentais, entre outras.

A coleta de informações sistematizadas sobre as infraestruturas de pesquisa das ICTs brasileiras envolve uma série de obstáculos metodológicos relacionados à grande diversidade e heterogeneidade das infraestruturas existentes em diferentes instituições e áreas científicas e tecnológicas. Por isso, optou-se por trabalhar inicialmente com alguns tipos de infraestruturas cujas similaridades, do ponto de vista das informações relevantes a serem levantadas, permitiriam a aplicação de um único questionário padrão.

Nesta primeira etapa do projeto, não foram incluídas infraestruturas cujas principais características e especificidades não seriam captadas por este questionário padronizado, como bases de dados, redes de informática, bibliotecas, coleções, reservas, estações experimentais etc. Pela mesma razão, foram privilegiados os laboratórios e infraestruturas das áreas de ciências exatas e da terra, ciências biológicas, engenharias, ciências da saúde e ciências agrárias.

O questionário utilizado na pesquisa foi desenhado para captar informações relevantes de infraestruturas tipicamente laboratoriais, incluindo os laboratórios propriamente ditos e outras infraestruturas de natureza

3. A versão final do questionário vai incorporar as sugestões de alterações e melhorias recebidas nesta primeira fase.

4. O conceito de infraestrutura de pesquisa utilizado neste trabalho foi adaptado a partir do conceito empregado no projeto Meril (Mapping of the European Research Infrastructure Landscape), patrocinado pela Comissão Europeia no âmbito do Framework Programme 7.

semelhante, como plantas-piloto, biotérios, observatórios etc.[5] O questionário foi estruturado em quatro módulos, com questões que abordavam diversos aspectos das infraestruturas de pesquisa e que deveriam ser respondidas pelos seus respectivos coordenadores.

O primeiro módulo, de caracterização, buscava trazer informações gerais sobre o laboratório ou infraestrutura, tais como: identificação, coordenação, descrição, áreas de atuação e linhas de pesquisa. Neste módulo, também era perguntado se o laboratório era multiusuário, se prestava serviços tecnológicos (e para quais empresas) e quais os principais equipamentos de pesquisa disponíveis em suas instalações.

O segundo módulo, relativo à operação da infraestrutura, procurou levantar informações sobre a equipe técnico-científica do laboratório/infraestrutura, sobre a utilização das instalações e equipamentos por usuários externos e sobre as principais atividades e tipos de cooperação desenvolvidos pelo laboratório no ano anterior.

Informações sobre o valor estimado da infraestrutura, bem como dados sobre suas fontes de receitas e custos operacionais, foram levantadas no quarto módulo. Verificou-se, entretanto, uma grande dificuldade dos coordenadores em responderem questões sobre os custos operacionais e sobre as fontes de receitas dos laboratórios/infraestruturas. De fato, os laboratórios não constituem centros de custos em nenhuma das instituições pesquisadas. Por isso, tanto receitas como custos de operação são tratados de forma agregada pela instituição, e não pelo laboratório individualmente.

O último módulo do questionário buscou trazer uma avaliação subjetiva do coordenador sobre as condições atuais da infraestrutura pesquisada. Nesse sentido, foi perguntado ao coordenador como ele avaliava a capacidade técnica da infraestrutura em relação ao padrão observado em outras infraestruturas do gênero no Brasil e no exterior. O coordenador também deveria avaliar, por meio de uma escala de Likert, as condições atuais das instalações físicas, equipamentos, manutenção, insumos de pesquisa e equipe técnica da infraestrutura. Finalmente, foi questionado o período em que ocorreu o último investimento de vulto na infraestrutura.

O questionário foi enviado para os coordenadores de laboratórios e infraestruturas das unidades de pesquisa (UPs) e organizações sociais (OS) vinculadas ao MCTI. Além disso, o formulário também foi encaminhado aos centros e institutos de pesquisa vinculados à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Apesar de a participação na pesquisa ter ocorrido de forma voluntária, o questionário foi respondido pela grande maioria dos coordenadores dos laboratórios e infraestruturas incluídas no levantamento.

TABELA 1
Número de questionários respondidos para cada uma das instituições de pesquisa consultadas no levantamento – laboratórios e demais infraestruturas de pesquisa

Unidades de pesquisa	Questionários respondidos
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF)	7
Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI)	7
Centro de Tecnologia Mineral (CETEM)	6
Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE)	5
Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT)[1]	-
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)	19
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)	27
Instituto Nacional de Tecnologia (INT)	7
Instituto Nacional do Semiárido (Insa)	0
Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA)	1
Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC)	6
Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST)	3
Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG)	5
Observatório Nacional (ON)	10

(Continua)

5. Por este motivo, no decorrer do texto, o termo infraestrutura (de pesquisa) é utilizado como sinônimo de laboratório, e vice-versa.

