

A Universidade, a Empresa e a Pesquisa que o país precisa¹

Carlos H. de Brito Cruz

Presidente, Fapesp

Diretor, Instituto de Física, Unicamp

Sumário

Analisamos as atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) realizadas no Brasil, focalizando a atenção no papel de cada uma das instituições: universidade, empresas e governo. Para isto analisamos o pessoal envolvido em P&D no país, os investimentos realizados e alguns resultados facilmente documentáveis como o número de publicações científicas e de patentes realizadas. Verifica-se que, enquanto a capacidade brasileira de fazer Ciência tem crescido, aumentando sua penetração internacional, a capacidade de fazer Tecnologia tem tido pouco desenvolvimento. Destacamos também que o papel da empresa, que deveria ser central na inovação tecnológica, não se realiza no Brasil.

¹ Este artigo é uma versão atualizada e ampliada do artigo com mesmo título publicado na Revista Humanidades, 45 pp.15-29 (UnB, 1999).

A Universidade, a Empresa e a Pesquisa que o país precisa²

Carlos H. de Brito Cruz

Presidente, Fapesp

Diretor, Instituto de Física, Unicamp

"A ciência está destinada a desempenhar um papel cada vez mais preponderante na produção industrial. E as nações que deixarem de entender essa lição hão inevitavelmente de ser relegadas à posição de nações escravas: cortadoras de lenha e carregadoras de água para os povos mais esclarecidos" (Lord Rutherford, citado no documento "Ciência e Pesquisa – Contribuição de Homens do Laboratório e da Cátedra à Magna Assembléia Constituinte de São Paulo", que propôs a criação da Fapesp em 1947)¹

O conhecimento, que sempre foi um dos principais insumos para a geração de riqueza e bem estar social, passou a ser reconhecido como tal a partir da revolução da informação trazida pela Internet. Alan Greenspan, presidente do Federal Reserve dos Estados Unidos, tem destacado que "os avanços tecnológicos dos últimos anos, que permitiram às indústrias norte-americanas operar com maior produtividade, contribuindo para a maior prosperidade já experimentada pelo mundo"². David Landes, o autor de "A Riqueza e a Pobreza das Nações", destaca o valor do conhecimento mais contundentemente em entrevista à *Veja*³, referindo-se à necessidade de um país ter criadores de conhecimento para se desenvolver: "Se você não tiver cérebros, está acabado".

A capacidade de uma nação de gerar conhecimento e converter conhecimento em riqueza e desenvolvimento social depende da ação de alguns agentes institucionais geradores e aplicadores de conhecimento. Os principais agentes que compõem um sistema nacional de geração e apropriação de conhecimento são empresas, universidades e o governo. Qual o papel que se deve esperar de cada um, e qual é o papel desempenhado por eles no Brasil, são as perguntas para as quais tento, neste

² Este artigo é uma versão atualizada e ampliada do artigo com mesmo título publicado na Revista Humanidades, 45 pp.15-29 (UnB, 1999).

artigo, contribuir respostas, mesmo que parciais.

No Brasil o debate em torno da importância das atividades de pesquisa científica e tecnológica tem, historicamente, ficado restrito ao ambiente acadêmico. Este fato, por si só, já é um indicador da principal distorção que os dados abaixo evidenciam, qual seja: em nosso país a quase totalidade da atividade de pesquisa e desenvolvimento ocorre em ambiente acadêmico ou instituições governamentais. Ao focalizar-se a atenção quase que exclusivamente no componente acadêmico do sistema, deixa-se de lado aquele que é o componente capaz de transformar ciência em riqueza, que é o setor empresarial. Recentemente iniciativas como as da ANPEI (Associação Nacional para Pesquisa em Empresas), da ANPROTEC e da CNI, através do Instituto Euvaldo Lodi, tem alargado o horizonte da discussão incorporando progressivamente agentes ligados ao setor empresarial.

Neste artigo analisamos alguns componentes do Sistema Brasileiro de Ciência e Tecnologia, buscando determinar:

- a quantidade de pessoas efetivamente envolvidas em atividades de P&D e a natureza das instituições onde estas pessoas desenvolvem suas atividades de P&D, classificadas como universidades, institutos de pesquisa e empresas e as conseqüências da distribuição de pessoal existente;
- o perfil de investimentos nacionais em P&D, de acordo com a natureza da instituição que cobre o dispêndio;
- que papel deve-se esperar da universidade e da empresa na realização do desenvolvimento tecnológico.

Para auxiliar a avaliação dos dados apresentados, apresentamos sempre que possível comparações com dados internacionais, através das quais podemos avaliar e aferir a situação relativa do Brasil em termos de competitividade e inserção internacional.

Quantos cientistas e engenheiros há no Brasil

Internacionalmente a categoria “cientistas e engenheiros” é usada para descrever as pessoas que desenvolvem atividade de Pesquisa e Desenvolvimento.

Para obter uma estimativa do número de cientistas e engenheiros atuantes em P&D no Brasil determinamos o número de pessoas envolvidas em cada instituição brasileira que realiza atividade de pesquisa científica ou desenvolvimento tecnológico. Estas

instituições são universidades ou escolas de ensino superior, empresas ou então laboratórios ou institutos de pesquisa governamentais, discriminadas na *Tabela 1*. Esta maneira de fazer o levantamento de pessoal parte das informações institucionais, e por isso acreditamos que possa ter um bom grau de confiabilidade. Para a contagem nas instituições de ensino superior consideramos os docentes em regime de Dedicção Exclusiva, ou em Dedicção Integral à Docência e à Pesquisa, conforme reportado por S. Brisolla⁴ em estudo realizado para o MCT em 1994. Este regime de trabalho pressupõe a realização de projetos de pesquisa, e orientação de estudantes de pós-graduação. Para os Institutos de Pesquisa Governamentais a fonte dos dados é um levantamento realizado pelo IBICT⁵ para os institutos federais e estaduais, exceto para o Estado de São Paulo para o qual a fonte foi um estudo recentemente feito pela Secretaria de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo. Para o caso das empresas os dados são os disponíveis no Relatório sobre a Base de Dados da ANPEI para o ano de 1995⁶.

Tabela 1. Instituições com atividades de pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico.

Ensino Superior (893 instituições)	Institutos de Pesquisa Governamentais		Centros de P&D Estatais	P&D em Empresas Privadas
	Federais	Estaduais		
19 Universidades Estaduais	24 Institutos	31 Institutos	48 Centros	651 empresas estudadas pela ANPEI (49,73% do PIB industrial)
37 Universidades Federais				
04 Universidades Municipais				
46 Universidades Privadas				
03 Federações Municipais				
81 Fac. Integradas Privadas				
20 Estab. Isolados Federais				
63 Estab. Isolados Estaduais				
81 Estab. Isolados Munic.				
539 Estab. Isolados Privados				

Os Cientistas e Engenheiros que fazem P&D no Brasil

A Tabela 2 descreve a distribuição institucional dos C&E profissionais (excluem-se estudantes de pós-graduação) observada no Brasil, e ao mesmo tempo demonstra, para fins de referência, a mesma distribuição nos Estados Unidos. Além dos 77.861 C&E contados na Tabela 2, há no Brasil 62.613 são estudantes de pós-graduação, os quais efetivamente não se dedicam em tempo integral à atividade de P&D por estarem ainda em formação. O número total de profissionais ativos em P&D no Brasil pode ser considerado muito pequeno quando comparado com os valores de outros países, constituindo apenas 0,11% do total da Força de Trabalho (FT) brasileira.

Tabela 2. Distribuição institucional dos C&E profissionais no Brasil e nos Estados Unidos⁷.

	Brasil		USA	
Docentes em universidades	56.760	73%	128.000	13%
Universidades Federais	32.652			
Universidades Estaduais	17.062			
Universidades Privadas	7.046			
Centros e Inst. de Pesquisa (sem lucro)	12.336	16%	70.200	7%
Centros de Pq. Empresas Privadas	8.765	11%	764.500	79%
Total	77.861	100%	962.700	100%

A Figura 1 ilustra esta comparação internacional, onde vemos que nos EUA e Japão quase 0,8% da FT atua em P&D. Na Coréia do Sul, um dos nossos competidores por mercados de produtos de alta tecnologia, 0,4%, quase o quádruplo do que no Brasil.

