

A ciência brasileira diante de uma fase de transição*

Ado Jorio, Francisco César de Sá Barreto, José Francisco de Sampaio e Hélio Chacham - Departamento de Física, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG

A trajetória histórica da ciência de materiais no Brasil mostra o rápido estabelecimento de uma grande e produtiva comunidade científica de alta qualidade. Chegou a hora de uma mudança de atitude em direção à real inovação e à excelência.

A floresta amazônica cobre cerca de 40% do território brasileiro, uma área cerca de 6,5 vezes maior que a França. Lá, um ecossistema muito rico existe em equilíbrio com um solo geralmente pobre, o que torna o desmatamento um problema muito sério. Entretanto, um fenômeno freqüente e interessante pode ser encontrado na região, conhecido como *Terra Preta de Índio*. Esse solo se distingue dos outros por sua cor preta e por sua alta produtividade incomum. Ele produz safra e frutos muito mais vigorosos e nutritivos do que qualquer outro solo na região em um longo período de tempo, e sua formação é geralmente atribuída à atividade agrícola antiga das primeiras civilizações amazônicas. Entre os aspectos incomuns do solo negro está uma alta quantidade de carbono, 70 vezes maior do que em outros solos. Entender a estrutura desse material de carbono, como foram formados e o seu papel em manter o solo produtivo por um longo período de tempo são questões que precisam ser respondidas para que esse solo possa eventualmente ser reproduzido em laboratório.

Seria natural para os pesquisadores brasileiros ter um reconhecido papel nesse assunto. Institutos brasileiros como o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária são bem financiados e estruturados para lidar com os aspectos científicos e tecnológicos relacionados, respectivamente, à região amazônica e à agricultura, com vários programas de pesquisa e organização de encontros nacionais e internacionais sobre a Terra Preta de Índio. Também é importante mencionar o impacto considerável das publicações escritas por pesquisadores brasileiros em assuntos como, por exemplo, os materiais de carbono. Uma simples pesquisa usando a database ISI Web of Science com as palavras 'carbono' e 'Brasil' encontra cerca de 9.000 publicações com mais de 100.000 citações. Entretanto, apesar desse investimento e esforço, nenhum artigo brasileiro nesse campo apareceu em uma revista de alto impacto como a *Nature* ou *Science*. O caso da *Terra Preta de Índio* é um exemplo típico da ciência no Brasil, caracterizada por um trabalho sólido e importante que apenas precisa de uma mudança de atitude para atingir um alto nível de excelência nos resultados.

Construindo Ciência

A história do Brasil em ciência e inovação com impacto mundial começou apenas no início dos anos 20 com Alberto Santos Dumont e Carlos J. R. Chagas. Santos Dumont, filho de uma família rica de produtores de café, morou a maior parte de sua vida em Paris, onde desenvolveu o primeiro dirigível, voando ao redor da Torre Eiffel em 1901. Ele também realizou o primeiro vôo público de uma aeronave em 1906 com o seu 14-Bis. Chagas, também filho de produtores de café, trabalhou no Instituto Oswaldo Cruz, no Rio de Janeiro. Lá, e no interior do Brasil ele

descobriu em 1909 a doença de Chagas. Seu trabalho é quase único na história da medicina: ele descreveu o ciclo completo da doença infecciosa - o parasita, o vetor, as manifestações clínicas e a epidemiologia. As conquistas de Chagas e Santos Dumont ainda são sentidas hoje em dia: os resultados de Chagas estão diretamente relacionados com a forte comunidade brasileira de pesquisa em epidemiologia, enquanto os esforços pioneiros de Santos Dumont ajudaram a lançar a bem-sucedida indústria aeroespacial brasileira - a Embraer é hoje a terceira maior produtora de aeronaves do mundo.

Foi apenas em 1951 que o governo brasileiro criou as duas primeiras agências públicas encarregadas da tarefa de desenvolver a pesquisa científica: o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) teve o objetivo de promover e estimular investigações científicas e tecnológicas. Por outro lado, a Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) foi criada para desenvolver e aprimorar os recursos humanos para ensino e pesquisa. Como resultado dessas iniciativas, o número de publicações brasileiras cresceu exponencialmente de 19 entre 1960-1970 a mais de 200.000 na última década.

