

FÍSICA E INDÚSTRIA NO BRASIL (1)

Carlos H. de Brito Cruz

O avanço do conhecimento em física tem criado oportunidades para o surgimento de novos setores industriais, trazendo verdadeiras revoluções ao mundo dos negócios e da criação de riqueza e empregos. Sem falarmos da energia nuclear, dois outros exemplos ocorridos no pós-guerra ilustram esta afirmação. Um deles foi a invenção do transistor que, ao lado de gerar todo um novo ramo da física, a física do estado sólido, ocasionou o surgimento da indústria de semicondutores e microeletrônica, um dos setores mais dinâmicos e dinamizadores da economia mundial. Outro caso foi a invenção do laser, que trouxe o ressurgimento da área de óptica física e geométrica ao mesmo tempo em que criou uma nova área da física, a eletrônica quântica. O laser possibilitou uma série de criações industriais, das comunicações ópticas à medicina e saúde, gerando um grande setor empresarial ligado à optoeletrônica e à fotônica.

O impulso da física ao desenvolvimento industrial fez com que grandes empresas como a Bell Telephone (depois AT&T e, depois ainda, Lucent Technologies), a IBM e a GE dedicassem grande parte de seu esforço de P&D ao estudo de áreas da física, especialmente a física do estado sólido. Um abrangente relato sobre o impacto dos avanços na física na área de telecomunicações está no artigo de Brinkman e Lang, “Physics and the communications industry”. (2) Brinkman, o primeiro autor, foi pesquisador e diretor nos Laboratórios Bell.

Os idealizadores dos Bell Labs tinham muita clareza sobre a importância da física para o desenvolvimento de seu negócio, e um interessante e surpreendentemente atual relato sobre as idéias seminais para a P&D industrial estão no artigo de Frank Jewett (3), um de seus criadores, publicado em 1919 e de J.J. Cart y, seu precursor (4). Diz Cart y em seu discurso na reunião anual de engenheiros elétricos (4):

“Com o desenvolvimento da energia, da tração e da luz elétricas, após a invenção do telefone, alguns dos grandes fabricantes de materiais elétricos criaram laboratórios de pesquisa científica industrial que obtiveram reputação mundial. Vastas somas são gastas anualmente em pesquisa industrial nesses laboratórios. Mas posso dizer com autoridade que eles retribuem, a cada ano, com melhoramentos à arte nas empresas. Somados, eles têm um valor muitas vezes maior que o custo total de sua produção. **Dinheiro gasto em pesquisa industrial apropriadamente dirigida, realizada sob princípios científicos, certamente traz às empresas um retorno muito generoso.**”

Em 1920 C.E.K Mees publicava o livro *The organization of industrial scientific research* (5) destacando no capítulo I que:

“É quase impossível encontrar algum tipo de trabalho científico em física ou química — da física do átomo à química orgânica estrutural — que mais cedo ou mais tarde não vá ter aplicação e importância direta para as indústrias.

Trabalhos de pesquisa fundamental como esses requerem laboratórios diferentes dos laboratórios usuais de trabalho e pesquisadores

diferentes daqueles empregados num laboratório puramente industrial. Significam um laboratório grande, equipado com esmero e com equipe de peso, empenhada por muitos anos em trabalho que não trará remuneração, e que, por um tempo considerável, não chegará a nenhum resultado que possa ser aplicado pelo fabricante. **O valor de tal laboratório será cumulativo, à medida que o trabalho continua. A princípio, ele será útil para a indústria por trazer novos pontos de vista sobre muitos dos seus problemas.**”

Como se vê, há mais de um século outros países reconheceram a importância da pesquisa para empresas industriais, defendendo e efetivamente gerando a existência de departamentos de P&D financiados integralmente por e localizados dentro das empresas. (5)

Quando se trata de física, as associações profissionais tem realizado, em alguns países, estudos que documentam a importância da física para o desenvolvimento da indústria.

Na Inglaterra, o Institute of Physics (IoP) realizou em 2000 o estudo “The importance of physics to the UK economy”, no qual se identifica que “no ano 2000, 43% do emprego em manufatura no Reino Unido estava em Indústrias Baseadas em Física (IBF)” e que “de 1989 a 2000, 52.000 novas IBF’s surgiram no Reino Unido”. O IoP realiza estudos como este a cada dez anos, com o objetivo de destacar a contribuição da física para a nação e ganhar melhor visibilidade por parte do Parlamento e da opinião pública. Além disso, esse tipo de estudo coleciona dados que permitem um melhor planejamento para o desenvolvimento da física no Reino Unido.