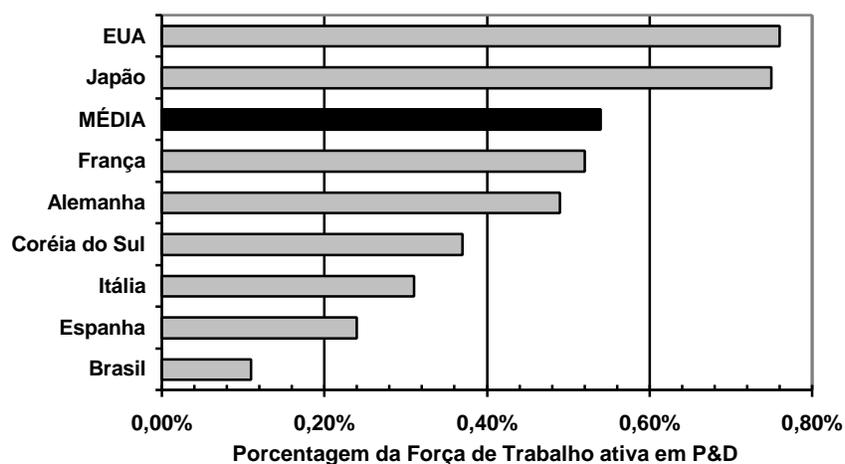


Figura 1. Porcentagem da Força de Trabalho ativa em P&D, para países selecionados^{8,9}.

Na média dos países citados na Figura 1, o número de Cientistas e Engenheiros (C&E) é 0,54% da FT, praticamente o quádruplo do que se observa no Brasil. A baixa quantidade de C&E no Brasil, destaca a importância de se dar continuidade à ênfase nas políticas de formação de C&E. Além desta deficiência na quantidade de cientistas e engenheiros, é importante analisarmos a distribuição institucional destas pessoas – onde trabalham os C&E brasileiros.

No Brasil 73% dos C&E trabalham para instituições de ensino superior, como docentes em regime de dedicação exclusiva ou tempo integral, enquanto que apenas 11% trabalham para empresas. Ao contrário do que acontece no Brasil, nos Estados Unidos a enorme maioria dos C&E trabalha para empresas, atingindo a espantosa cifra de

764.500 C&E industriais. A distribuição como a americana, com a maioria dos C&E trabalhando na empresa é aquela que se verifica em todos os países industrializados, com pequenas variações. A Figura 2 mostra um resumo das distribuições institucionais dos C&E ativos em P&D, para vários países, mais o Brasil, para referência.

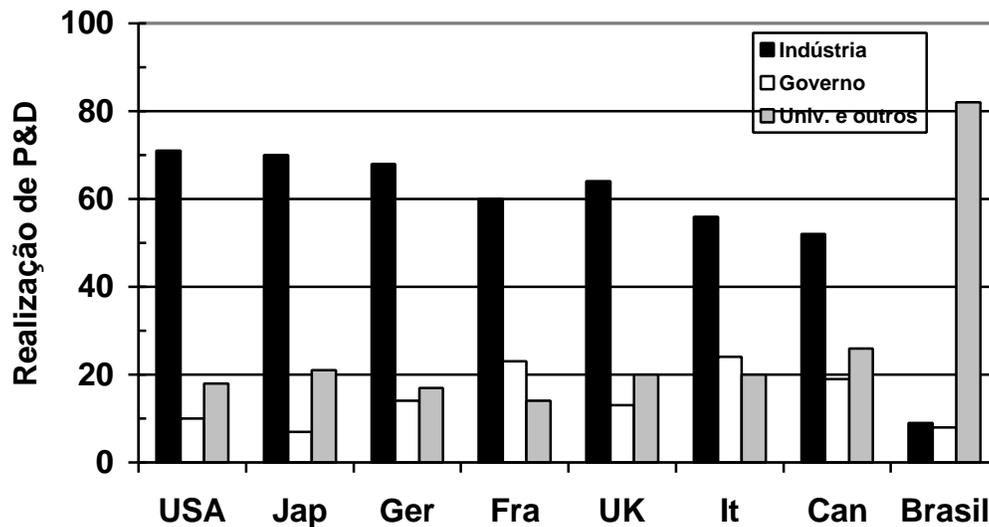


Figura 2. Distribuição dos C&E ativos em P&D em vários países e no Brasil. O destaque é para o predomínio da presença de C&E nas empresas, para todos menos o Brasil.

A baixa quantidade de C&E na empresa no Brasil acarreta uma série de dificuldades ao desenvolvimento econômico brasileiro, como por exemplo a baixa competitividade tecnológica da empresa brasileira e a reduzida capacidade do país em transformar ciência em tecnologia e em riqueza.

Pode ser argumentado que comparar o Brasil com estes países de industrialização consolidada seria inadequado. Entretanto, mesmo na comparação com países de industrialização recente a situação brasileira é extremamente desfavorável, como mostrado na Figura 3 em relação à Coreia do Sul. Enquanto os coreanos tem quase 75.000 C&E gerando inovação na empresa, no Brasil há menos de 9.000. Esta deficiência causa profundos danos à capacidade de competir da empresa brasileira. É preciso destacar que, ao contrário do que imagina o senso comum predominante no Brasil, a inovação tecnológica é criada muito mais na empresa do que na universidade. No Brasil tem havido ultimamente uma tendência de se atribuir à universidade a responsabilidade pela inovação que fará a empresa competitiva. Trata-se de um grave equívoco, o qual, se levado a cabo poderá causar dano profundo ao sistema

universitário brasileiro, desviando-o de sua missão específica que é educar profissionais e gerar conhecimentos fundamentais. Como mostrado acima, em todo o mundo o lugar privilegiado da inovação é a empresa, e isto tem razão de ser.

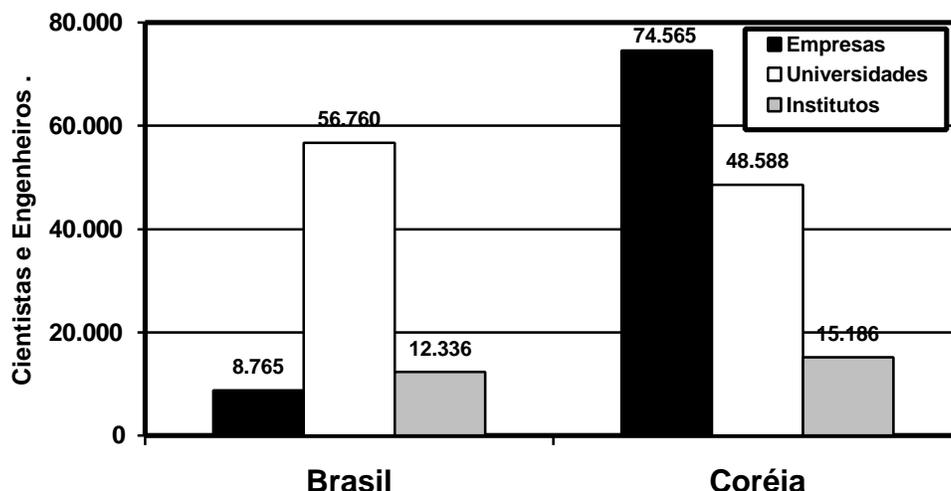


Figura 3. Distribuição dos C&E em P&D no Brasil (dados de 1996) e na Coreia do Sul (dados de 1997)¹⁰.

Pesquisa na Universidade e na Empresa

Já em 1776 Adam Smith observava que as principais fontes de inovação e aprimoramento tecnológico eram “os homens que trabalhavam com as máquinas e que descobriam maneiras engenhosas de melhorá-las, bem como os fabricantes de máquinas, que desenvolviam melhoramentos em seus produtos”¹¹. Desde então o mundo mudou muito, mas vejamos o que nos diz o Vice-Presidente de Pesquisa da DuPont, Joseph Miller, (quantas empresas no Brasil tem um Vice-Presidente de Pesquisa?): “.. a DuPont investe mais de um bilhão de dólares por ano em pesquisa e desenvolvimento e emprega mais de 3.000 engenheiros e cientistas e 2.000 técnicos de suporte. Dois terços deles trabalham em nossa Estação Experimental em Willmington, Delaware. Este é o local de quase todas as nossas principais descobertas. Este incrível registro de realizações é um tributo à vontade política da companhia de apoiar um empreendimento que é inerentemente imprevisível e inevitavelmente de alto risco”¹². O investimento da DuPont em Pesquisa e Desenvolvimento corresponde a 3% do faturamento (faturamento mesmo, e não lucro líquido) da companhia.

Edwin Mansfield, da Universidade da Pensilvânia realizou um estudo sobre as fontes de idéias para inovação tecnológica¹³. Verificou que menos de 10% dos novos produtos ou

processos introduzidos por empresas nos Estados Unidos tiveram contribuição essencial e imediata de pesquisas acadêmicas. Portanto 9 em cada 10 inovações nasce na empresa. Diz ele: “.. a maioria dos novos produtos ou processos que não poderiam ter sido desenvolvidos sem o apoio de pesquisa acadêmica não foram inventados em universidades; ao contrário, a pesquisa acadêmica forneceu novas descobertas teóricas ou empíricas e novos tipos de instrumentação que foram usados no desenvolvimento, mas nunca a invenção específica ela mesma. Isto dificilmente vai mudar. O desenvolvimento bem sucedido de produtos ou processos exige um conhecimento íntimo de detalhes de mercado e técnicas de produção, bem como a habilidade para reconhecer e pesar riscos técnicos e comerciais que só vem com a experiência direta na empresa. Universidades não tem esta expertise e é irrealista esperar que possam obtê-la”⁴.