(Continuação)

Organizações sociais	Questionários respondidos
Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM)	10
Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (IDSM)	7
Instituto de Matemática Pura e Aplicada (Impa)	3
Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)[1]	-
Unidades de pesquisa vinculadas à CNEN	**Questionários respondidos**
Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear (CDTN)	32
Centro Regional de Ciências Nucleares (CRCN)	1
Instituto de Engenharia Nuclear (IEN)	11
Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD)	0
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)	29
Total	**196**

Fonte: Assessoria de Acompanhamento e Avaliação das Atividades Finalísticas (ASCAV) da Secretaria Executiva (SEXEC) do MCTI, a partir de questionários aplicados aos coordenadores de laboratórios das instituições de pesquisa vinculadas ao MCTI.
Elaboração dos autores.
Nota: [1] IBICT e CGEE não responderam ao questionário por não fazerem parte do escopo inicialmente definido para o projeto.

Ao todo, foram respondidos 196 questionários representativos de diferentes tipos de infraestruturas de pesquisa, incluindo laboratórios, biotérios, plantas-piloto, estações ou redes de monitoramento (meteorológica, sísmica etc.), observatórios, centros, divisões de pesquisa etc. Vale ressaltar que o número de questionários respondidos não é adequado para medir ou comparar o tamanho da infraestrutura de pesquisa destas instituições. A definição utilizada no levantamento deixou espaço para que as instituições considerassem um conjunto de laboratórios, sob a mesma coordenação e com área temática ou finalidades em comum, como uma única infraestrutura de pesquisa, correspondendo, portanto, a um único questionário.[6]

As informações provenientes desses questionários foram padronizadas e tabuladas em uma base de dados constituída por seis sub-bases ou tabelas distintas, todas elas relacionadas por um código único criado para cada infraestrutura pesquisada. Após a tabulação, as respostas passaram por um processo de crítica que envolveu a verificação de consistência interna das informações e, em caso de dúvida sobre alguma resposta específica, foi realizada uma nova consulta ao coordenador do laboratório. O número de não respostas variou bastante de acordo com a questão, mas, de modo geral, houve uma alta taxa de resposta.

As próximas seções mostram os principais resultados obtidos com esse levantamento. Por se tratar de um projeto-piloto, as informações apresentadas não fornecem um quadro completo sobre a infraestrutura de pesquisa das instituições vinculadas ao MCTI. No entanto, o desenvolvimento de um banco de dados *online,* com informações que poderão ser atualizadas pelas instituições, vai ajudar a refinar este cenário num futuro próximo.[7]

6. Adotaram esta estratégia, por exemplo, o Cetem e o INT (cujos questionários dizem respeito às sete divisões existentes na instituição), enquanto outras instituições optaram por levantar informações de cada um de seus laboratórios individualmente.

7. A realização deste mapeamento resultou na revisão do questionário que está sendo incorporado ao Diretório de Instituições da Plataforma Lattes do CNPq. Em breve, as instituições de pesquisa do MCTI deverão revisar e complementar os dados obtidos neste projeto piloto diretamente na Plataforma Lattes. Como dito anteriormente, o projeto está sendo desenvolvido em parceria pelo MCTI, CNPq e Ipea. O resultado final do levantamento deverá ser validado posteriormente pelas instituições de pesquisa do MCTI. Vale ressaltar que esta avaliação faz parte do Plano Anual de Monitoramento e Avaliação 2013 do ministério.

3 UM RETRATO DA INFRAESTRUTURA DE PESQUISA DAS INSTITUIÇÕES VINCULADAS AO MCTI

A infraestrutura de pesquisa do MCTI está distribuída, principalmente, em suas quatorze unidades de pesquisa (UPs), em três organizações sociais (CNPEM, IDSM e Impa) que possuem contratos de gestão com o ministério, e nas cinco instituições de pesquisa subordinadas à CNEN. A maioria destas instituições é mais antiga que o próprio ministério e, até 1999, boa parte delas encontrava-se vinculada a outros ministérios ou ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

As instituições de pesquisa do MCTI tiveram, em 2011, um orçamento da ordem de R$ 350 milhões. Estas instituições estão localizadas em vários estados brasileiros, embora exista uma forte concentração no Rio de Janeiro e em São Paulo.

As unidades, centros e institutos de pesquisa do MCTI são atores estratégicos do Sistema Nacional de CT&I e dão uma contribuição fundamental para o desenvolvimento científico e tecnológico do país. No entanto, a sociedade e o próprio governo conhecem pouco sobre as características e competências de cada uma dessas instituições.

TABELA 2
Equipe técnica dos laboratórios/infraestruturas por titulação segundo grupos de instituições reunidos por foco institucional (2011)

Grupo de UPs	Número de infraestruturas	Pesquisadores					Estudantes de pós-graduação			Técnicos		
		Doutores	Mestres	Especialistas	Graduados	**Total**	Doutorado	Mestrado	**Total**	Graduados	Nível médio	**Total**
Ciência	23	67	10	3	3	**83**	25	19	**44**	**20**	14	**34**
Tecnologia	52	304	131	48	182	**665**	157	107	**264**	**124**	238	**362**
Nuclear	73	239	106	10	9	**364**	134	149	**283**	**54**	238	**292**
Amazônia	31	48	20	5	32	**105**	55	51	**106**	**13**	18	**31**
Laboratório nacional	17	87	26	15	18	**146**	32	33	**65**	**66**	86	**152**
Total	**196**	**745**	**293**	**81**	**244**	**1.363**	**403**	**359**	**762**	**277**	**594**	**871**

Fonte: ASCAV/SEXEC/MCTI, a partir de questionários aplicados aos coordenadores de laboratórios das instituições de pesquisa vinculadas ao MCTI.
Elaboração dos autores.