A pesquisa brasileira em matéria condensada e ciência dos materiais começou efetivamente no final dos anos 60. Um grande suprimento de crédito internacional resultou em grandes investimentos em infraestrutura: rodovias federais, hidroelétricas e usinas nucleares, extração de petróleo e refinarias. Ao mesmo tempo, infraestrutura para pesquisa universitária, focada principalmente em ciências naturais e engenharia, também começaram a ser construídas. Vale também lembrar a criação em 1966 da Universidade de Campinas e o estabelecimento de infraestrutura para pesquisa em várias universidades federais, bem como em universidades estaduais em São Paulo. No caso da pesquisa experimental em matéria condensada, o começo dos anos 70 viu o estabelecimento de departamentos de pesquisa na Universidade de Minas Gerais; Universidade Federal de Pernambuco; Universidade de São Paulo; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e outras. Nos anos 70 e 80, os departamentos de física e química dessas universidades receberam grandes quantias de subvenção federal - a maioria através da agência federal Financiadora de Estudos e Projetos - para desenvolver pesquisa no crescimento e caracterização de semicondutores e para o estabelecimento de caracterizações técnicas óticas, magnéticas e de outros materiais. Esse movimento foi essencialmente a origem da pesquisa de materiais no Brasil. De 1990 até hoje, esse sistema de financiamento federal de pesquisa foi substituído por agências de estado locais e por financiamento federal de grandes projetos específicos e redes de pesquisa.

Crescimento econômico e investimentos

De acordo com o Fundo Monetário Internacional, em 2009 o Brasil estava entre os dez países mais ricos do mundo. Entretanto, quando o produto interno bruto (PIB) é analisado per capita, a discrepância entre nações desenvolvidas e em desenvolvimento é claramente mostrada. Países desenvolvidos também mostram uma porcentagem maior de investimento do PIB em pesquisa e desenvolvimento. Esse é o quadro que temos hoje, depois de um século vinte turbulento, um período em que o Brasil oscilou entre democracia e ditadura; do chamado milagre econômico com a média do crescimento econômico em 10% ao ano por muitos anos a inflações explosivas, alcançando valores tão altos quanto 365% a cada ano. Pode-se

argumentar que o Brasil alcançou uma economia e uma estrutura política saudáveis no início dos anos 90, e vem mantendo isso desde então. Hoje em dia, o Brasil é membro de várias organizações econômicas como o Mercosul, a União de Nações Sul-Americanas, o G8+5 e o G20, e tem centenas de parceiros comerciais internacionais (25,9% da América Latina, 23,4% da União Européia, 18,9% da Ásia, 14% dos Estados Unidos e 17,8% de outros lugares). No encontro do Fórum Econômico Mundial de 2009 em Davos, o Brasil foi considerado o país com o maior crescimento na competitividade econômica. O Brasil tem um setor tecnológico sofisticado, com projetos em aviação, submarinos, pesquisa espacial (o Brasil é membro da Estação Espacial Internacional), biocombustíveis (com ênfase dada ao etanol) e petróleo (73% do petróleo usado no país é produzido no Brasil mesmo). Entretanto, as empresas brasileiras, com algumas exceções, ainda não têm laboratórios próprios de pesquisa e desenvolvimento e quase não estão apoiando as pesquisas universitárias. Como uma solução parcial para esse problema, o governo federal estabeleceu os Fundos Setoriais, sistema baseado na taxa de empresas para financiar as pesquisas nas suas áreas de produção.