O entendimento de que a pesquisa aplicada e o desenvolvimento necessários à criação de inovação tecnológica e competitividade deve ocorrer na empresa é um conceito ainda incipiente no Brasil. Acontece que, como a quase totalidade da atividade de pesquisa que ocorre no Brasil se dá em ambiente acadêmico, o senso comum tende à conclusão de que seria normal apenas universidades fazerem Pesquisa e Desenvolvimento. Ao mesmo tempo este equívoco tende a desviar as universidades da tarefa que só elas podem fazer, que é educar os profissionais que farão tecnologia na empresa, se esta lhes der uma chance para isto.

Muita ênfase tem sido posta no Brasil na questão da interação universidade – empresa, como um *deus ex-machina*, que viria a sanar as deficiências tecnológicas da empresa. Além disto, mitificou-se esta interação como sendo uma fonte de recursos para as universidades, em substituição aos recursos do governo, invocando-se a “experiência de universidades americanas”. Os dados mostrados na Tabela 3 desafiam estes dois conceitos que fazem parte dos mitos e lendas brasileiros sobre C&T.

Observa-se nesta tabela que dos 21 bilhões de dólares contratados para pesquisa em todas as universidades americanas em 1994, 1,4 bilhões, ou seja, menos do que 7% foram provenientes de contratos com empresas. O MIT, que é uma das instituições campeãs de interação com empresas, captou 15% de seu orçamento de pesquisa através de contratos deste tipo. Do outro lado, estes 1,4 bilhões contratados por empresas com universidades, são menos de 1,4% dos quase 100 bilhões investidos em P&D nas empresas nos Estados Unidos naquele ano. Este pequeno percentual

confirma que a pesquisa de que a empresa precisa é feita na empresa, por seus próprios cientistas e engenheiros.

Tabela 3. Valor dos contratos de pesquisa de universidades americanas em 1994, e valor contratado com empresas (Fonte: Science and Engineering Indicators, 1996).

	Investimento total (US\$ milhões)	Investimento pela indústria (US\$ milhões)	% investida pela indústria
Total das universidades americanas	21.081	1.430	6,8%
Johns Hopkins University	784	10	1,3%
University of Michigan	431	27	6,2%
University of Wisconsin, Madison	393	14	3,5%
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	364	56	15,3%
Texas A&M University	356	29	8,0%
University of Washington	344	33	9,7%
University of California, San Diego	332	10	3,0%
Stanford University	319	15	4,6%
University of Minnesota	318	24	7,5%
Cornell University	313	17	5,5%
University of California, Berkeley	290	13	4,3%
Harvard University	279	10	3,4%
Columbia University	236	2	0,7%
California Technology Institute (CalTech)	128	5	3,9%
University of New Mexico	90	4	4,5%

O pequeno percentual de financiamento obtido da indústria pela universidade americana parece estar relacionado com as diferenças institucionais intrínsecas à natureza da universidade e da empresa.

Enquanto a missão fundamental da empresa na sociedade é a produção e a geração direta de riqueza, a missão fundamental e singular da universidade é formar pessoal qualificado. Um projeto de pesquisa só será adequado a esta missão quando ele contribuir ao treinamento de estudantes, o que restringe o número de projetos que sejam atraentes por parte das universidades. E. Mansfield destaca¹⁵: “Como vários líderes de indústria tem enfatizado repetidamente, um dos principais papéis da universidade no processo de mudança tecnológica é o de prover estudantes bem preparados”. Um destes líderes de empresa, ex-pró-reitor de pesquisa da Universidade de Stanford e cientista de renome na área de lasers e óptica não linear, ao ser questionado sobre o papel da Universidade de Stanford no sucesso do Silicon Valley afirmou¹⁶: “O mito é que a tecnologia de Stanford foi o que criou o sucesso do Silicon Valley. Entretanto um levantamento cobrindo 3.000 pequenas empresas encontrou apenas 20 companhias que usaram tecnologia vinda, direta ou indiretamente, de Stanford. O que Stanford contribuiu para o Silicon Valley foram estudantes talentosos e muito bem educados.”

Outras diferenças importantes e naturais entre o ambiente acadêmico e a empresa são:

- realizar um projeto treinando estudantes muda completamente a escala de tempo de conclusão do projeto. Por outro lado a rapidez de conclusão é uma variável essencial do ponto de vista empresarial;
- o sigilo é essencial num projeto empresarial, enquanto que num projeto acadêmico o livre debate dos resultados é, e precisa ser, a norma;
- a motivação para a busca do conhecimento na universidade é muito mais desinteressada do que na empresa. Por isso a Pesquisa Fundamental acontece mais freqüentemente no ambiente acadêmico, enquanto que a Pesquisa Aplicada e o Desenvolvimento Tecnológico ocorrem mais freqüentemente na empresa.

Ainda assim deve-se notar que a interação universidade-empresa é importante para a universidade na medida em que contribui para a melhor formação dos estudantes, e isto é razão suficiente para buscar sua intensificação. Do outro lado, esta interação pode contribuir para levar a cultura de valorização do conhecimento para a empresa. Mas é essencial evitar a ilusão de que esta interação será a solução para os problemas de financiamento da universidade e de tecnologia da empresa. A verdade é que o principal mecanismo para a interação entre a universidade e a empresa é a contratação dos profissionais formados nas universidades pelas empresas.

Mesmo que os dados acima indiquem limitações intrínsecas na intensidade da contratação de projetos de pesquisa empresariais por universidades, é preciso destacar que há várias outras modalidades de interação que podem e precisam ser mais exploradas no Brasil. Tem especial relevância as atividades de consultoria, nas quais o professor (ou a universidade) vende parte de seu tempo à empresa, freqüentemente realizando as atividades na própria empresa. Mesmo que muitas universidades brasileiras tenham provisões legais para este tipo de atividade, ela não tem sido muito intensa, tanto porque a cultura acadêmica muitas vezes impõe obstáculos tanto porque a demanda pela empresa tem sido reduzida. É claro que a atividade de consultoria só pode fazer sentido para a empresa quando esta tiver suas atividades de P&D e necessitar de complementação ou conhecimentos específicos – quando não existe P&D na empresa a consultoria tende a ser inefetiva.

A ciência brasileira avança mas a competitividade não

Um resultado da distorção na distribuição institucional de C&E no Brasil é que ao passo que a ciência feita no Brasil tem ocupado progressivamente mais espaço no panorama mundial, a competitividade da empresa e sua capacidade de gerar riqueza não tem avançado da mesma maneira. O avanço da ciência brasileira já foi bem documentado no livro de Leopoldo de Meis e Jaqueline Lehta¹⁷.

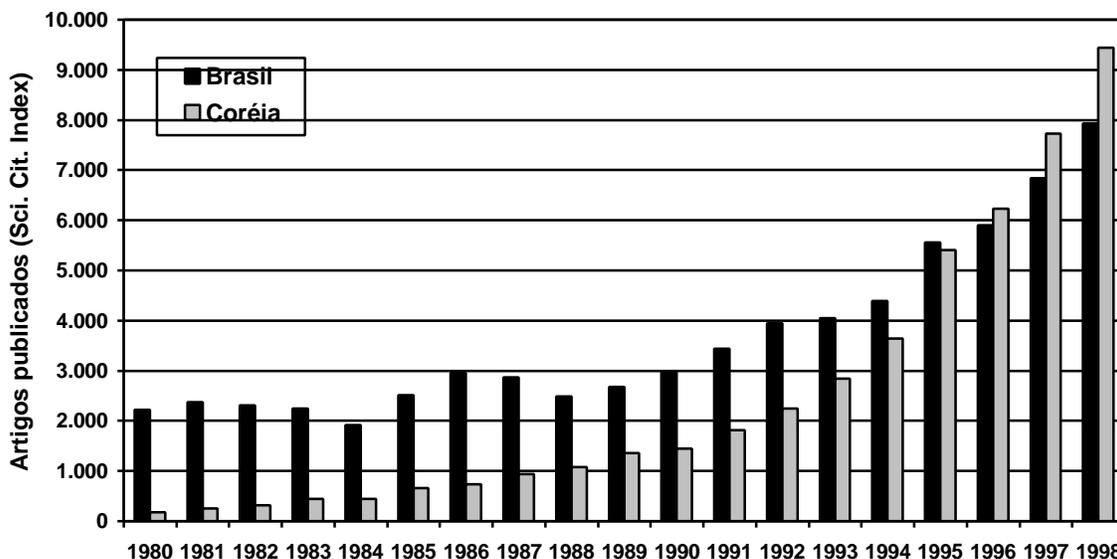


Figura 4. Número de publicações em revistas do Science Citation Index, cujo endeeço institucional é no Brasil e Coreia.

A Figura 4 ilustra este avanço, usando dados obtidos no Science Citation Index em CD-Rom, da Biblioteca do Instituto de Física da Unicamp, corroborando os dados de De Meis e Lehta.