Um dos aspectos investigados pelo levantamento foi a força de trabalho ocupada nas instituições vinculadas ao MCTI, particularmente a equipe técnica de seus laboratórios e infraestruturas de pesquisa. De acordo com os dados obtidos, a equipe técnica dos 196 laboratórios e infraestruturas pesquisadas era composta, em 2011, por quase 3 mil profissionais. Deste total, 1.363 eram pesquisadores, 762 estudantes de pós-graduação e 871 técnicos de nível médio ou superior. Cada infraestrutura contava, em média, com cerca de 7 pesquisadores, 4 estudantes e 4,5 técnicos.[8]

A tabela 2 apresenta a distribuição da equipe técnica dos laboratórios/infraestruturas por titulação máxima segundo grupos de instituições reunidas por foco institucional.[9] Do total de pesquisadores das UPs

8. É importante ressaltar que não foi considerado o tipo de vínculo empregatício dos pesquisadores e técnicos com essas instituições. Assim, por um lado, o número de pesquisadores, técnicos e estudantes apresentado pode incluir, também, bolsistas e terceirizados envolvidos em atividades de P&D. Por outro lado, pode haver dupla contagem da equipe técnica, uma vez que os pesquisadores, técnicos e estudantes podem participar das atividades de mais de um laboratório/infraestrutura da mesma instituição.

9. Para fins analíticos, as UPs do sistema MCTI/CNEN podem ser agrupadas, de acordo com suas respectivas missões e focos institucionais, em cinco categorias: *i)* UPs com foco em ciência (CBPF, Impa, MAST e ON); *ii)* UPs com foco em tecnologia (Cetem, Cetene, CTI, INPE e INT); *iii)* UPs da área nuclear (CDTN, CRCN, IEN e IPEN); *iv*) UPs da Amazônia (IDSM, INPA e MPEG); e *v*) UPs que atuam como laboratórios nacionais (CNPEM, LNA, LNCC/ABTLuS).

analisadas, 55% eram doutores, 21% mestres, 6% especialistas e 18% graduados. Desse modo, mais de 75% dos pesquisadores possuem formação especializada em nível de pós-graduação *stricto sensu*, o que revela o alto nível de qualificação das equipes técnicas das infraestruturas pesquisadas. Os dados revelam variações significativas nos níveis de qualificação dos pesquisadores entre os diferentes grupos de instituições. Enquanto nas UPs com foco na ciência mais de 80% dos pesquisadores são doutores ou pós-doutores, nas UPs com foco em tecnologia 46% são doutores, 20% mestres e 27% possuem formação em nível de graduação.

TABELA 3
Distribuição das infraestruturas e dos pesquisadores segundo grande área do conhecimento de atuação das infraestruturas pesquisadas

Grande área	Número de infraestruturas	%	Número de pesquisadores [3]	%
Ciências agrarias	13	5	119	6
Ciências biológicas	37	14	233	11
Ciências da saúde	14	5	74	4
Ciências exatas e da terra	102	39	793	38
Ciências humanas [1]	4	2	15	1
Ciências sociais aplicadas [1]	4	2	32	2
Engenharias	88	34	812	39
Total[2]	**262**	**100**	**2078**	**100**

Fonte: ASCAV/SEXEC/MCTI, a partir de questionários aplicados aos coordenadores de laboratórios das instituições de pesquisa vinculadas ao MCTI.
Elaboração dos autores.
Notas: [1] Apesar de essas áreas não terem sido foco da pesquisa, como já foi dito, existem alguns laboratórios, a exemplo dos do MAST, que atuam também nessas áreas.
[2] O somatório tanto de pesquisadores como de infraestruturas apresentado na tabela é maior do que o número de pesquisadores e de laboratórios porque muitos deles são multidisciplinares e atuam em mais de uma área do conhecimento.
[3] A área de conhecimento é a área em que a infraestrutura/laboratório declarou atuar e não a área de formação do pesquisador.