No Canadá, o Comitê de Física do National Science and Engineering Research Council (NSERC) realizou, em 1997, dentro de uma análise abrangente intitulada “Review of Academic Physics”, um “Estudo sobre o Impacto Econômico”, coordenado por P. Vincett. (6) O estudo analisou a magnitude relativa do investimento em pesquisa na área de física e os resultados econômicos que a esses investimentos pudessem ser atribuídos. Para tanto, acompanhou o desempenho de empresas originadas de projetos financiados pelo NSERC, o impacto de graduados em física em empresas de vários setores e os resultados de licenciamento de tecnologia praticados por instituições financiadas pelo NSERC. Nesse estudo, as empresas *spin-off* acompanhadas respondiam por um faturamento anual de US\$ 109 milhões, contra um investimento anual pelo NSERC na área de física de US\$ 35 milhões.

Para o caso da física no Brasil, não há estudos desta natureza. A fragilidade tecnológica da indústria no país leva a crer que a base de indústrias baseadas em física não deve ser extensa. No entanto, há exemplos interessantes, especialmente devidos a indústrias nascidas em torno de universidades públicas como a Unicamp ou a USP (campus São Carlos). No estudo “Relatório Apresentado ao Ministério da Ciência e Tecnologia sobre Alguns Aspectos da Física Brasileira” (7), encomendado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia em 2002 a um grupo de trabalho, apontou casos interessantes de indústrias criadas a partir de pesquisa em física (tabela 1).

O exemplo mais visível no Brasil de Indústria Baseada em Física (para e m p restarmos a definição usada no documento do IoP) é aquele das comunicações ópticas. O programa de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia para fabricação de fibras ópticas do Instituto de Física da Unicamp, do CPqD e da ABC Xtal tem todos os elementos essen-

ciais do desenvolvimento tecnológico: a universidade gerando conhecimento fundamental competitivo internacionalmente e formando recursos humanos, o centro de pesquisas ligado à empresa desenvolvendo a tecnologia e a empresa prosseguindo continuamente no desenvolvimento da tecnologia e empregando para isso os cientistas e engenheiros formados na universidade. Não sem razão este caso foi destacado, num estudo realizado pela Academia Brasileira de Ciências, como “um dos poucos e talvez o melhor exemplo de programa de P&D bem sucedido, no país”. (8)

A área de comunicações ópticas tem se beneficiado dos avanços na física e gerado oportunidades para novas empresas. O aumento contínuo da velocidade dos sistemas de transmissão de informações e telecomunicações deve-se ao uso da luz em sistemas de comunicações. Só com o uso de comunicações ópticas é possível atingir hoje velocidades de transmissão de centenas de Gigabits por segundo, o que se tornou viável partir da descoberta do laser nos anos 1960 e de fibras ópticas com baixas perdas de luz, ocorrida nos anos 1970. O Brasil entrou cedo nesta atividade, com a instalação, em 1971, do Projeto de Pesquisa em Sistemas de Comunicação por Laser no Instituto de Física da Unicamp. A partir de 1973, o projeto passou a receber financiamento da Telebrás. Liderado por José Ellis Ripper, cientista brasileiro

que a Unicamp trouxe dos Laboratórios Bell junto com outros pesquisadores, tinha por objetivo formar pessoal na área de comunicações ópticas, fazendo pesquisa competitiva internacionalmente. A Telebrás foi, na época, suficientemente ousada para valorizar este tipo de estratégia – baseada em ciência de boa qualidade e competitiva internacionalmente – e o país pode colher bons frutos desse esforço.

Em 1977, as primeiras fibras ópticas foram fabricadas nos laboratórios do Instituto de Física Gleb Wataghin. Em 1978, a tecnologia começou a ser transferida para o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Telebrás, o CPqD, em Campinas. Esse processo ilustra uma característica fundamental da transferência de tecnologia entre organizações: ao invés de se transferir *blueprints* ou relatórios técnicos, o sucesso do projeto se deveu à transferência de cientistas da Unicamp para o CPqD e, mais tarde, para a indústria.

Em 1983, a tecnologia foi transferida do CPqD para a empresa ABC Xtal, localizada também em Campinas (vizinha do CPqD). Novamente, a transferência de cérebros foi fundamental, com a migração de cientistas do CPqD (muitos vindos da Unicamp) e da Unicamp para a empresa.

A Xtal Fibras Ópticas, (comprada recentemente pela Fiber Core, EUA), agora denominada Xtal Fibrecore Brasil, é hoje o maior fabricante de fibras ópticas no Brasil: anualmente, produz mais de 1,1 milhão de quilômetros de fibras ópticas, sendo 35% das fibras comercializadas no país, e 20% de sua produção destinada à exportação. Além do caso da XTal, deve-se também mencionar o caso da AsGa, empresa originalmente criada para atuar em microeletrônica, depois redirecionada para o setor de equipamentos optoeletrônicos. Criada por José Ripper e outros três sócios, tem atingido resultados muito competitivos em seu setor, especialmente com um equipamento de modems ópticos para sistemas de telecomunicações. (9)

Outro exemplo relevante de Indústria Baseada em Física é o das empresas surgidas em torno das universidades públicas de São Carlos, entre as quais a mais destacada parece ser a Optoeletrônica São Carlos (10), com 205 empregados (informação colhida em www.opto.com.br, dia 6 de setembro de 2004), sendo 60% destes na área técnica. A Optoeletrônica desenvolveu de maneira extremamente competitiva a tecnologia para revestimentos antirrefletores em componentes ópticos, especializando-se naqueles aplicados a equipamentos odontológicos, além de outras aplicações de óptica e equipamentos.

O Brasil precisa, também, aprender a explorar o uso de projetos científicos mobilizadores para estimular o desenvolvimento de indústrias baseadas em conhecimento. Esses projetos mobilizadores têm sido um instrumento intensamente utilizado em muitos países para estimular desenvolvimento de tecnologia na indústria com pesado subsídio pelo estado. Dois bons exemplos recentes na área de física no Brasil são projetos apoiados pela Fapesp nos quais a agência estabeleceu a meta adicional de se contratar desenvolvimento de tecnologia: o projeto Southern Observatory for Astronomical Research (SOAR) e o Projeto Pierre Auger para Observação de Raios Cósmicos. No projeto SOAR, boa parte do investimento pela Fapesp foi aplicado em contratar da empresa Equatorial Sistemas, de São José dos Campos, o projeto e a construção da cúpula do telescópio, um dos mais modernos do mundo, instalado nos Andes chilenos (11).

Instituição/ Empresa	Início
Campinas - 12 empresas	
Xtal Fibras Ópticas	1982
Optron Micromecânica Ótica	1983
Kom Lux Fibras Ópticas	1985
Asga S/A	1986
Agc Nettest	1988
Fotônica Tecnologia Óptica	1991
Unilaser Indústria Comércio Ltda	1991
Valitech	1996
Ecco Fibras e Dispositivos	1997
Laserlab Com. e Assist. Téc. Ltda	1997
Optolink Indústria Comércio Ltda	1998
PadTec	2002
São Carlos - 8 empresas	
Opto Eletrônica S.A.	1985
Semapo	1990
DMC	1996
Eyotec Eq. Oftálmicos Ind. e Com. Ltda	1997
KonderTec	1997
MM Optics	1999
Artec Tecnologia em Lentes Ltda	2000
Fotonmed Ltda	2002
Recife - 2 empresas	
Claro Tecnologia	1998
Optânica Optoeletrônica Orgânica Ltda	1998

Tabela 1. Algumas das Empresas Baseadas em Física existentes no Brasil (A lista baseia-se naquelas mencionadas no “Relatório Apresentado ao Ministério da Ciência e Tecnologia sobre Alguns Aspectos da Física Brasileira” (MCT, 2002), mas adiciona empresas surgidas após a edição do relatório).

A mesma empresa contribuiu no Projeto Observatório Pierre Auger no projeto e construção do Sistema de Abertura Automático (SHUTTER) e Suporte do Sistema Óptico do sistema de detecção de raios cósmicos. O Projeto Pierre Auger contratou, também, a empresa Alpina, de São Paulo para o desenvolvimento dos tanques especiais que integram o sistema de detecção de raios cósmicos instalados na região desértica de Mallargue, na província de Mendoza, na Argentina.

Alguns fatores presentes na economia brasileira dificultam bastante o surgimento e a prosperidade de empresas baseadas em tecnologia. Um deles é a instabilidade das regras da economia e das políticas. Como é bem sabido, qualquer iniciativa baseada em P&D só pode ser bem sucedida se contar com estabilidade e permanência numa escala de tempo de alguns anos. No entanto, a legislação tributária brasileira sofre alterações quase diárias e as políticas públicas para P&D (como todas as outras) podem sofrer mudanças radicais a cada troca de governo. Somem-se a esta situação os obstáculos para financiamento trazidos pela elevadíssima taxa de juros e a instabilidade da economia e o resultado é um ambiente praticamente hostil para empresas baseadas em conhecimento.