Observa-se claramente o efeito da política brasileira de formação de recursos humanos para C&T, e da colocação destas pessoas principalmente em universidades: o número de publicações cresceu de um patamar histórico em torno de 2.000 por ano na década de 80, para quase 7.000 trabalhos publicados em 1998, valor muito superior ao dos vizinhos latino americanos. Outro ponto a ser notado na Figura 4 é o excepcional crescimento da produção científica da Coreia do Sul, chegando a suplantear o Brasil em 1996. É notável que mesmo que naquele país a maior parte dos C&E trabalhem para empresas, a produção científica em revistas indexadas tenha experimentado

crescimento intenso.

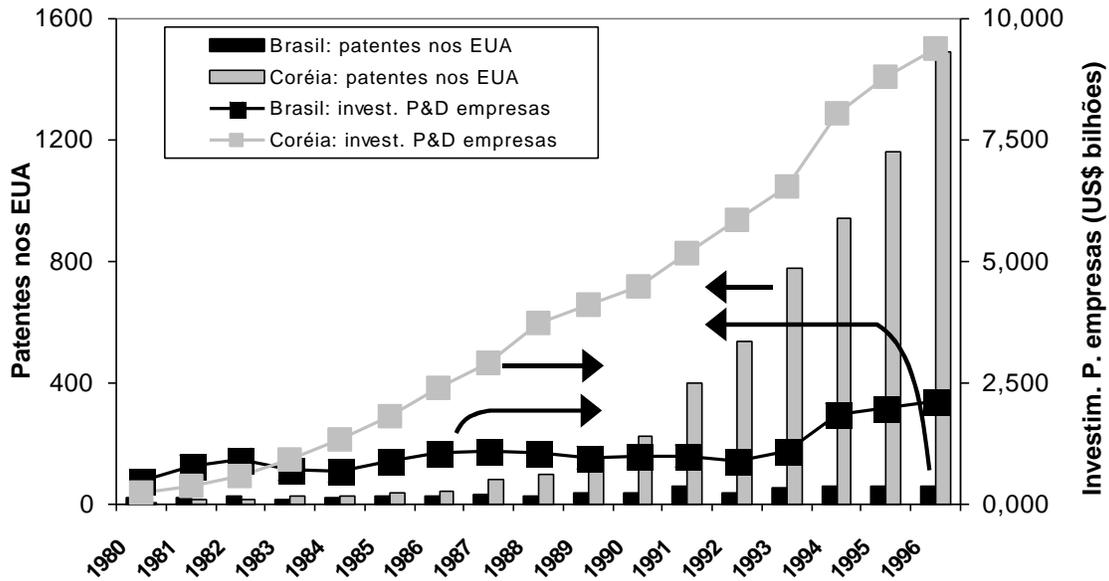


Figura 5. Número de patentes registradas anualmente nos Estados Unidos e dispêndio empresarial em P&D para Brasil e Coréia do Sul⁸

Na produção de inovação tecnológica a história já é bem outra. Uma maneira internacionalmente reconhecida para se medir a intensidade da inovação, é a contagem do número de patentes registradas em mercados competitivos. A Figura 5 mostra o número de patentes com origem no Brasil e na Coréia do Sul, registradas nos Estados Unidos ano a ano, desde 1980. No início da década de 80, os dois países registravam perto de uma dezena de patentes anualmente nos Estados Unidos. A partir de 1985 o crescimento do número de patentes coreano cresce exponencialmente, de maneira fortemente correlacionada com o investimento empresarial em P&D, também mostrado na mesma figura. Sendo a maior parte do investimento em P&D a parcela correspondente ao pagamento de salários dos C&E, a curva crescente de investimento empresarial em P&D descreve o aumento no número de C&E trabalhando para empresas na Coréia do Sul. É fácil imaginar que mais pesquisadores terão mais idéias e portanto gerarão mais patentes. Por outro lado, as curvas correspondentes ao Brasil demonstram como o reduzido número de C&E empresariais resulta num pequeno número de patentes.

Na Figura 5 é notável a correlação entre o número de patentes e o dispêndio em P&D pela empresa em ambos os países. Uma visão mais geral é mostrada na Figura 6 onde se mostra o número de patentes registradas nos EUA em função do investimento anual em P&D realizado pelas empresas para uma coleção de 24 países. A curva de tendência é bem nítida, e observa-se que o caso brasileiro se afasta da tendência para menos, sendo que o Brasil registra quase 3 vezes menos patentes do que seria de se esperar para o investimento reportado pelas empresas.

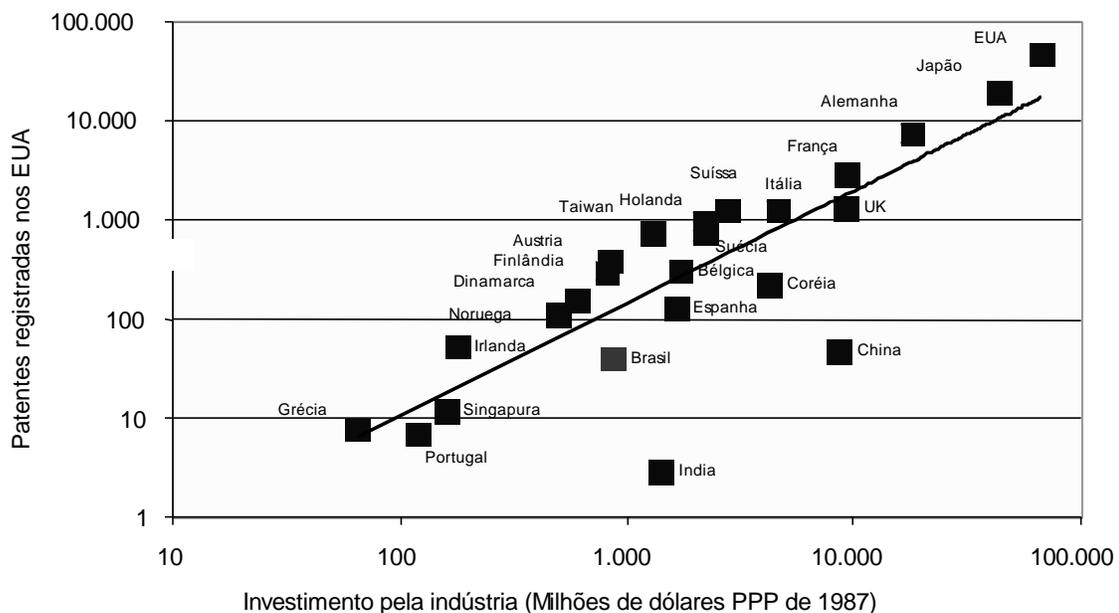


Figura 6. Número de patentes registradas nos EUA em função do investimento em P&D realizado pelas empresas em cada país (Fontes: número de patentes: Patent counts by country, USPTO, Aug. 1997; Investimento empresarial em P&D: referências 8 e 9).

Patentes são um produto típico do ambiente de P&D empresarial, e não do ambiente acadêmico. Em 1994, das 53.236 patentes registradas nos EUA, 1.604 foram originadas em universidades – 3% do total. A Figura 7 mostra o número de patentes que universidades americanas registram anualmente. O pico da curva mostra que 25 universidades registraram entre 20 e 30 patentes no ano em questão. Apenas 6 universidades registraram mais de 100 patentes. Mesmo que as universidades busquem ampliar seus registros de propriedade intelectual, ainda assim a natureza da

instituição universitária exige a abertura e ampla divulgação dos resultados. Estas 6 universidades americanas que registram 100 ou mais patentes publicam anualmente milhares de artigos científicos divulgando seus resultados.

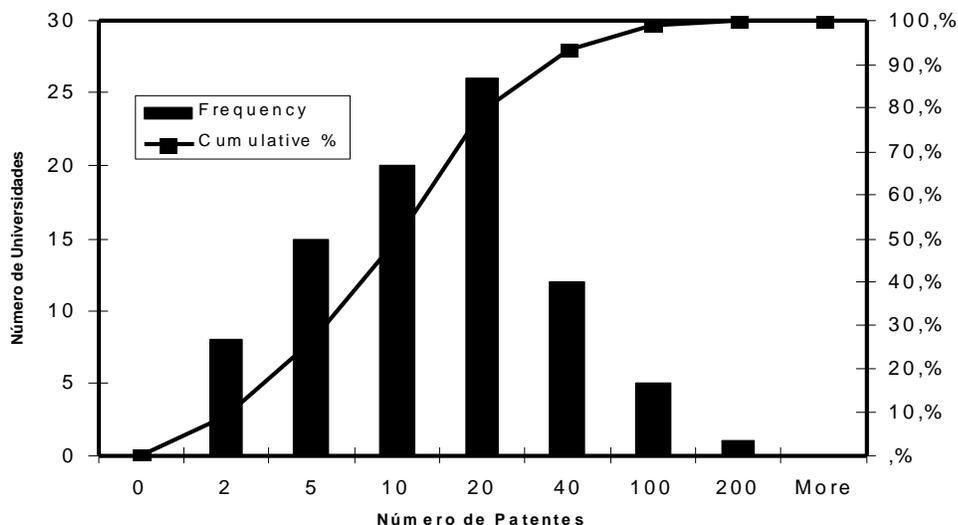


Figura 7. Histograma do número de patentes registradas no ano de 1994 por universidades nos EUA.