Do ponto de vista das grandes áreas do conhecimento dessas infraestruturas, nota-se uma preponderância das ciências exatas e da terra e das engenharias, que são as áreas de atuação de, respectivamente, 39% e 34% do total das infraestruturas pesquisadas (tabela 3). As ciências biológicas constituem a área de atuação de 14% das infraestruturas pesquisadas e as ciências agrárias e da saúde respondem por apenas 5% cada uma. A baixa participação destas áreas nas instituições de pesquisa do MCTI se explica, entre outros fatores, pelo fato de, historicamente, as instituições de pesquisa com atuação mais relevantes nessas áreas estarem vinculadas aos ministérios da Agricultura (como a Embrapa) e da Saúde (como é o caso da Fiocruz).[10]

TABELA 4
Distribuição das infraestruturas/laboratórios pesquisados e valor médio dos equipamentos de pesquisa, segundo faixa de valor estimado das infraestruturas (2011)

Valor total estimado da infraestrutura (em R$ correntes)	Número de infraestruturas	%	Valor médio (atual) dos equipamentos de pesquisa (R$ correntes)[1]
Até 500 mil	60	31	197.229
(500 mil a 1 milhão]	41	21	537.873
(1 milhão a 3 milhões]	32	16	1.723.731
(3 milhões a 5 milhões]	13	7	2.851.252
(5 milhões a 10 milhões]	11	6	3.355.654
(10 milhões a 20 milhões]	8	4	9.320.680
(20 milhões a 30 milhões]	5	3	6.781.500
(30 milhões a 50 milhões]	4	2	24.333.333

(Continua)

10. A próxima etapa deste projeto prevê a expansão desse levantamento para outras instituições de pesquisa públicas no Brasil, o que vai possibilitar uma análise mais acurada da infraestrutura de pesquisa pública disponível no país.

(Continuação)

Valor total estimado da infraestrutura (em R$ correntes)	Número de infraestruturas	%	Valor médio (atual) dos equipamentos de pesquisa (R$ correntes)[1]
(50 milhões a 100 milhões]	3	2	18.373.333
(100 milhões a 200 milhões]	1	1	20.670.000
Acima de 200 milhões	3	2	237.250.000
Não informado	15	8	2.936.189
Total	**196**	**100**	**4.962.639**

Fonte: ASCAV/SEXEC/MCTI, a partir de questionários aplicados aos coordenadores de laboratórios das instituições de pesquisa vinculadas ao MCTI.
Elaboração dos autores.
Nota: [1] Quando o valor atual dos equipamentos de pesquisa foi informado em outra moeda, a conversão se deu pela taxa de câmbio média de 2011 (período ao qual se refere a pesquisa). Treze laboratórios não responderam a esta questão: estas não respostas não entram, por conseguinte, no cálculo da média.

A tabela 4 mostra a distribuição das infraestruturas pesquisadas segundo faixa de valor estimado, em valores de 2011. O nível de não resposta para esta pergunta foi relativamente pequeno – apenas 15 entre os 196 laboratórios entrevistados. Por um lado, os dados revelam que cerca de 31% dos laboratórios possuem um valor total estimado de até R$ 500 mil. Por outro lado, 11 infraestruturas apresentaram valor global superior a R$ 30 milhões e, destas, quatro valem mais de R$ 100 milhões.

Além do valor estimado da infraestrutura como um todo – que inclui instalações físicas, equipamentos, mobiliário etc. –, o questionário também perguntou o valor estimado dos equipamentos de pesquisa presentes nos laboratórios. Como esperado, há uma forte correlação entre o valor dos equipamentos disponíveis e o valor da infraestrutura como um todo.[11] Em conjunto, os 196 laboratórios e infraestruturas pesquisados detêm um ativo de cerca de R$ 900 milhões em equipamentos de pesquisa,[12] com valor médio atual da ordem de R$ 5 milhões.

Vale ressaltar que a maioria dos coordenadores avaliou de forma positiva as instalações físicas e o conjunto de equipamentos dos laboratórios e infraestruturas pesquisados. Enquanto, por um lado, 33% dos coordenadores avaliaram as instalações físicas como excelentes ou muito boas, por outro, apenas 12% consideraram estas instalações como ruins ou péssimas. No caso dos equipamentos, apenas 6% classificaram seus equipamentos como ruins ou péssimos e 42% os classificaram como excelentes ou muito bons. Os demais os classificaram como regulares ou não responderam. Estes dados revelam que o parque de equipamentos das instituições de pesquisa do MCTI está bastante atualizado.[13]

TABELA 5
Principais atividades desenvolvidas pelos laboratórios e infraestruturas pesquisadas (2011)

Atividades	Intensidade					
	Contínuo	Alguns dias da semana	Alguns dias do mês	Esporádico	Não informado	**Total**
Atividades de pesquisa	110	19	5	3	15	**183**
Atividades de ensino	31	24	26	42	9	**145**
Desenvolvimento de produtos para o setor produtivo	16	13	8	20	1	**65**
Prestação de serviços tecnológicos (testes, ensaios etc.)	22	18	9	36	5	**97**

(Continua)

11. Entretanto, para as faixas maiores de tamanho, dado o pequeno número de infraestruturas, esses valores são menos significativos estatisticamente, especialmente em virtude das não respostas. De fato, só existem três infraestruturas cujo valor é superior a R$ 200 milhões e, destas, apenas duas responderam a questão sobre o valor estimado dos equipamentos.

12. Esta informação não está incluída na tabela 5. Obviamente, este não é um valor preciso, dado que é resultado de estimativas realizadas pelos coordenadores de cada laboratório/infraestrutura, e não de um levantamento contábil de todos os equipamentos.