Criar condições propícias à inovação tecnológica na empresa é um dos principais desafios estruturais colocados frente ao sistema de ciência e tecnologia brasileiro, pois sem o envolvimento da empresa, o país não conseguirá desenvolver uma capacidade sistemática para transformar conhecimento em riqueza. A recentemente divulgada política industrial pode contribuir para isto, se entender o valor da capacidade industrial interna para o desenvolvimento tecnológico. Nesse contexto, é impressionante a atualidade para o Brasil do discurso de 1916, mencionado acima, de J.J. Carty, primeiro diretor dos Laboratórios Bell (4):

“Considero que esse é o elevado dever do nosso instituto, e o de todos os seus membros, e que um dever semelhante se estende a todas as instituições de engenharia e ciência dos Estados Unidos – inculcar nos industriais do país as maravilhosas possibilidades de economia em seus processos e de melhorias em seus produtos abertas pelas descobertas da ciência. **A maneira de fazer isso é a pesquisa científica conduzida de acordo com princípios científicos. Quando se tornar claro aos nossos industriais que a pesquisa vale a pena, eles certamente chamarão homens com treinamento científico para ajudá-los a investigar seus problemas técnicos e melhorar seus processos.** Aqueles que primeiro tirarem proveito dos benefícios da pesquisa industrial se adiantarão tanto em relação a seus competidores que podemos aguardar o momento em que as vantagens da pesquisa industrial serão reconhecidas por todos.” (grifo nosso).

Se o lugar da ciência e da educação é a universidade, o lugar do desenvolvimento de tecnologia é, por excelência, a empresa. O elemento criador de inovação é o cientista ou engenheiro que trabalha em P&D nas empresas, sejam elas voltadas para produtos ou serviços. Assim é que, nos EUA, dos 960 mil cientistas e engenheiros traba-

lhando em pesquisa e desenvolvimento (P&D), 760 mil (80% do total) trabalham para empresas.

A posição central da empresa na geração de inovação tem sido demonstrada por vários autores desde Adam Smith, passando por levantamentos realizados pela National Science Foundation e até mesmo pela Confederação Nacional das Indústrias (CNI) no Brasil. Além disso, a universidade tem papel fundamental num sistema nacional de inovação, como formadora dos cientistas e engenheiros, e como geradora de novas idéias (12).

Em todos os países que têm sabido construir desenvolvimento a partir de conhecimento, a maioria dos cientistas trabalha em empresas, como pesquisadores em seus centros de P&D. No Brasil, ao contrário, temos ainda poucos cientistas em empresas, menos que 29 mil, segundo o levantamento mais recente, feito pelo IBGE em 2001 e publicado em 2002. Eles competem com 94 mil que trabalham para empresas na Coreia e quase 800 mil em empresas nos EUA. É desigual. Mesmo que o Brasil tenha demonstrado alguns sucessos nesta área – como a Embraer, a Petrobras, o agronegócio movido pela Embrapa –, falta-nos a capacidade de realizar isso repetida e continuamente. Os vários bons exemplos verificados no país mostram

que para que se desenvolver a atividade de P&D empresarial no Brasil é necessário que, na política de C&T nacional e na política para o desenvolvimento industrial, seja considerado o papel central da empresa como pólo realizador de P&D. Só assim será possível tornar a transformação de conhecimento em riqueza uma atividade corriqueira no país.

Não se trata de o empresário brasileiro não valorizar a inovação tecnológica como importante para seus negócios. É preciso reconhecer o ambiente econômico instável, desfavorável e hostil para que as empresas realizem investimentos de retorno

certo, mas em prazo muitas vezes longo, como são os investimentos em P&D. Além disso, mesmo num ambiente menos desfavorável, a atividade de P&D contém uma incerteza intrínseca. Pesquisa-se, em geral, sobre o que não se conhece e, muitas vezes, um projeto perfeitamente organizado e planejado pode não ser bem sucedido.

Daí a necessidade do apoio estatal às atividades de pesquisa e desenvolvimento em empresas. Nos Estados Unidos, dos US\$ 65 bilhões anuais que o governo federal investe em atividades de P&D, US\$ 25 bilhões vão para empresas americanas. Neste caso, principalmente através de uma política de encomendas tecnológicas, nas quais o governo compra das empresas produtos e seu desenvolvimento tecnológico. Esse valor significa 15% do dispêndio total feito pelas empresas em P&D. Na Inglaterra, o Estado investe US\$ 1,5 bilhão por ano em P&D empresarial – 9% do dispêndio total empresarial em P&D. Na França são, anualmente, US\$ 1,6 bilhão de investimento do Estado em P&D nas empresas – 11% do total dispendido pelas empresas. Na Alemanha, US\$ 2 bilhões anuais – 9% do dispêndio empresarial.

Esses percentuais mostram que o Estado costuma, nos países desenvolvidos, estimular atividades de P&D empresariais, contribuindo

... AMBIENTE
PRATICAMENTE
HOSTIL PARA
EMPRESAS
BASEADAS EM
CONHECIMENTO.

para reduzir o alto risco inerente a esta atividade. Na média dos países da OECD hoje, 10% do dispêndio empresarial em P&D é financiado com recursos governamentais, através de vários métodos de subsídio, incluindo renúncia fiscal, política de encomendas tecnológicas e apoio à infraestrutura de pesquisa. O subsídio governamental é virtuoso, pois, em média, cada dólar investido pelo governo em P&D empresarial chama outros US\$ 9 da empresa. O percentual de financiamento estatal à P&D empresarial já foi maior do que estes 10% presentes – em 1981 nos EUA chegou a 32%, na Inglaterra 30% e na França 25%.

Este tipo de subsídio é tão importante para os países desenvolvidos que, no acordo da OMC que o Brasil subscreve (além disso, tornou-se lei no país, o Decreto 1355 de 30/12/1994), há menção explícita à permissão de subsídios nacionais às atividades de P&D empresariais, desde que a OMC seja previamente notificada e o subsídio não ultrapasse 75% do custo total do projeto de P&D.

O apoio estatal à P&D empresarial em geral assume três formas complementares: (i) política de encomendas tecnológicas e contratos; (ii) incentivos fiscais; e (iii) apoio à infraestrutura de pesquisa. O instrumento mais intensamente utilizado costuma ser o de compras tecnológicas.

É preciso que o Brasil reconheça que o lugar da inovação tecnológica é a empresa, e que esta não pode ser substituída por outras organizações. Isto não significa diminuir o papel das universidades e institutos de pesquisa – significa sim reconhecer que cada organização tem um papel importante e essencial a cumprir e que, hoje, o maior desafio é aquele de levarmos a atividade de P&D para dentro das empresas. Só desta forma poderemos ter no Brasil indústrias baseadas em física, em biologia, em ciência e engenharia de computação. Indústrias baseadas em conhecimento, que se alimentam e se desenvolvem pelo avanço constante da fronteira sem fim do conhecimento humano.

Carlos H. de Brito Cruz é físico, ex-reitor da Unicamp e diretor científico da Fapesp.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Este artigo é uma versão estendida do que foi publicado em: *Física: tendências e perspectivas*, p. 281, Gil da Costa Marques (Org.) Editora Livraria da Física, USP, 2005.
2. Brinkman, W. e Lang, D.V. *Reviews of modern physics*, vol. 71, nº. 2, pp. S480-S488, Centenary, 1999.
3. Jewett, F.B. "Industrial research with some notes concerning its scope in the Bell Telephone System", *J. Amer. Inst. Electr. Eng.*, pp. 841-855. 1919. Disponível em <http://www.inovacao.unicamp.br/report/inte-fbjewett.shtml>.
4. Carty, J.J. "The relation of pure science to industrial scientific research", Presidential Address to the Amer. Inst. Electr. Engineers. 1916. Disponível em <http://www.inovacao.unicamp.br/report/inte-diratt01.shtml>.
5. Mees, C.E.K. "The organization of industrial scientific research", (Mc Graw Hill, New York. 1920. Capítulo introdutório disponível em: <http://www.inovacao.unicamp.br/report/inte-kodak.shtml>.
6. Vincett, P. *Review Of Canadian Academic Physics Economic impact study*, NSERC, 1997.
7. Chaves, A.S. Brito Cruz, C.H.; da Jornada, J.A.H.; dos Anjos, J.; Davidovich, L.; Salmeron, R.; Rezende S.M. e Canuto, S.R.A. Relatório apresentado ao Ministério da Ciência e Tecnologia sobre alguns aspectos da física brasileira", MCT, 2002.
8. Krieger, E. e Galembeck, F. "Síntese setorial: capacitação para as atividades de pesquisa e desenvolvimento científico e tecnológico", p. 63, 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/publi/compet/krieger.pdf>.
9. "Óptica exemplar", *Revista Pesquisa Fapesp* 67, agosto de 2001.
10. "Círculo virtuoso", *Revista Pesquisa Fapesp* 89, julho de 2003
11. "Um projeto padrão", *Revista Pesquisa Fapesp* 100, junho de 2004.
12. Para uma excelente análise sobre o papel das organizações, feita do ponto de vista da indústria, veja-se a introdução de *Organization of industrial scientific research*, por C.E.K. Mees (primeiro diretor do Laboratório de Pesquisas da Kodak) 1ª edição, McGraw-Hill, New York 1920.