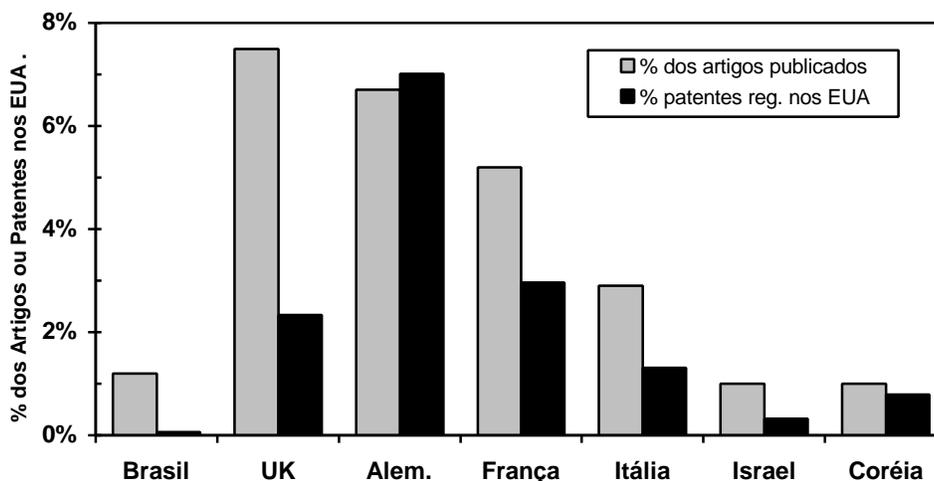


Figura 8. Participação mundial em artigos publicados em revistas do Science Citation Index e patentes registradas nos Estados Unidos.

A Figura 8 resume o quadro geral da produção de Ciência e de Tecnologia segundo os dois indicadores usados aqui. O Brasil aparece no mapa da ciência mundial, mas é quase inexistente no mapa da tecnologia mundial – resultado direto do pequeno número

de C&E ativos em P&D nas empresas.

O Investimento em P&D no Brasil – Financiadores e Executores

O primeiro cuidado neste ponto é o de identificar corretamente o investimento em P&D, o qual é diferente do investimento em C&T, tradicionalmente divulgado no Brasil. Os manuais editados pela OCDE¹⁹ tratam de estabelecer as definições das categorias de interesse relacionadas às estatísticas sobre insumos e resultados em Ciência e Tecnologia (C&T) e também em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Para se estabelecer referências internacionais adequadas, é essencial cuidar da compatibilidade das definições das categorias que estão sendo medidas.

A categoria C&T é definida de maneira bem mais ampla do que a categoria P&D – na verdade a categoria C&T compreende completamente a categoria P&D, mas a excede. Simplificadamente, podemos atribuir à categoria P&D as atividades criativas relativas à C&T: o investimento para criar conhecimento e tecnologia pertence à categoria P&D e também à categoria C&T, enquanto que o investimento para comprar tecnologia pronta pertence à categoria C&T mas não à categoria P&D. Muita confusão tem sido feita no Brasil entre estas duas categorias e freqüentemente tem sido comparados dados relativos à C&T brasileiros com dados relativos a P&D de outros países. Somente recentemente o Ministério da Ciência e Tecnologia passou a divulgar os dados de investimento em P&D brasileiros²⁰

Tabela 4. Fontes financiadoras e Executores de recursos de C&T nos Estados Unidos em 1993 (Fonte: Science and Engineering Indicators, National Science Board, Washington, DC, 1996).

	Financiado por Valor financiado	Governo 60.224	Empresas 86.052	Universidades 5.111	Outros 2.869	Exterior 11.593	Total 165.849
Executado por	Governo	16.556	0	0	0	0	16.556
	Empresas	22.813	83.928	0	0	11.593	118.334
	Universidades	17.255	1.374	5.111	1.469	0	25.209
	Outros	3.600	750	0	1.400	0	5.750

Valores em milhões de dólares de 1995

Além do cuidado com as categorias, o levantamento dos indicadores relativos a investimentos nacionais em P&D deve buscar a identificação das fontes e dos executores do investimento. É fácil entender que em geral, governos são fortes investidores, mas fracos executores, a execução dos recursos investidos pelos governos ocorrendo freqüentemente por universidades e empresas. O mapeamento correto destas funções é essencial quando se pretende conhecer em detalhe um sistema nacional de C&T e também quando se

realizam comparações internacionais. Como ilustração mostramos na Tabela 4 os dados sobre setor financiador e setor executor para o caso dos Estados Unidos.

Um demonstrativo como a Tabela 4 permite aprender vários fatos interessantes sobre o Sistema de C&T norte-americano:

- Do valor total empregado para P&D nos Estados Unidos, 36,3% são recursos provenientes do governo federal e 51,9% de empresas.
- Do valor financiado pelo governo, 37,9% se destina à execução em empresas e 28,7% a universidades. O valor financiado pelo governo para execução em empresas refere-se principalmente à compra de desenvolvimento tecnológico pelo governo americano. Este tipo de compra se constitui num importante subsídio ao desenvolvimento tecnológico na empresa nos Estados Unidos.
- Do valor financiado pelas empresas, 97,5% é executado pelas próprias empresas e 1,6% por universidades. Estes percentuais são especialmente importantes, pois indicam claramente que a pesquisa de interesse da empresa é realizada na própria empresa e não por contrato com universidades ou centros de pesquisa.
- Do valor executado por empresas, 70,9% provém de recursos próprios, 19,3% de recursos financiados pelo governo e 9,8% de recursos captados no exterior. Portanto, mesmo que haja recursos do governo financiando a pesquisa em empresas, a maior parte dos recursos para isto provém da própria empresa.
- Dos recursos executados por universidades, 68,4% provém do governo federal e 20,3% das próprias universidades (em vários casos de universidades estaduais, recursos estaduais). Apenas 5,5% (neste ano de 1993) foram provenientes de empresas.

Tabela 5. Fontes Financiadoras e Executores de recursos de P&D no Brasil em 1996 (Fonte: Indicadores Nacionais de Ciência e Tecnologia, 1990-1996, MCT, 1998).

	Financiado por Valor financiado	Governo 3.166,75	Empresas 1.874,30	Universidades 151,55	Outros n.d.	Exterior n.d.	Total 5.192,59
Executado por	Governo	722,67	-	-	n.d.	n.d.	722,67
	Empresas	481,33	1.874,30	-	n.d.	n.d.	2.355,63
	Universidades	1.962,75	-	151,55	n.d.	n.d.	2.114,29
	Outros	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Valores em US\$ milhões de 1995

Em 1998 pela primeira vez o governo brasileiro publicou um demonstrativo de executores e financiadores de P&D²¹. Estes dados, levantados pela equipe de

indicadores do CNPq, permitem conhecer a maior parte do demonstrativo de financiadores e executores, análogo àquele demonstrado na Tabela 4 para o caso dos EUA. Os dados relativos ao ano de 1996 para os dispêndios na categoria P&D (e não C&T) são mostrados na Tabela 5.

Na Tabela 5 destacamos:

- Valor total financiado pelo governo: 3,166,75 milhões de dólares constantes de 1995. Inclui-se aqui a soma dos recursos federais e estaduais (fap's, institutos de pesquisa, ..), sempre para a categoria P&D (da mesma fonte se obtém que o valor total financiado para C&T pelo governo foi de 5.753,66 milhões de dólares constantes de 1995).
- Do valor financiado pelo governo, 15% foi executado por empresas, 23% foi executado por órgãos do governo e 62% por universidades. Estes 15% correspondem exclusivamente à renúncia fiscal, indicando que o governo brasileiro não é um comprador de desenvolvimento tecnológico como ocorre com o governo dos Estados Unidos (v. Tabela 4).
- Valor executado por empresas: foi, em 1996, 2.355,63 milhões de dólares de 1995, sendo 80% financiado com recursos próprios e 20% com financiado pelo governo via renúncia fiscal. (Deve-se destacar aqui que há muita dúvida quanto à validade e precisão deste dado, até porque os sistemas para sua determinação ainda são bastante precários.)
- Valor executado por universidades: o valor de 2.114,29 milhões de dólares de 1995, corresponde à soma dos recursos para o pagamento de adicional de tempo integral aos docentes universitários, supondo-se que este adicional implique a atuação do docente em P&D, mais os recursos captados através de contratos de pesquisa estabelecidos com agências governamentais ou entidades privadas. Esta metodologia é a recomendada pela OECD no Manual Frascati¹⁹, e pela primeira vez está sendo adotada pelo MCT na determinação destes indicadores. Nesta linha o levantamento certamente demonstra deficiência, visto que a célula correspondente a valores financiados por empresas para realização em universidades não deveria ser nula já que, mesmo que no Brasil não haja uma intensa contratação de projetos de P&D por empresas em universidades, este valor não é certamente nulo. Em universidades como a Unicamp e a USP o percentual contratado com empresas pode chegar a 4% dos contratos de pesquisa. Se o percentual financiado por empresas para ser executado por

universidades fosse igual àquele praticado nos EUA (1,6% do total financiado pelas empresas, v. Tabela 4 e comentários que a seguem) os contratos com universidades chegariam a 30 milhões.