13. Por conseguinte, a manutenção dos laboratórios/equipamentos e o fornecimento de insumos para a realização das pesquisas foram os itens que receberam a maior quantidade de avaliações negativas, 35% dos respondentes apontaram a manutenção dos equipamentos e das instalações como ruim ou péssima, e 21% disseram o mesmo sobre os insumos disponíveis para pesquisa (alguns laboratórios são muito intensivos em insumos, reagentes etc.).

(Continuação)

Atividades	Intensidade					
	Contínuo	Alguns dias da semana	Alguns dias do mês	Esporádico	Não informado	**Total**
Atividades de extensão tecnológica	2	3	5	28	3	**48**
Outras atividades	14	3	3	12	1	**36**
Não informado[1]						**9**

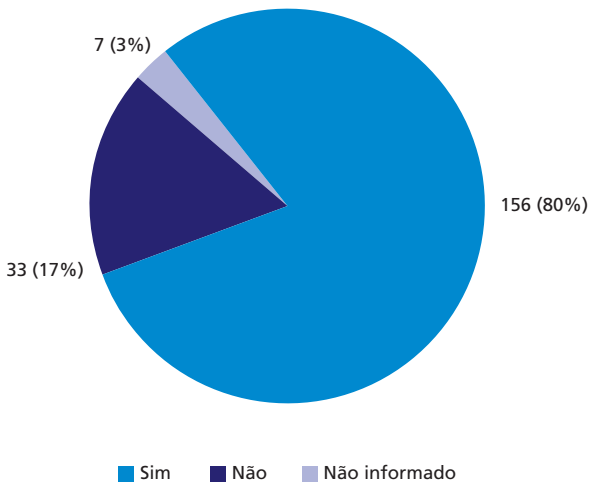
Fonte: ASCAV/SEXEC/MCTI, a partir de questionários aplicados aos coordenadores de laboratórios das instituições de pesquisa vinculadas ao MCTI.
Elaboração dos autores.
Nota: [1] Entre as 196 infraestruturas pesquisadas, 187 responderam a essa pergunta.

O levantamento revelou que o principal foco dos laboratórios e infraestruturas é a realização de atividades de pesquisa (tabela 5). Assim, dos 187 laboratórios/infraestruturas que responderam a essa questão, 183 (97%) desempenham atividades de pesquisa, sendo que 110 o fazem de forma contínua. As poucas infraestruturas que não realizam atividades de pesquisa desempenham atividades de suporte à pesquisa. As atividades de ensino ocupam a segunda colocação entre as principais atividades desempenhadas pelas infraestruturas pesquisadas. Os laboratórios e infraestruturas também desempenham atividades relacionadas à prestação de serviços tecnológicos, ao desenvolvimento de produtos para o setor produtivo e, com menor esforço e intensidade, atividades de extensão tecnológica.

Outra informação significativa obtida no levantamento é que a ampla maioria dos laboratórios/infraestruturas é multiusuária e aberta à utilização por usuários externos.[14] Aproximadamente 156 (80%) disseram que são acessíveis a usuários externos (gráfico 1); 33 (17%) disseram que não são abertas; e 7 (3%) não responderam a esta questão.

Em 2011, entre os 156 laboratórios/infraestruturas abertos a usuários externos, 102 foram utilizados por pesquisadores da mesma instituição, 102 foram acessados por pesquisadores de outras instituições brasileiras e 39 receberam pesquisadores de instituições de pesquisa localizadas no exterior. Pelos dados coletados, a quantidade de usuários externos destas infraestruturas foi superior a 4 mil pesquisadores de outras instituições de pesquisa brasileiras e a mais de quinhentos pesquisadores oriundos de instituições do exterior. No que diz respeito aos pesquisadores vinculados às empresas, foram mais de 169 pesquisadores de empresas brasileiras e mais de 540 pesquisadores de empresas estrangeiras.

GRÁFICO 1
Número de infraestruturas abertas à utilização por usuários externos (2011)



Fonte: ASCAV/SEXEC/MCTI, a partir de questionários aplicados aos coordenadores de laboratórios das instituições de pesquisa vinculadas ao MCTI.
Elaboração dos autores.

14. Neste trabalho, foram definidos como usuários externos todos os pesquisadores e alunos que não fazem parte da equipe permanente, incluindo aqueles vinculados à mesma instituição que abriga a infraestrutura.