Por consequência, os financiamentos de pesquisa cresceram substancialmente, apesar de terem sido financiados principalmente pelo governo. Recentemente, Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia foram instituídos pelo Governo Federal por meio de uma competição nacional, seguindo passos bem-sucedidos de programas anteriores como os Institutos do Milênio (2001) e as Redes Nacionais de Pesquisa (2006). Esses grandes projetos temáticos permitiram o estabelecimento de redes de pesquisadores selecionados por excelência, que podem hoje em dia trabalhar em forte colaboração em projetos financiados a longo prazo. Centros estratégicos de pesquisa também foram criados e financiados, como o Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (Cetene); a Divisão de Metrologia Material (Dimat) do Inmetro; e o Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol em São Paulo (CTBE). O Cetene é parte de um grande projeto para induzir um forte desenvolvimento nas regiões mais pobres do Brasil (norte e nordeste). A Dimat representa um avanço para desenvolver o estado da arte da metrologia científica no país: opera o primeiro microscópio eletrônico com correção de aberração esférica do hemisfério sul. O CTBE representa o investimento do governo brasileiro para manter a posição de liderança do Brasil como uma das fontes mais importantes do mundo em energia renovável. Indo agora para o nível pessoal, o financiamento de pesquisa por pesquisador no Brasil está no mesmo nível se comparado às nações mais ricas, apesar de que, quando o mesmo valor é avaliado per capita, uma grande discrepância ainda é vista. Isso mostra que, apesar do recente crescimento em números, a comunidade de pesquisa no Brasil ainda é relativamente pequena.

O Brasil tem massa crítica?

A atual economia estável do Brasil está permitindo ao país atacar o seu mais sério problema social, o baixíssimo nível educacional da população, que está associado à grande disparidade de renda. Apesar de em 2003 o Brasil ter gasto R\$ 18 bilhões de reais em educação básica, em 2010 o Departamento de Educação Brasileiro investiu R\$ 59 bilhões. Nos últimos cinco anos, 13 novas universidades federais foram construídas, bem como mais de cem novos campi para as já existentes. O número de estudantes nas universidades federais dobrou nos últimos oito anos. O programa para combater o analfabetismo acontece hoje em cerca de 2.000 cidades com índices maiores que 25%. A média de anos na escola básica em 1992 estava abaixo de

cinco, enquanto em 2008 passou de sete anos. O estado atual da educação de graduados e não-graduados é discutido abaixo.

A população brasileira é de quase 193 milhões, com 28,5% com idade entre 15 e 29 anos. De acordo com o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, em 2008, mais de 2.000 institutos de educação ofereceram quase 25.000 cursos para não-graduados. Mais de três milhões de lugares foram oferecidos por processo seletivo em programas de não-graduação que têm mais de 300.000 professores. Muitos colegas estão ligados ao setor privado (mais de 90%), enquanto as universidades estão equilibradamente distribuídas entre os setores público e privado.

Em 2009 existiam mais de 4.000 cursos de graduação no Brasil, incluindo 1.500 programas de PhD (34,4%) e mais de 52.000 professores. No fim de 2009, eram 160.000 estudantes de graduação e 58.000 em programas de PhD; este número estava abaixo de 1.000 no começo dos anos 80. Curiosamente, existe uma relação direta entre o número de PhDs e o número de artigos publicados em revistas com circulação internacional. Também é notável a mudança nas modalidades de bolsas de estudo dadas pelo CNPq e pela Capes para os estudantes e pesquisadores brasileiros nos últimos seis anos: primeiro o número de bolsas para o interior aumentou em 50% enquanto o número de bolsas para estudar no exterior parou de crescer. Segundo, entre essas bolsas para estudar no exterior, o número de bolsas para desenvolver um programa de PhD em outro país reduziu em cerca de 50%, enquanto o número de intercâmbios de curta duração (visita a projetos, post docs e licenças) aumentou. Essas mudanças indicam a maturidade dos programas de graduação brasileiros. Felizmente, o número de pesquisadores e estudantes indo para o exterior e não retornando ao Brasil é muito baixo, uma vez que os brasileiros são geralmente muito ligados a sua cultura e o país é capaz de garantir uma boa estrutura de trabalho para novos pesquisadores.

O status da pesquisa material no Brasil

Com infraestrutura apropriada, investimentos e níveis educacionais, existe atualmente no Brasil uma comunidade relativamente grande de físicos, químicos e engenheiros fazendo pesquisa de alto nível em ciência de materiais. Por exemplo, o Encontro Nacional de Física da Matéria Condensada, da Sociedade Brasileira de Física, começou com 80 participantes em 1978 e acontece anualmente, com cerca de 1300 participantes em 2010. A Sociedade Brasileira de Pesquisa Material, fundada em 2001, também se encontra anualmente com quase o mesmo número de participantes. A visibilidade internacional dessa comunidade também cresceu, como indicado pela organização de várias conferências internacionais como a Oitava Conferência Internacional na Ciência e Aplicação de Nanotubos; a Conferência Internacional na Física de Semicondutores; e a Conferência Internacional de Materiais Avançados, todas realizadas no Brasil. O país também recebeu prêmios internacionais. Por exemplo, o prêmio Somiya de 2009 da União Internacional de Sociedades de Pesquisa Material reconheceu a importância de sete pesquisadores no campo de carbono, e três deles eram do Brasil. O número de artigos e citações também cresceu bastante.

Esse crescimento no tamanho da comunidade de ciência material também fica evidente pelo número de publicações. Até agora em 2010 foram cerca de 1000 artigos brasileiros em revistas especializadas em ciência de materiais. Apesar desse número ser apenas uma pequena ordem

de grandeza se comparado a países como Alemanha, Inglaterra, França e Estados Unidos, ele tem crescido exponencialmente nas últimas décadas. O cenário é muito parecido para a física da matéria condensada, com cerca de 3.000 artigos e mais de 40.000 citações; de novo não ainda no nível de outros países, mas muito maior do que nas décadas passadas.

Um quadro mais problemático surge se olharmos para publicações que refletem inovação, avanços claramente conceituais. Como exemplo, podemos apenas considerar as publicações em uma revista como a *Nature Materials*: nos últimos oito anos a revista publicou mais de 800 artigos de autores dos Estados Unidos, mais de 200 do Reino Unido, mais de 100 do Japão, e apenas quatro do Brasil. Outro exemplo é o número de patentes: das 499 patentes brasileiras requisitadas para o Escritório de Marcas e Patentes dos Estados Unidos em 2008, apenas 131 foram concedidas, um número muito baixo para um país que quer transferir seus resultados para a sociedade.

Aproximando-se do ponto crítico

Brilhantes sinais na ciência e na inovação, como o trabalho de Santos Dumont e Chagas, não parecem ter inspirado no Brasil uma “produção em massa” de mentes inovadoras. Existe uma infraestrutura muito respeitável: mais de 800.000 estudantes brasileiros graduados em 2008; o tamanho da comunidade de pesquisa e o investimento disponível para pesquisa vão provavelmente continuar a crescer em um ritmo acelerado. Com o crescimento econômico sustentável e o considerável aumento do nível educacional no Brasil, chegou a hora de uma transição entre uma sólida ciência para uma pesquisa realmente inovadora. O que é necessário é uma fase de transição que deve ser baseada em dois aspectos fortemente relacionados. Por um lado, o país precisa de uma conexão mais próxima entre a economia e a ciência, com o envolvimento do setor industrial nacional - é preciso ressaltar que menos de um quinto dos cursos de graduação no Brasil são orientados tecnologicamente. Por outro lado, entretanto, os próprios pesquisadores precisam focar em aspectos de fronteira de problemas mais arriscados mas potencialmente mais relevantes, submetendo seu trabalho a revistas de mais visibilidade, sempre que encontrarem resultados animadores, ao invés de focar na publicação de resultados parciais para aumentar o número de artigos. Somente assim, os pesquisadores podem construir a base científica para o desenvolvimento econômico e social com forte participação do setor industrial nacional. Quando houver essa mudança na atitude, não teremos que esperar muito para que a ciência brasileira explore todo seu potencial e alcance o nível de excelência apreciado por outros países.

*Esta matéria foi publicada na revista *Nature Materials*, edição de julho de 2010.