- O levantamento não inclui valores eventualmente captados do exterior.

Quando a empresa tem seus Cientistas e Engenheiros e investe em P&D

É importante mencionarmos alguns exemplos que ilustram que quando a empresa tem uma política de valorizar as atividades de P&D, contratando seus próprios C&E, há ganhos a serem obtidos. Há vários destes casos no Brasil – basta lembrar a tecnologia da Petrobrás em extração de petróleo em águas profundas, as empresas de base tecnológica em São Carlos e Campinas, nascidas em torno e das universidades ali existentes, várias empresas do setor de alimentos, e muitas outras que incorporam conhecimento diariamente a seus produtos e processos. Três exemplos com informações mais específicas são ilustrativos.

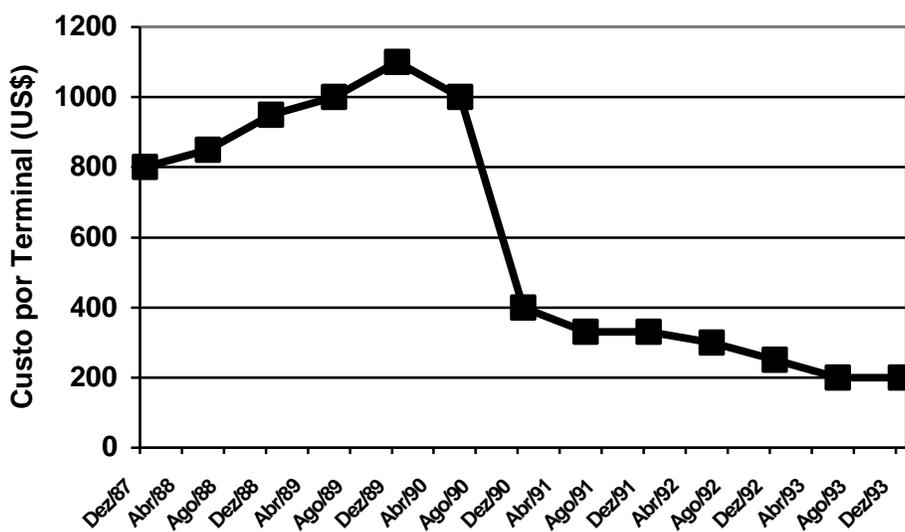


Figura 9. Custo por terminal telefônico instalado pelas empresas do Sistema Telebrás antes e após o licenciamento da tecnologia Trópico, desenvolvida pelo CPqD.

O primeiro exemplo é o do antigo Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Telebrás, hoje Fundação CPqD. Ali se desenvolvem produtos e processos relacionados aos objetivos da companhia, desde fibras ópticas e antenas até software para tarifação e gerenciamento de sistemas telefônicos. Um dos projetos mais bem sucedidos e de impacto facilmente mensurável vem sendo a Central Telefônica Trópico, desenvolvida

por engenheiros formados principalmente pela Escola Politécnica da USP, pela Unicamp e pelo ITA. Trata-se de uma central telefônica de processamento armazenado (CPA) muito moderna e capaz de vencer em concorrências competidores internacionais tradicionais deste mercado, como Ericsson, NEC, Philips e outros. A Telebrás não é um fabricante de equipamentos, portanto licenciou a fabricação da Trópico a empresas no Brasil (Promon e Alcatel, por exemplo). Este licenciamento começou em Julho de 1990. A Figura 9 mostra o que aconteceu com o custo de cada terminal telefônico instalado pelas empresas do Sistema Telebrás (Telesp, Telerj, ...) após o licenciamento. A economia em cada terminal chega a 1.000 dólares. Anualmente são instalados no Brasil mais de 700.000 terminais – portanto um projeto do CPqD, feito por engenheiros bem educados em nossas universidades economiza para as operadoras de telecomunicações no Brasil mais de 700 milhões de dólares por ano, mais do que dez vezes mais do que o custo anual de todo o CPqD.

O segundo exemplo é o avião a jato EMB145, desenvolvido pela Embraer, em São José dos Campos. Trata-se de um avião a jato para 50 passageiros, destinado ao promissor mercado de vôos regionais²². Lançado no início de 1997 tornou-se imediatamente um sucesso de vendas – dezenas de unidades vendidas para empresas em todo o mundo, mais centenas em opções para compra futura. Engenheiros bem formados pelo ITA, trabalhando numa empresa que valoriza P&D, gerando riqueza para o país e para a empresa.



Figura 10. Jato regional EMB145 desenvolvido e fabricado pela Embraer.

O terceiro exemplo é o da tecnologia de fabricação de fibras ópticas. Este envolve a participação da universidade, pois o projeto nasceu na Unicamp, através de um convênio estabelecido em 1974 com a Telebrás. Este projeto foi descrito por Krieger e Galembeck como “*um dos poucos e talvez o melhor exemplo de programa de P&D bem*

sucedido, no País²³. Iniciado na universidade, passou para um centro de pesquisa de empresa estatal e depois a tecnologia foi licenciada para empresas privadas que passaram a cuidar dos futuros desenvolvimentos.

A peculiaridade importante aqui foi que a transferência de tecnologia se deu com a transferência de pessoas. Hoje, altos dirigentes da ABC Xtal, a primeira empresa a fabricar fibras ópticas no Brasil, são pesquisadores que lideraram o projeto na Unicamp nos anos setenta, como professores universitários. Além destes, técnicos e alunos formados migraram da universidade para a empresa, num processo enriquecedor para ambas as instituições (mesmo que na época houvesse sempre a voz dos arautos do “desastre engendrado pelo esvaziamento da universidade”). Hoje a ABC Xtal e outras empresas continuam fabricando fibras ópticas e desenvolvendo seus produtos e processos, e para isto, empregando egressos de nossas universidades.

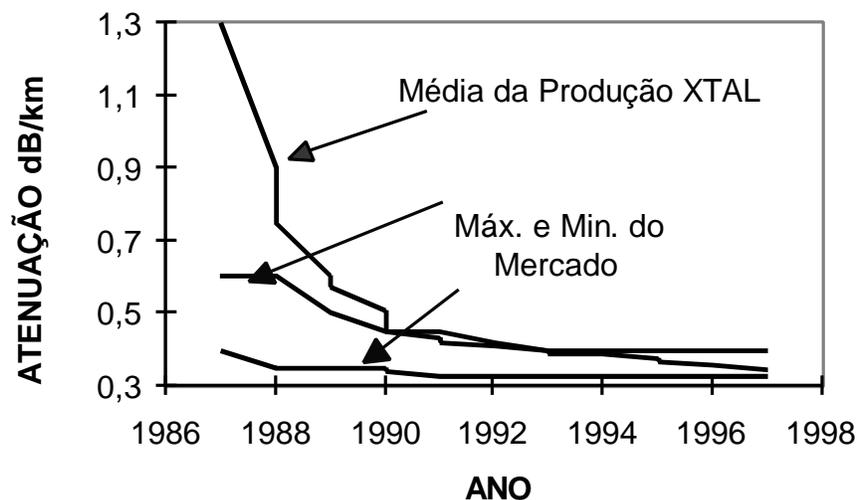


Figura 11. Uma das características técnicas das fibras ópticas fabricadas pela ABCXtal, mostrando como o esforço contínuo de desenvolvimento da tecnologia levou a empresa a um patamar competitivo.

A Figura 11 mostra como uma característica técnica importantíssima, a atenuação da fibra, evoluiu desde 1987, quando a ABC começou a produzir fibras até hoje. Pode-se ver que a produção da ABC chegou a um patamar bastante competitivo como resultado de um esforço continuado de P&D. Da mesma maneira, a Figura 12 mostra como o preço de venda da fibra fabricada foi reduzido até chegar a um valor competitivo.

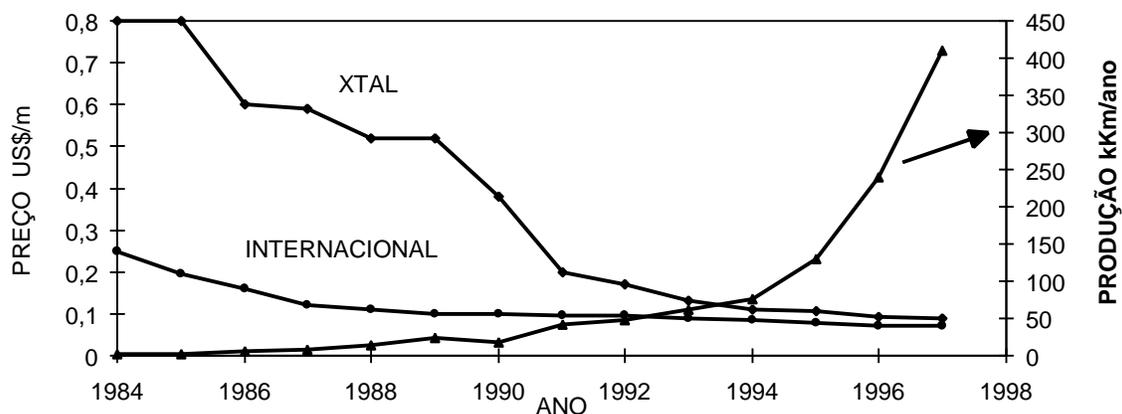


Figura 12. Preço da fibra fabricada pela ABCXtal em comparação com o preço internacionalmente praticado, e curva da evolução da produção de fibra pela ABC.

Os programas da FAPESP para o incentivo à pesquisa na empresa

Desde 1995, em São Paulo, a FAPESP vem se preocupando em criar mecanismos para intensificar a disseminação do conhecimento, tornando-o mais acessível a empresas e, mais recentemente, à administração pública. Dois programas foram criados voltados à área empresarial: o Programa de Parceria para Inovação Tecnológica (PITE) e o Programa de Inovação Tecnológica na Pequena Empresa (PIPE).

Programa de Parceria para Inovação Tecnológica²⁴

O primeiro programa instituído pela FAPESP na direção de facilitar a disseminação do conhecimento gerado em universidades e institutos de pesquisa foi o Programa de Parceria para Inovação Tecnológica. O PITE apoia projetos de pesquisa para o desenvolvimento de novos produtos com alto conteúdo tecnológico ou novos processos produtivos, propostos conjuntamente por uma empresa de qualquer porte e uma instituição de pesquisa do Estado de São Paulo. A FAPESP financia a parte do projeto a cargo da instituição universitária ou de pesquisa, enquanto a empresa parceira deve oferecer uma contrapartida financeira para custear a parte da pesquisa que lhe cabe desenvolver. Três modalidades de parceria são consideradas.

MODALIDADE 1: Projeto conjunto, proposto por pesquisador ou grupo de pesquisadores ligados a Universidades/Instituições de Pesquisa e Desenvolvimento em parceria com empresa ou grupo de empresas, visando a desenvolver inovação cuja fase exploratória esteja praticamente completada. Enquadram-se nesta modalidade os

projetos cuja fase exploratória já foi completada pelo pesquisador ou pelo grupo de pesquisadores com recursos próprios ou de agências de fomento. Os investimentos adicionais no desenvolvimento da inovação devem ser justificados por meio de uma análise preliminar de custo-benefício, que será considerada como um elemento de priorização. A FAPESP financiará até 20% do custo do Projeto, devendo a(s) empresa(s) envolvida(s) aportar(em) o restante dos recursos.

MODALIDADE 2: Projeto conjunto, proposto por pesquisador ou grupo de pesquisadores ligados a Universidades/Instituições de Pesquisa e Desenvolvimento em parceria com empresa ou grupo de empresas, visando a desenvolver inovação associada a baixos riscos tecnológicos e de comercialização. Enquadram-se nesta modalidade tipicamente os projetos de inovação incremental, forçada pelo mercado, envolvendo normalmente as etapas de exploração e de certificação. Como elemento de priorização, será considerada a demonstração dos benefícios sócio-econômicos que o êxito do Projeto terá sobre o setor de produção ou de serviços em que está inserido. A FAPESP financiará até 50% do custo do Projeto, devendo a(s) empresa(s) envolvida(s) aportar(em) o restante dos recursos.

MODALIDADE 3: Projeto conjunto, proposto por pesquisador ou grupo de pesquisadores ligados a Universidades/Instituições de Pesquisa e Desenvolvimento em parceria com empresa ou grupo de empresas, visando a desenvolver inovação associada a altos riscos tecnológicos e baixos riscos de comercialização, mas com alto poder "fertilizante ou germinativo". Enquadram-se nesta modalidade os Projetos tipicamente de caráter revolucionário, cuja inovação resultante poderá causar um impacto significativo em todo um setor de atividades. Podem ser enquadrados nesta modalidade também Projetos de inovação incremental quando a empresa envolvida for de médio ou pequeno porte e quando da inovação resultar uma significativa contribuição sócio-econômica para o País. A FAPESP financiará até 70% do custo do Projeto, devendo a(s) empresa(s) envolvida(s) aportar(em) o restante dos recursos.

Desde a sua implantação, já foram aprovados 48 projetos. É importante destacar que para este programa a FAPESP desenvolveu toda uma nova série de critérios de análise, voltada à natureza específica destes projetos, nos quais a relevância tecnológica, a aplicabilidade e o interesse da empresa parceira são itens novos de qualificação, que não existiam na análise dos projetos de natureza acadêmica.

Nos 48 projetos contratados, a FAPESP está investindo quase dez milhões de reais,

valor semelhante ao comprometido pelas empresas parceiras, implicando numa contrapartida empresarial média em torno de 50%. Este percentual varia de projeto a projeto, em função da análise feita pela FAPESP sobre o risco intrínseco da pesquisa a ser desenvolvida. A contrapartida empresarial varia de 84% do total até 25% do total. O valor médio de cada projeto é de 400 mil reais e os projetos envolvem 12 instituições acadêmicas ou institutos de pesquisa, as principais sendo: USP (21 projetos), Unicamp (9 projetos), e Unesp (6 projetos).

Num dos projetos já concluídos, uma equipe do IPT desenvolveu para a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) um processo de produção e caracterização de aços elétricos (aços destinados a aplicações em motores e máquinas elétricas), que permitiu à empresa entrar num novo nicho de mercado com substancial faturamento anual. A descrição completa de todos os projetos contratados até Agosto de 1999 pode ser encontrada no Suplemento da publicação Notícias Fapesp²⁵

Programa de Inovação Tecnológica na Pequena Empresa²⁴

Iniciado em 1997, o PIPE é o primeiro programa da FAPESP que apoia a pesquisa para inovação tecnológica diretamente na empresa, através da concessão de financiamento ao pesquisador a ela vinculado ou associado. O alvo do PIPE são empresas com até 100 empregados, dispostas a investir na pesquisa de novos produtos de alto conteúdo tecnológico ou processos produtivos inovadores, capazes de aumentar sua competitividade e sua contribuição sócio-econômica para o país. O programa se destina a apoiar o desenvolvimento de pesquisas inovadoras a serem executadas por pequenas empresas sobre importantes problemas em ciência, engenharia ou em educação científica e tecnológica que, em caso de sucesso, tenham alto potencial de retorno comercial ou social. Os projetos podem ser desenvolvidos por pesquisadores vinculados às empresas ou que a elas tenham de algum modo se associado para a realização do projeto.

O programa se justifica por ser a inovação tecnológica um instrumento reconhecido para o aumento da competitividade das empresas, condição para o desenvolvimento econômico e social do Estado de São Paulo. Trata-se de criar condições para incrementar a contribuição do sistema estadual de pesquisa para esse desenvolvimento. Dispensando contrapartida e, por isso, dirigido exclusivamente a pequenas empresas, o programa é complementar ao de financiamento de projetos de

pesquisa em parceria entre a universidade e empresa. Por meio deste conjunto de programas, a FAPESP busca induzir um aumento significativo do investimento privado em pesquisa tecnológica.

Os projetos devem ser apresentados por pesquisador vinculado a empresa com menos de 100 empregados, e devem ser organizados contendo três fases:

FASE I: é uma fase inicial com duração de 6 (seis) meses e que visa a realização de pesquisas sobre a viabilidade técnica das idéias propostas e cujos resultados serão o critério principal de qualificação para a Fase II. Pelo menos dois terços das atividades desta fase deverão ser desenvolvidas pela pequena empresa proponente que poderá, assim, sub-contratar até um terço dos trabalhos de outras empresas, consultores ou instituições de pesquisa. Serão feitas, por ano, aproximadamente 20 concessões nesta fase com valor limite de R\$50 mil para cada concessão.

FASE II: é a fase de desenvolvimento da parte principal da pesquisa e terá duração de vinte e quatro meses. Pelo menos metade das atividades de pesquisa deverão ser desenvolvidas pela pequena empresa proponente que poderá, assim, sub-contratar até a metade dos trabalhos de outras empresas, consultores ou instituições de pesquisa. O valor máximo financiável nesta fase é de R\$200 mil para cada projeto, sendo as concessões feitas aos projetos de maior sucesso na FASE I. A previsão é de que cerca de um terço dos projetos apoiados na FASE I receberão apoio para a realização da FASE II. Serão priorizadas para apoio nesta fase, as propostas que documentem compromisso de apoio financeiro de alguma fonte para a realização da FASE III do projeto, caso a FASE II seja bem sucedida.

FASE III: é uma fase a ser realizada pela pequena empresa ou sob sua coordenação e que tem como objetivo desenvolver novos produtos comerciais baseados nos resultados obtidos na FASE I e na FASE II. A FAPESP não dará apoio financeiro de qualquer natureza a projetos nesta fase, mas poderá colaborar na obtenção de apoio de outras fontes caso os resultados da pesquisa comprovem a viabilidade técnica das idéias, bem como o seu potencial de retorno comercial ou social.

A resposta a este programa foi excepcional: lançado em 1997, após 6 editais já há 101 projetos contratados (41 destes já na Fase II).

É interessante observar que há uma concentração notável das localidades onde se sediam as empresas com projetos contratados em torno de universidades, consistente

com a discussão feita acima sobre o papel da universidade como formadora de pessoal e por isso habilitadora do desenvolvimento tecnológico. A Tabela 6 mostra que dos 101 projetos, 84 estão em municípios onde há tradicionais instituições públicas de ensino superior bem conhecidas por sua qualidade.

Tabela 6. Distribuição das localidades sede das pequenas empresas com projetos contratados no programa PIPE da FAPESP.

Município	Quantidade
São Paulo	29
Campinas e região	26
S. J. dos Campos e região	20
São Carlos e região	9
R. Preto e região	3
Outras	14
Total	101

O papel da universidade pública na formação do pessoal líder destes projetos também é facilmente verificável. A Tabela 7 mostra onde foram formados os líderes dos 101 contratos do PIPE. Destes, 79 (79%) obtiveram a graduação em universidades públicas. Observe-se também que neste programa a FAPESP não exigiu titulação de doutor para os líderes de projeto, exigindo sim demonstrada capacidade e experiência no tema do projeto.

Tabela 7. Formação dos líderes dos projetos do PIPE Fapesp.

	Graduação	Mestrado	Doutorado
USP	44	32	28
Unicamp	10	16	6
Unesp	5	2	3
IFES e outras estaduais	20	18	8
Univ. Particulares	16	0	0
Univ. Exterior	5	6	16
Outras	1	0	0
Total	101	74	61

Conclusão

A análise apresentada sobre as atividades e investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento no Brasil permite concluir que além de haver poucos Cientistas e Engenheiros atuantes em P&D, há um percentual muito reduzido destes que trabalham, para empresas. Esta é uma das razões porque a competitividade tecnológica da

empresa no Brasil é pequena, o que pode ser verificado através da contagem do número de patentes registradas com origem no Brasil nos Estados Unidos. O pequeno número de C&E empresariais no Brasil se correlaciona com o reduzido investimento empresarial em P&D. Nesta conjuntura, o esforço feito pelo poder público para a formação de recursos humanos qualificados, que mesmo sofrendo descontinuidades não pode ser considerado pequeno, acaba por ter pouca efetividade em trazer benefícios econômicos e sociais. Ao mesmo tempo que a ciência brasileira tem avançado e obtido mais destaque internacional, a tecnologia não tem acompanhado esta evolução. Criticamos a concepção simplista de que a interação universidade-empresa poderá resolver a necessidade de tecnologia da empresa e a necessidade de financiamento da universidade, destacando que cada uma destas instituições tem culturas e missões que devem ser respeitadas. Mesmo assim a interação deve ser buscada pela contribuição que pode trazer à melhor educação dada pela universidade a seus estudantes, bem como para levar a cultura de valorização do conhecimento para a empresa.

Programas de apoio à pesquisa na empresa tem sido bem aceitos por estas. A forte demanda pelo PIPE da Fapesp demonstra que a pequena empresa tem necessidade de desenvolver tecnologia e está pronta a utilizar os mecanismos de apoio postos à sua disposição.

Finalmente, o grande desafio em P&D no Brasil de hoje é como criar um ambiente que estimule a empresa ao investimento no Conhecimento para aumentar sua competitividade. O Estado brasileiro já realiza vultuosos investimentos na formação de pessoal qualificado (o país forma atualmente 4.000 doutores por ano) e em projetos de pesquisa fundamental e aplicada. Cabe à empresa aproveitar estas condições e convertê-las em competitividade, riqueza e desenvolvimento.

Referências

- ¹ S. Motoyama, A.I. Hamburguer e M. Nagamini, “Para uma História da Fapesp – Marcos Documentais”, p. 26(Fapesp, São Paulo, 1999).
- ² Notícia publicada em O Estado de São Paulo em 9/9/99. O texto completo do discursos está em <http://www.bog.frb.fed.us/boarddocs/speeches/1999/19990908.htm>.
- ³ D. Landes, “A Ética da Riqueza”, Entrevista nas Páginas Amarelas, Veja, 22 de Março de 2000.
- ⁴ S.N. Brisolla et al., *Indicadores Quantitativos de C&T no Brasil in Estudo Atual e Papel Futuro da Ciência e Tecnologia no Brasil* (coord. S. Schwartzmann), MCT (1994). Disponível no Web em: <http://www.mct.gov.br/mcthome/estudos/Html/EAPF.htm>.
- ⁵ Sistema de C&T no Brasil, IBICT, MCT (1993).
- ⁶ Resultados da Base de Dados da ANPEI, 1995 estão em <http://eu.ansp.br/~anpei/Link3.htm>).
- ⁷ National Patterns of R&D Resources: 1996, NSF 96-333, Special Report (Table C-18)
- ⁸ Human Resources for Science and Technology: The European Region, NSF 96-316, Special Report (Arlington, Va, 1996).
- ⁹ Human Resources for Science and Technology: The Asian Region, NSF 96-303, Special Report (Washington, DC, 1993).
- ¹⁰ Home Page do Ministério da Ciência e Tecnologia da Coréia, em <http://134.75.163.2/policye4.html> .
- ¹¹ Adam Smith, “A Riqueza das Nações”, (1776).
- ¹² J. Miller, “Upset the natural equilibrium”, in *Innovation – breakthrough thinking at 3M, DuPont, GE, Pfizer and Rubbermaid*, ed. Rosabeth Kanter, J. Kao e F. Wiersema (Harper Business, New York (1997).
- ¹³ E. Mansfield, “Contributions of new technology to the economy”, in *Technology, R&D and the Economy*, ed. Bruce Smith e Claude Barfield. P. 125 (The Brookings Institutions, Washington, DC (1996).
- ¹⁴ E. Mansfield, “Contributions of new technology to the economy”, in *Technology, R&D and the Economy*, ed. Bruce Smith e Claude Barfield, p. 132 (The Brookings Institutions, Washington, DC (1996).
- ¹⁵ E. Mansfield, “Contributions of new technology to the economy”, in *Technology, R&D and the Economy*, ed. Bruce Smith e Claude Barfield, p. 132 (The Brookings Institutions, Washington, DC (1996)
- ¹⁶ Photonics Spectra, p. 24-25, April 1999
- ¹⁷ L. De Meis e J. Lehta, “O perfil da ciência brasileira” (Editora da UFRJ, 1996).
- ¹⁸ Fontes: para as patentes, Science and Engineering Indicators, 1996; para os dispêndios brasileiros, S.N. Brisolla et. Al., “Indicadores quantitativos de C&T no Brasil” in Estado atual e Papel Futuro da C&T no Brasil, org. S. Schwartzmann, (1994) – disponível em <http://www.mct.gov.br/mcthome/estudos/Html/EAPF.htm> ; para os dispêndios coreanos: Human Resources for Science and Technology: The Asian Region, NSF 96-303, Special Report (Washington, DC, 1993)).
- ¹⁹ Medición de las Actividades Científicas e Tecnológicas - Manual de Frascati, OCDE (1993).
- ²⁰ Indicadores Nacionais de Ciência e Tecnologia, 1990-1996, MCT, 1998.
- ²¹ Indicadores Nacionais de Ciência e Tecnologia, 1990-1996, MCT, 1998.

²² Veja, 19 de Março de 1997 e A. Pascual, “Dogfight at the Gates”, Time Magazine, p. 28, November 17, 1997.

²³ E. Krieger e F. Galembeck, “Síntese setorial: Capacitação para as Atividades de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico”, in *Estado Atual e Papel Futuro da Ciência e Tecnologia no Brasil (EAPF)*, org. S. Schwartzmann (MCT, 1994) – disponível em <http://www.mct.gov.br/mcthome/estudos/Html/EAPF.htm> .

²⁴ Para mais detalhes sobre o programa, consulte a Home Page da FAPESP em <http://www.fapesp.br> .

²⁵ Notícias Fapesp nº 46, Suplemento Especial: Inovação Tecnológica (Setembro, 1999).