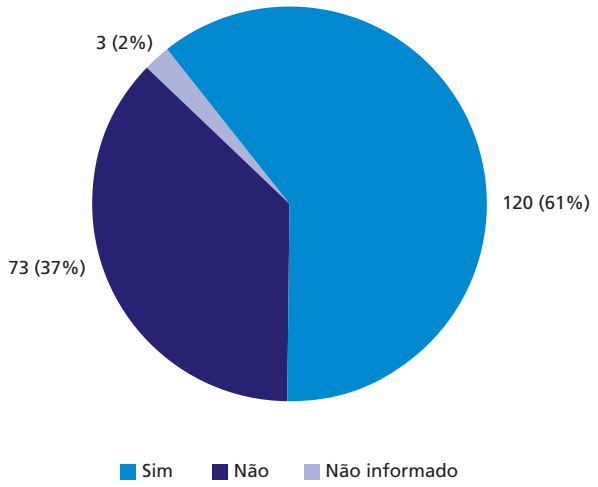
Na avaliação dos coordenadores, a maioria dos laboratórios/infraestruturas possui capacidade técnica compatível com as melhores infraestruturas mundiais do gênero (17%) ou avançadas em relação a outras infraestruturas existentes no Brasil (34%). Aproximadamente 35% das infraestruturas pesquisadas possuem capacidade técnica compatível com outras infraestruturas semelhantes existentes no país e apenas 7% estão defasadas em relação ao padrão observado em outros laboratórios/infraestruturas brasileiros. Desse modo, os dados corroboram o argumento de que as unidades de pesquisa do MCTI possuem uma infraestrutura de pesquisa avançada para os padrões brasileiros, o que lhes confere um papel estratégico no âmbito do sistema nacional de CT&I.

4 A CONTRIBUIÇÃO DA INFRAESTRUTURA DE PESQUISA DO MCTI À INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NAS EMPRESAS

Como mostrou o primeiro artigo deste boletim, uma das principais limitações do sistema de inovação no Brasil é o baixo grau de interação entre a pesquisa científica e tecnológica realizada nas instituições públicas de pesquisa e o processo de inovação nas empresas. Grande parte das instituições de pesquisa brasileiras, com características de laboratórios nacionais, está vinculada ao MCTI.[15] Nesse sentido, uma das questões que foi investigada por esse levantamento diz respeito ao grau de interação dessas instituições com empresas do setor produtivo brasileiro.

A seção 3 mostrou que um número significativo de laboratórios e infraestruturas vinculadas ao ministério desenvolveu produtos ou prestou serviços tecnológicos para o setor produtivo. Para aprofundar esta questão, o questionário levantou informações sobre os tipos de serviços técnico-científicos prestados pelos laboratórios no ano de 2011 e sobre o tipo de público atendido por estes serviços – empresas, pesquisadores, governo e outros.[16] Ao todo, 120 laboratórios/infraestruturas declararam ter prestado algum tipo de serviço em 2011, o que corresponde a 61% dos laboratórios entrevistados.

GRÁFICO 2
Número de laboratórios e infraestruturas que prestaram serviços técnico-científicos (2011)



Fonte: ASCAV/SEXEC/MCTI, a partir de questionários aplicados aos coordenadores de laboratórios das instituições de pesquisa vinculadas ao MCTI.
Elaboração dos autores.

Essas informações possibilitaram a análise dos tipos de serviços prestados pelos laboratórios pesquisados bem como dos principais clientes de cada um deles (tabela 6). Os serviços mais comumente prestados pelas

15. As principais exceções são a Embrapa, a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), além, é claro, das universidades e instituições de ensino.

16. O conceito de serviço técnico-científico adotado no questionário foi o de prestação, por meio de um instrumento formal e mediante alguma forma de remuneração – de um serviço tecnológico, de pesquisa ou de apoio à inovação, incluindo tanto serviços relativos à tecnologia industrial básica quanto serviços criativos voltados ao desenvolvimento de novos produtos ou processos.

infraestruturas foram "ensaios e testes" e "consultoria e assessoria técnico-científica", que tiveram como principais clientes empresas e pesquisadores. Alguns serviços relacionados com o processo de inovação também foram relatados como atividades relativamente comuns, tais como o desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos e processos e a elaboração e testes de protótipos. Finalmente, vale destacar a realização de serviços de análises de materiais e de análises de propriedades físico-químicas.

Por conseguinte, percebe-se que alguns serviços são muito pouco frequentes, entre as quais chamaríamos a atenção para as atividades de escalonamento, fundamentais na transição entre a tecnologia desenvolvida na bancada do laboratório e sua aplicação ao processo produtivo.

TABELA 6
Número de laboratórios e infraestruturas pesquisados que prestaram serviços técnico-científicos, segundo o tipo de serviço prestado e o público atendido (2011)

Tipo de serviço prestado	Público atendido				
	Total[3]	Empresas	Pesquisadores	Governo	Outro
Acesso a banco de células, microrganismos, etc.	**1**	0	1	1	0
Análise de materiais	**38**	28	34	14	11
Análise de propriedades físico-químicas	**33**	26	28	14	0
Calibração	**15**	7	10	7	1
Certificação	**7**	5	3	2	0
Consultoria e assessoria técnico-científicas[1]	**64**	44	44	30	15
Desenvolvimento e aperfeiçoamento de processos	**50**	30	38	17	6
Desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos	**44**	28	23	16	7
Elaboração e testes de protótipos	**30**	15	18	13	1
Ensaios e testes	**64**	40	52	26	12
Exames laboratoriais	**8**	1	6	3	0
Informação tecnológica	**19**	9	17	9	8
Inspeção	**7**	2	6	2	1
Manutenção de equipamentos científicos	**7**	2	4	5	0
Metrologia	**10**	6	5	8	1
Escalonamento (*scale up*)	**3**	3	0	1	1
Serviços ambientais[2]	**18**	10	14	12	4
Outro	**22**	10	14	9	9
Total[3]	**120**	**82**	**95**	**65**	**42**

Fonte: ASCAV/SEXEC/MCTI, a partir de questionários aplicados aos coordenadores de laboratórios das instituições de pesquisa vinculadas ao MCTI.
Elaboração dos autores.
Notas: [1] Inclui, entre outros, os seguintes serviços: pareceres técnico-científicos; assessoria para aquisição e transferência de tecnologia; diagnóstico de produto ou processo; avaliação e pedido de registro de propriedade intelectual; elaboração de projetos de inovação; resposta técnica de alta complexidade etc.
[2] Inclui, entre outros, os seguintes serviços: levantamentos ambientais; inventários ambientais; auditorias ambientais; atividades de monitoramento ambiental; georeferenciamento, etc.
[3] O número total de laboratórios/infraestruturas que prestam serviços não corresponde à soma dos valores das que prestam cada tipo de serviço isoladamente, pois um mesmo laboratório/infraestrutura pode prestar mais de um tipo de serviço. O mesmo vale para o público atendido.

O questionário também perguntou aos coordenadores dos laboratórios e demais infraestruturas para quais empresas estes laboratórios prestaram serviços, sem especificar o tipo de serviço prestado, a fim de preservar o sigilo das informações das empresas. Ao todo, em 2011, os laboratórios/infraestruturas pesquisados atenderam a 715 empresas de diversos setores de atividade econômica e dos mais variados estados brasileiros.

Para traçar um breve perfil das empresas atendidas pelas instituições de pesquisa do MCTI, procedeu-se ao cruzamento das informações obtidas pelo questionário com informações provenientes da base de dados da Relação Anual de Informações Sociais (Rais), do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). A base da Rais traz informações relevantes das empresas, como Unidade da Federação, tamanho e setor de atuação. A variável de ligação entre as bases foi o Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ) da empresa, obtido por meio do questionário.[17]

17. Optou-se por considerar o CNPJ a oito dígitos, que leva em conta a localização da matriz da empresa e não suas unidades locais.

TABELA 7
Número de empresas atendidas pelos laboratórios e infraestruturas pesquisados, segundo Unidade da Federação (2011)

Unidade da Federação	Número de empresas
São Paulo	306
Minas Gerais	116
Rio de Janeiro	85
Paraná	32
Rio Grande do Sul	29
Pernambuco	16
Santa Catarina	15
Amazonas	11
Espírito Santo	11
Bahia	10
Distrito Federal	10
Goiás	5
Paraíba	5
Pará	4
Outros	11
Não encontradas na Rais	49
Total	**715**

Fonte: ASCAV/SEXEC/MCTI, a partir de questionários aplicados aos coordenadores de laboratórios das instituições de pesquisa vinculadas ao MCTI.
Elaboração dos autores.

A distribuição regional das empresas atendidas segue, de modo geral, a distribuição das próprias instituições de pesquisa do MCTI (tabela 7). A exceção é o estado do Paraná que, a despeito de não possuir nenhuma instituição de pesquisa vinculada ao ministério, teve um número significativo de empresas atendidas. A maior parte destas empresas é da região Sudeste (São Paulo e Minas Gerais) e Sul (Paraná e Rio Grande do Sul). Fora deste eixo, destacam-se as empresas localizadas nos estados de Pernambuco – onde se localiza o Cetene; do Amazonas – onde está o INPA; do Espírito Santo; e da Bahia.

TABELA 8
Número de empresas atendidas pelos laboratórios e infraestruturas pesquisados – segundo faixa de tamanho das empresas (2011)

Tamanho da empresa segundo número de funcionários	Número de empresas
Empresas com menos de 30 funcionários	242
Entre 30 e 99 funcionários	113
Entre 100 e 249 funcionários	75
Entre 250 e 499 funcionários	52
500 ou mais funcionários	184
Não encontradas na Rais	49
Total	**715**

Fonte: ASCAV/SEXEC/MCTI, a partir de questionários aplicados aos coordenadores de laboratórios das instituições de pesquisa vinculadas ao MCTI.
Elaboração dos autores.

Quanto ao porte das empresas atendidas pelos laboratórios e infraestruturas pesquisados, a maior parte foi de empresas com menos de cem funcionários (355 empresas), sendo 242 empresas com menos de trinta funcionários. Grandes empresas, com mais de quinhentos funcionários, totalizaram 184 empresas atendidas.

TABELA 9
Setor de atividade econômica das empresas atendidas pelos laboratórios e infraestruturas pesquisados (2011)

Setor de atividade	Número de empresas
Equipamentos de informática, eletrônicos e óticos	112
Comércio atacadista	77
Atividades de atenção à saúde	44
Automotivo	41
Comércio varejista	37
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	33
Serviços de arquitetura e engenharia, testes e análises técnicas	31
Produtos químicos	25
Produtos diversos	25
Máquinas e equipamentos	22
Metalurgia	21
Produtos de minerais não metálicos	16
Borracha e plástico	14
Produtos de metal	14
Serviços prestados às empresas	12
Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	10
Telecomunicações	10
Produtos farmoquímicos e farmacêuticos	9
Eletricidade, gás e utilidades	9
Outros	104
Não encontradas na Rais	49
Total	**715**

Fonte: ASCAV/SEXEC/MCTI, a partir de questionários aplicados aos coordenadores de laboratórios das instituições de pesquisa vinculadas ao MCTI.
Elaboração dos autores.

Entre os setores de atividade das empresas atendidas pelos laboratórios pesquisados, destacam-se alguns ramos da indústria de transformação, como os setores de equipamentos de informática; automotivo; máquinas, aparelhos e materiais elétricos; químicos; máquinas e equipamentos, etc. No setor de serviços destacam-se as atividades de comércio; serviços de arquitetura e engenharia; e de atenção à saúde humana. Vale ressaltar que apenas o setor de equipamentos de informática, eletrônicos e óticos foi responsável por mais de cem das 715 empresas atendidas pelos laboratórios pesquisados, seguido pelas empresas do comércio atacadista.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse texto procurou mostrar algumas características dos laboratórios e demais infraestruturas de pesquisa das instituições vinculadas ao MCTI a partir de um conjunto inédito de informações coletadas pelo ministério no ano de 2012.

O planejamento e a definição de novos rumos para o parque científico e tecnológico brasileiro requer um conhecimento profundo sobre a infraestrutura de pesquisa disponível no país. Foi esta a motivação que fez com que o MCTI elaborasse este levantamento, cujos principais resultados foram descritos neste artigo. O objetivo é que este levantamento seja ampliado para as demais instituições públicas de ensino e pesquisa brasileiras, o que será feito por meio de uma parceria entre MCTI, CNPq e Ipea.

Os resultados obtidos até o momento mostram que as instituições de pesquisa vinculadas ao MCTI são atores estratégicos do Sistema Nacional de CT&I. Estas instituições estão distribuídas em todo o território brasileiro; possuem um corpo técnico-científico altamente qualificado; e atuam em áreas estratégicas para

o desenvolvimento científico e tecnológico do país, especialmente nas áreas das engenharias e das ciências exatas e da terra; possuem uma infraestrutura de pesquisa moderna, atualizada e com alto valor agregado; desenvolvem atividades regulares de P&D, ensino e de prestação de serviços tecnológicos; atuam como laboratórios nacionais, utilizados por uma grande quantidade de pesquisadores e estudantes oriundos de diferentes instituições do país e do exterior.

Em relação ao atendimento das demandas do setor produtivo, que é um dos principais gargalos deste sistema de inovação, a maioria dos laboratórios e infraestruturas pesquisados prestou os mais variados tipos de serviços às empresas. Apenas em 2011, 715 empresas foram atendidas por estes laboratórios, seja para a realização de ensaios e testes ou para o desenvolvimento conjunto de novos produtos e processos.

As informações coletadas pelo MCTI podem ajudar a investigar melhor as potencialidades e limitações da infraestrutura pública de pesquisa existente no país e, com isso, contribuir para alavancar o processo de inovação no setor produtivo. Nesse sentido, existe uma ampla agenda de pesquisa relacionada a este tema que pode ser desenvolvida a partir da análise dessas informações, bem como da expansão deste levantamento para outras instituições de ensino e pesquisa brasileiras.

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

EDITORIAL

Coordenação
Cláudio Passos de Oliveira

Supervisão
Everson da Silva Moura
Reginaldo da Silva Domingos

Revisão
Andressa Vieira Bueno
Clícia Silveira Rodrigues
Idalina Barbara de Castro
Laeticia Jensen Eble
Leonardo Moreira de Souza
Luciana Dias
Marco Aurélio Dias Pires
Olavo Mesquita de Carvalho
Celma Tavares de Oliveira (estagiária)
Patrícia Firmina de Oliveira Figueiredo (estagiária)

Editoração
Aline Rodrigues Lima
Bernar José Vieira
Daniella Silva Nogueira
Danilo Leite de Macedo Tavares
Jeovah Herculano Szervinsk Junior
Leonardo Hideki Higa
Daniel Alves de Sousa Júnior (estagiário)
Diego André Souza Santos (estagiário)

Capa
Jeovah Herculano Szervinsk Junior

Projeto Gráfico
Renato Rodrigues Bueno

Livraria
SBS – Quadra 1 – Bloco J – Ed. BNDES, Térreo
70076-900 – Brasília – DF
Tel.: (61) 3315 5336
Correio eletrônico: livraria@ipea.gov.br

Composto em adobe garamond pro 12/14,4 (texto)
Frutiger 67 bold condensed (títulos, gráficos e tabelas)
Impresso em couché fosco 115g/m^2
Couché fosco 170g/m^2 (capa)
Brasília-DF

Missão do Ipea
Produzir, articular e disseminar conhecimento para aperfeiçoar as políticas públicas e contribuir para o planejamento do desenvolvimento brasileiro.

ISSN 2177-1855

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

SAE SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

GOVERNO FEDERAL BRASIL PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA