

PARA QUE SERVE A PESQUISA BÁSICA?

H. Moysés Nussenzveig

Professor do Departamento de Física da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

1 - 35 

Recentemente, um dos pesquisadores mais destacados em nosso país, cujos trabalhos são subvencionados por uma das principais agências financiadoras de pesquisa, recebeu dela uma carta contendo o parecer de especialistas consultados sobre seu desempenho na execução do projeto apoiado pela agência. O parecer era dos mais elogiosos, ressaltando a excelência dos resultados obtidos e o alto nível das pesquisas realizadas. Depois de transmitir efusivas congratulações ao pesquisador pelo sucesso de seu trabalho, a carta terminava com uma solicitação: poderia ele esclarecer a agência sobre para que serviam suas pesquisas?

Conta-se que um novo-rico, planejando adquirir um iate, consultou um milionário, dono de vários, sobre o custo mensal da manutenção. "Meu filho" — teria sido a resposta — "se você tem de perguntar isto, desista: você não tem condições de sustentar um iate." Talvez tenha ocorrido ao pesquisador transmitir à agência uma resposta análoga. Não creio que o tenha feito, mas acredito que deva ter ficado muito preocupado com a renovação do financiamento a seu projeto.

Estamos atravessando mais um dos períodos, que tendem a recorrer ciclicamente, em que o governo, financiador exclusivo da pesquisa básica, coloca em questão a sua utilidade. Exercem-se pressões sobre os pesquisadores para que obtenham resultados de aplicação imediata, concentrando seus esforços nas áreas que o governo considera prioritárias. Isto ocorre especialmente em épocas de crise econômica — não só no Brasil como também em países mais desenvolvidos — e constitui uma ameaça muito séria à sobrevivência da pesquisa, tanto básica como aplicada.

A incompreensão dos objetivos da pesquisa básica não se restringe a alguns tecnocratas governamentais. Entre os próprios pesquisadores, há facções questionando a validade da pesquisa de padrão internacional, cujo caráter "elitista" ou "cientificista" ou "alienado" constituiria um luxo injustificável num país subdesenvolvido. Em comum com os tecnocratas, pleiteiam que só se faça pesquisa "relevante para os interesses nacionais", diferindo apenas na forma de definir esses interesses: em lugar do modelo econômico voltado para exportação, defendem a causa da "ciência para o povo".

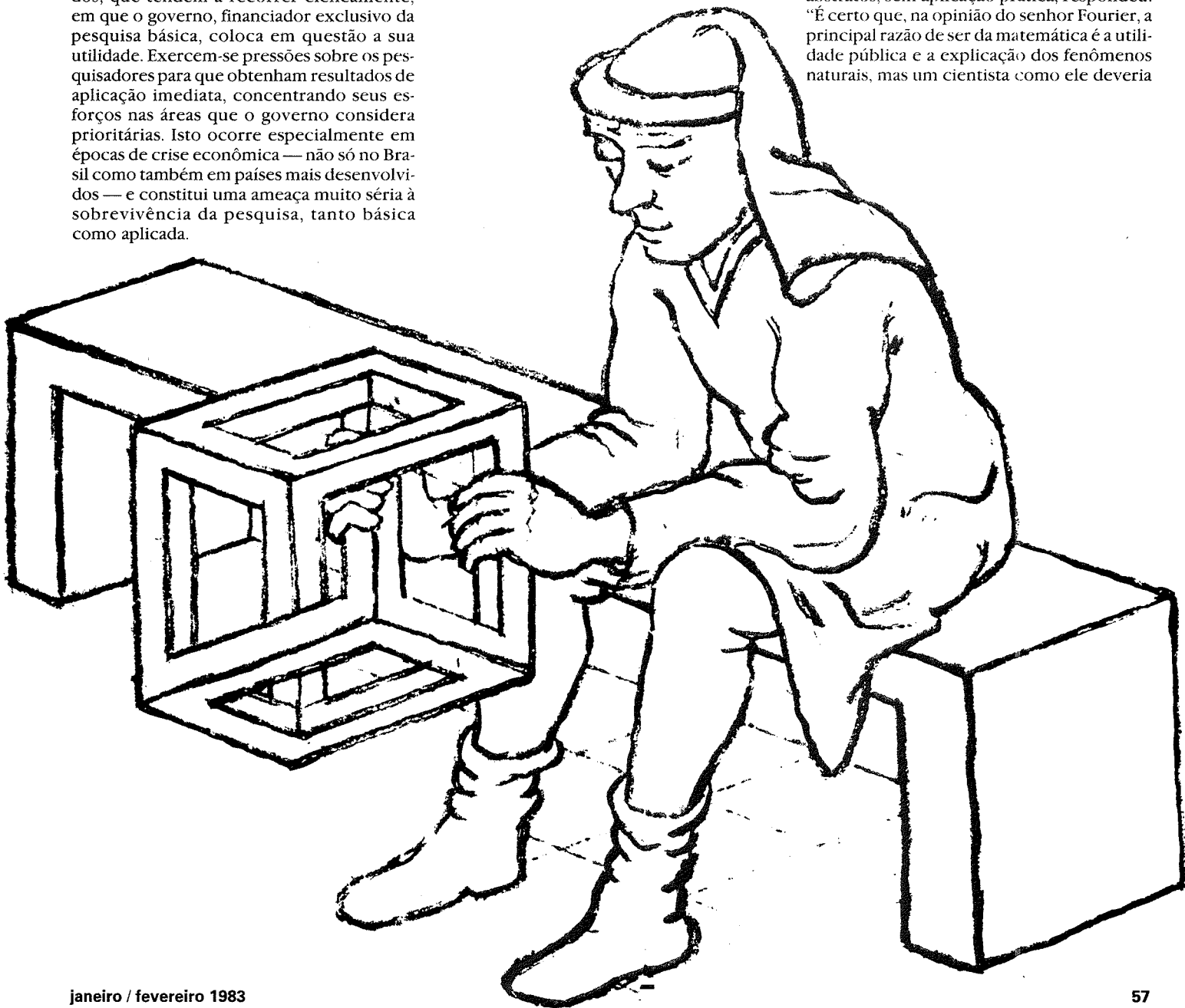
Quando entre esses dois extremos, o cientista voltado para a pesquisa básica precisa ser socorrido. Vale a pena examinar as razões que justificam apoiar vigorosamente a pesquisa básica em qualquer país, e em particular no nosso, em qualquer época, inclusive — e até por mais forte razão — numa época de recessão econômica.

Uma das anedotas do inesgotável filão que tem como personagem central o grande matemático David Hilbert conta que, certa vez, ele foi chamado por seu colega Felix Klein,

que havia adoecido, a fim de substituí-lo na tarefa de proferir o discurso de abertura de um congresso importante, realizado no princípio do século. Klein estava preocupado com o estreitamento dos vínculos entre pesquisa básica e aplicações, e instruiu Hilbert no sentido de ressaltá-los. Hilbert teria iniciado sua alocução dizendo: "Fala-se muito na hostilidade que existiria entre cientistas, preocupados com a pesquisa pura, e engenheiros, voltados para aplicações tecnológicas. Entretanto, nunca houve, não há e nem poderá haver uma tal hostilidade, porque cada um dos lados não tem absolutamente nada a ver com o outro!"

Hoje em dia, é aceito como um lugar-comum que pesquisa básica e desenvolvimento tecnológico são profundamente interdependentes, mas a anedota é válida como ilustração de um dos pontos principais onde faz sentido estabelecer uma distinção entre eles: a atitude do pesquisador.

Outro grande matemático, Jacobi (que viveu no século passado), fornece um exemplo extremo de apologia da pesquisa "pura". Quando admoestado por Fourier de que estaria perdendo tempo com problemas abstratos, sem aplicação prática, respondeu: "É certo que, na opinião do senhor Fourier, a principal razão de ser da matemática é a utilidade pública e a explicação dos fenômenos naturais, mas um cientista como ele deveria



saber que a única finalidade da ciência é servir para a honra do espírito humano, e que deste ponto de vista uma questão sobre números vale tanto quanto uma questão sobre o sistema do mundo."

A relação entre matemática e ciências naturais se assemelha um pouco à relação entre estas e a tecnologia. Por mais "pura" que a matemática pretenda ser, ela acaba tendo importantes aplicações inesperadas, o que vale, em particular, para os "problemas abstratos" em que Jacobi estava empenhado. Reciprocamente, os métodos inventados por Fourier para resolver problemas físicos concretos acabaram tendo uma fertilidade extraordinária no desenvolvimento da matemática pura.

A atitude típica do pesquisador engajado em pesquisa básica é *exploratória*, contrastando com o desenvolvimento tecnológico, que corresponde à execução de uma tarefa encomendada, cujas etapas devem estar previstas de antemão.

O explorador, na expressão de Baudelaire, mergulha "no fundo do Desconhecido para encontrar o *novum*". Como Colombo, pode acabar descobrindo a América quando o objetivo inicial era atingir as Índias. A incerteza e o elemento de surpresa são característicos.

No desenvolvimento tecnológico, pelo contrário, procura-se minimizar a incerteza e eliminar surpresas. Podemos compará-lo a uma viagem através de um território já demarcado e bem conhecido, em que se trata de chegar no horário previsto a um objetivo predeterminado.

O que a pesquisa básica produz de mais valioso não costuma ser colocado entre as justificativas de projetos apresentados a agências financiadoras: contribuir para a compreensão do mundo.

A motivação primordial da ciência é a curiosidade — querer saber como as coisas funcionam, entender a natureza, a "máquina do mundo" de Camões e de Drummond. De que são feitas as coisas? O que é a vida? Qual a origem do Universo?

Em sua autobiografia científica, Einstein descreveu nestes termos o que o motivou: "Lá fora se encontrava este vasto mundo, que existe independentemente de nós, seres humanos, e que nos enfrenta como um grande e eterno enigma, acessível pelo menos parcialmente a nosso escrutínio e pensamento. A contemplação deste mundo convidava como uma liberação..."

Nossa imagem do mundo tem sido profundamente marcada pela ciência: o modelo heliocêntrico de Copérnico, a gravitação universal de Newton, a teoria de Darwin da evolução, a relatividade de Einstein, a teoria atômica da matéria, a biologia molecular, alteraram nossa concepção do Universo e do lugar que nele ocupamos.

Estas conquistas da pesquisa básica incorporaram-se ao patrimônio cultural da humanidade. Como colocar um preço, como estimar o valor de tais contribuições?

A utilidade da ciência tem sido questionada desde os seus primórdios. Talvez o registro mais antigo seja a história do estudante que teria perguntado a Platão para que serviam os teoremas abstratos que estava expondo. Platão teria ordenado a um escravo que desse uma moeda ao estudante, como lucro material de sua aprendizagem, dispensando-o ao mesmo tempo de sua escola.

Quando estava depondo perante o Congresso dos Estados Unidos sobre o orçamento solicitado pelo Fermilab para a construção de um dos maiores aceleradores de partículas do mundo, perguntaram ao físico Robert Wilson se o acelerador seria útil para a defesa do país. Ele respondeu: "Não senhor. Mas tornará o país mais digno de ser defendido."

O valor cultural da ciência pode ser comparado com o da pintura, da música, da literatura. As artes são mais diretamente acessíveis à compreensão do público e encontram patronos individuais. Cabe aos cientistas a responsabilidade de divulgar suas descobertas, esclarecer o seu significado, o que é a principal finalidade desta revista.

A pesquisa básica não pode ser planejada a partir de gabinetes governamentais. Ao escolher os temas que vai investigar, o pesquisador é motivado pela lógica interna de sua disciplina, por um sentimento intuitivo em que aspectos estéticos desempenham muitas vezes um papel importante, como ocorre com o artista.

É claro que os cientistas, como qualquer ser humano, são freqüentemente movidos por motivações menos nobres, como a vaidade e o desejo de prestígio — a conquista do Prêmio Nobel a qualquer preço, como

confessa Watson em *A dupla hélice*. Entretanto, ainda na expressão de Einstein, se fossem expulsos todos os vendilhões do templo da ciência, ele ficaria bem mais vazio — mas nunca teria sido erguido sem os que lá permaneceriam.

Argumentos sobre valor cultural não tendem a sensibilizar os responsáveis pela distribuição de verbas para pesquisa. Usualmente eles prestam mais atenção quando se menciona a palavra "tecnologia".

Os economistas reconhecem na inovação a mola propulsora do desenvolvimento. Quanto a inovação deve à pesquisa básica foi enfatizado pelo físico Hendrik Casimir, que dirigiu durante muitos anos os laboratórios de pesquisa da Phillips, na Holanda, tendo adquirido grande experiência na indústria eletrônica.

"Tenho ouvido afirmar que o papel da pesquisa acadêmica na inovação é pequeno. Este é o absurdo mais gritante com que já tive ocasião de me deparar.

Certamente se poderia especular de forma ociosa sobre a possibilidade de que os transistores tivessem sido descobertos por pessoas sem qualquer formação em mecânica quântica ou que não tivessem contribuído à teoria dos elétrons nos sólidos. Acontece que os inventores dos transistores tinham essa formação e haviam contribuído para essa teoria.

Pode-se perguntar se os circuitos básicos dos computadores poderiam ter sido encontrados por pessoas interessadas em construir computadores. Acontece que foram descobertos na década de 30, por físicos lidando com métodos de contagem de partículas nucleares, por estarem interessados em física nuclear.

Pode-se perguntar se a energia nuclear teria resultado do interesse de pessoas em desenvolver novas formas de energia, ou se esta motivação teria levado à descoberta do núcleo. Talvez — só que não foi assim que aconteceu: houve os Curies e Rutherford e Fermi e mais alguns outros.

Poder-se-ia perguntar até se as bobinas de indução dos automóveis não poderiam ter sido produzidas por empresas desejosas de fabricar transporte motorizado, o que as teria levado, talvez, a esbarrar com as leis da indução eletromagnética. Mas as leis da indução já haviam sido encontradas por Faraday com muitas décadas de antecedência.

Ou então se, motivado pelo desejo de melhorar as comunicações, alguém teria descoberto as ondas eletromagnéticas. Elas não foram encontradas dessa forma, porém.



Cristóvão Colombo



Marie Curie



Ernest Rutherford

Foram produzidas por Hertz, que enfatizava a beleza da física e baseou seu trabalho nas considerações teóricas de Maxwell. Acreditado que talvez não haja praticamente nenhum exemplo de inovação no século vinte que não esteja vinculado desta forma ao pensamento científico básico."

Faraday, um dos maiores físicos experimentais de todos os tempos, era também um grande divulgador, atraindo um público considerável para suas conferências na Royal Institution. Numa delas, fez uma demonstração de sua grande descoberta, o fenômeno da indução eletromagnética. Mostrou que, inserindo ou retirando um ímã de uma bobina ligada a um galvanômetro, produzia-se uma corrente elétrica. Depois da conferência, foi procurado por um dos espectadores (segundo uma versão, a própria rainha Vitória), que lhe afirmou ter achado a experiência muito interessante, mas... para que jamais serviria um efeito como esse? Faraday retrucou: "Para que serve um bebê?"

Em menos de meio século, o "bebê" cresceu e transformou o mundo, dando origem a toda a indústria de energia elétrica, que não existiria sem ele. Itaipu é descendente direta do "bebê" de Faraday.

Quando Rutherford estava desenvolvendo as experiências que deram origem à física nuclear, em 1918, deixou de comparecer a uma reunião convocada pelo governo inglês para contribuir ao esforço de guerra. Questionado sobre sua ausência, justificou-a nos seguintes termos: "Cavalheiros: o que estou fazendo será mais importante do que a sua guerra."

Para mostrar que o pesquisador nem sempre é um bom profeta, basta lembrar que o próprio Rutherford declarou em 1933: "Quem quer que espere obter uma fonte de energia a partir da transmutação destes átomos está sonhando." Nove anos mais tarde, o primeiro reator nuclear, construído por Fermi, estava operando. Rutherford já não era vivo, mas vale a pena lembrar suas palavras quando explicou que a motivação das pesquisas nucleares não era produzir uma nova fonte de energia: "A verdadeira motivação é mais profunda: está ligada à compulsão e ao fascínio contidos na busca de um dos segredos mais recônditos da natureza."

Num clássico da literatura americana do século XIX, *Looking Backward*, o romancista Edward Bellamy procurou formular uma Utopia para o ano 2000. Previu que, nessa so-

cidade do futuro, todos poderiam desfrutar do privilégio de ouvir música em casa, devido ao desenvolvimento da indústria de pianolas mecânicas. Podemos imaginar planejadores governamentais daquela época decidindo financiar pesquisas de desenvolvimento tecnológico voltadas para esse objetivo. Certamente não iriam desperdiçar dinheiro subvencionando as pesquisas básicas de Hertz sobre a produção de ondas de rádio!

Poucas pessoas tiveram uma mentalidade mais prática do que Thomas Edison, que registrou 1.300 patentes durante sua carreira. Após a invenção da lâmpada elétrica, ele procurou de todas as formas possíveis prorrogar a vida útil do filamento incandescente (a propósito, o Brasil, grande produtor de tungstênio, continua importando todos os filamentos de tungstênio aqui empregados!). Uma das tentativas que fez consistiu em colocar um fio metálico perto do filamento. A experiência fracassou, mas Edison observou a passagem de uma corrente elétrica através do vácuo entre o filamento e o fio. Ele não entendeu o efeito e não vislumbrou qualquer aplicação prática para ele (nem por isso deixou de patentear-lo).

Nas décadas seguintes, a pesquisa básica, através da descoberta do elétron, forneceu a explicação do "efeito Edison", hoje conhecido como efeito termoiônico. Foi ele que permitiu construir válvulas eletrônicas e desenvolver toda a indústria eletrônica até a invenção do transistor. A única descoberta fundamental de Edison, aquela que teve as aplicações práticas mais importantes, foi essa, para a qual ele não via aplicação possível.

Walter Brattain, um dos inventores do transistor, escreveu: "O transistor surgiu porque o conhecimento básico havia evoluído até o ponto em que se tornara possível compreender fenômenos já observados muito tempo antes. Tratando-se de um dispositivo com conseqüências tecnológicas tão importantes, é digno de nota que a descoberta crucial originou-se de trabalhos que objetivavam a compreensão de fenômenos físicos fundamentais, e não de tentativas de produzir um dispositivo útil."

Mesmo em áreas onde a pesquisa tende a ser fortemente orientada para uma missão específica, como a área médica, alguns dos avanços mais importantes têm-se originado da pesquisa básica.

É bem sabido que a penicilina foi descoberta por acaso, quando Alexander Fleming observou, em 1929, que suas culturas de bactérias estavam sendo destruídas por alguma substância produzida por uma variedade de mofo. O progresso ulterior na utilização de antibióticos, especialmente diante

do aparecimento de germes resistentes, tornou-se possível graças à determinação da estrutura da penicilina por Dorothy Crowfoot, em 1944. A técnica utilizada, a cristalografia de raios X, foi desenvolvida por um físico, Lawrence Bragg, motivado por seus interesses em pesquisa básica.

Essa mesma técnica permitiu a Watson e Crick chegar à descoberta mais importante da biologia moderna, a estrutura de dupla hélice do ADN. Recentemente, Watson observou:

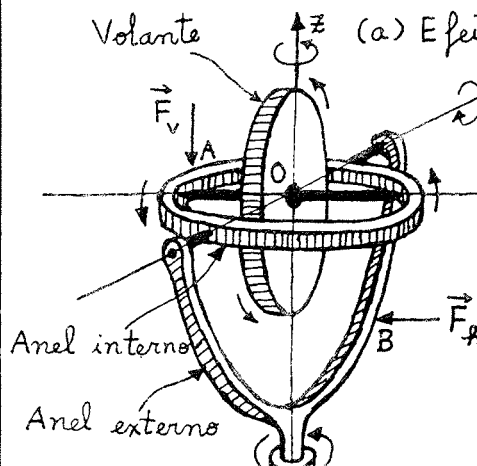
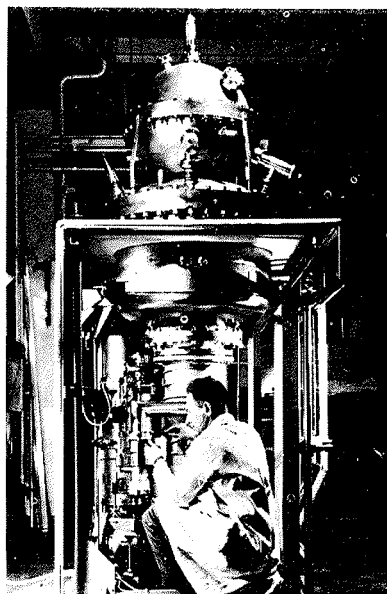
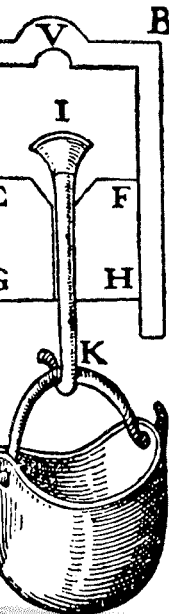
"A elucidação da estrutura de dupla hélice do ADN em 1953 não provocou nenhuma comoção fora do pequeno círculo de especialistas ativos nesse campo (...) podíamos agora abordar a genética a nível molecular (...) e adquirir informações básicas sobre a estrutura e função dos genes. Mas não previmos nenhuma aplicação prática para o mundo em nosso redor e muito menos qualquer razão para que o homem da rua (...) tivesse conhecimento de nossa existência (...). Hoje em dia a pesquisa em genética molecular tem o poder de alterar a vida em escala nunca antes concebível."

Entre as aplicações da engenharia genética que estão sendo desenvolvidas atualmente, encontram-se a produção de novas vacinas, de insulina e de outros medicamentos, a fixação direta do nitrogênio pelas plantas, que poderia revolucionar a agricultura, e o controle de vazamentos de óleo.

Este último exemplo ilustra outra área de importância crescente: as aplicações da pesquisa básica no controle de efeitos indesejáveis da tecnologia, como a poluição ambiental. A título de ilustração, pode ser citada a descoberta dos efeitos nocivos que certos propelentes empregados em aerossóis têm sobre o ozônio da estratosfera, que fornece proteção contra a radiação ultravioleta. O grupo que descobriu esses efeitos estava estudando a química da atmosfera do planeta Vênus, um assunto aparentemente esotérico e sem perspectivas de aplicação prática.

O intervalo entre um descobrimento na pesquisa básica e suas aplicações tecnológicas tende a reduzir-se cada vez mais; de intervalos típicos de algumas décadas no início do século, chegamos hoje em dia a intervalos de poucos anos, como nos casos do transistor e do laser.

As perspectivas econômicas dos países mais desenvolvidos estão estreitamente vinculadas à posição conquistada nesta corrida, em que indústrias de alta tecnologia, como a de microprocessadores, tendem a adquirir



um papel dominante. O Japão, que ocupa uma posição de vanguarda neste campo, investe maciçamente em educação desde o início do século, e seus investimentos em pesquisa, tanto básica como de desenvolvimento, têm crescido continuamente.

Além das repercussões tecnológicas diretas da pesquisa básica, é preciso considerar também seus efeitos indiretos ou "subprodutos", que são ainda mais numerosos e imediatos. A pesquisa de vanguarda requer em geral o desenvolvimento de uma tecnologia mais sofisticada do que a disponível no momento, que acaba sendo incorporada a curto prazo pela indústria para utilização comercial. As técnicas modernas de computação, que se originaram, como vimos, da física nuclear, beneficiam-se cada vez mais, hoje em dia, de avanços desenvolvidos em laboratórios de física das altas energias.

O grande laboratório europeu que compete com o Fermilab, o CERN (Centro Europeu de Pesquisas Nucleares), promoveu em 1977 um estudo sobre os benefícios que os primeiros vinte anos de seu funcionamento trouxeram para a indústria dos países europeus que o sustentam. Os resultados demonstraram que os lucros já eram superiores ao investimento feito nesse período. Por conseguinte, mesmo num domínio aparentemente remoto de aplicações imediatas, como a física de alta energia, o investimento foi recuperado em pouco tempo, levando em conta apenas os "subprodutos" da pesquisa básica.

Reciprocamente, o desenvolvimento tecnológico também exerce uma influência importante sobre a pesquisa básica. Além de suprir grande parte dos instrumentos de trabalho, pode inclusive levar a descobertas fundamentais, como a da radiação térmica de fundo de 3°K, encontrada por acaso numa pesquisa tecnológica nos laboratórios da Bell, e que constituiu uma das principais verificações do modelo padrão da origem do Universo. A simbiose entre ciência e tecnologia é hoje tão estreita que qualquer tentativa de demarcação de fronteiras nítidas entre elas está fadada ao insucesso.

Considerações como as que foram expostas acima não abalam a firme convicção de determinadas pessoas de que é inútil fomentar a pesquisa básica em nosso país. Admitir a validade das teses para países desenvolvidos, argumentam, não equivale a reconhecer sua aplicabilidade ao nosso caso.

Já em 1923, Amoroso Costa observava: "Daí a opinião quase unanimemente admitida entre nós: a ciência é útil porque dela precisam os engenheiros, os médicos, os industriais, os militares; mas não vale a pena fazê-la no Brasil porque é mais cômodo e mais barato importá-la da Europa, na quantidade que for estritamente suficiente para o nosso consumo. Tal a mentalidade dominante entre aqueles que nos educam e, por mais forte razão, entre aqueles que nos governam." O "modelo econômico brasileiro" não mudou muito de lá para cá!

Nada caracteriza melhor o subdesenvolvimento e a mentalidade de colônia do que essa atitude, desgraçadamente preponderante "entre aqueles que nos governam". Afirma-se que "não vamos reinventar a roda", que nunca conseguiremos recuperar o nosso atraso, que é melhor comprar pacotes tecnológicos prontos, deixando aos países mais desenvolvidos a iniciativa do investimento em pesquisa básica. As subvenções à pesquisa básica no Brasil são vistas como um desperdício de recursos, como investimentos literalmente "a fundo perdido", na expressão empregada por economistas para designar aplicações sem retorno.

Essa atitude reflete um profundo desconhecimento da comunidade científica nacional, desprezo por suas realizações e descrença em suas potencialidades. Nossos cientistas são encarados como eternos sonhadores, um grupo de desocupados preenchendo seu tempo com especulações abstratas, sem noção das realidades práticas imediatas ou preocupação com problemas verdadeiramente relevantes, como o balanço de pagamentos.

Embora nossa tradição científica seja ainda muito recente e a comunidade diminuta, já podem ser citados inúmeros exemplos mostrando que o retorno da pesquisa básica para o Brasil é muitas vezes superior ao investimento nela feito até agora.

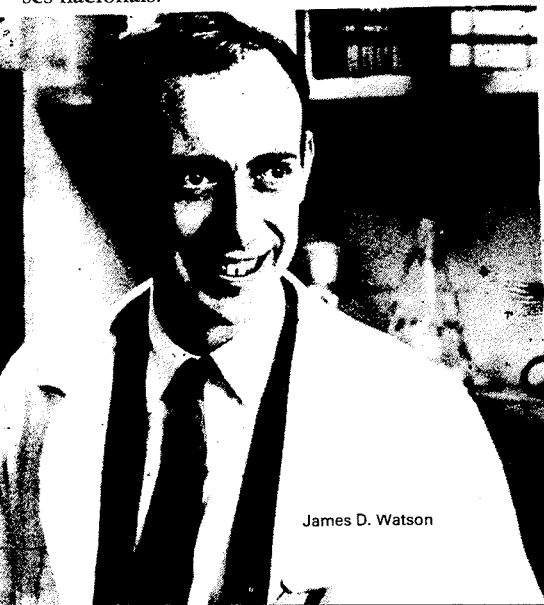
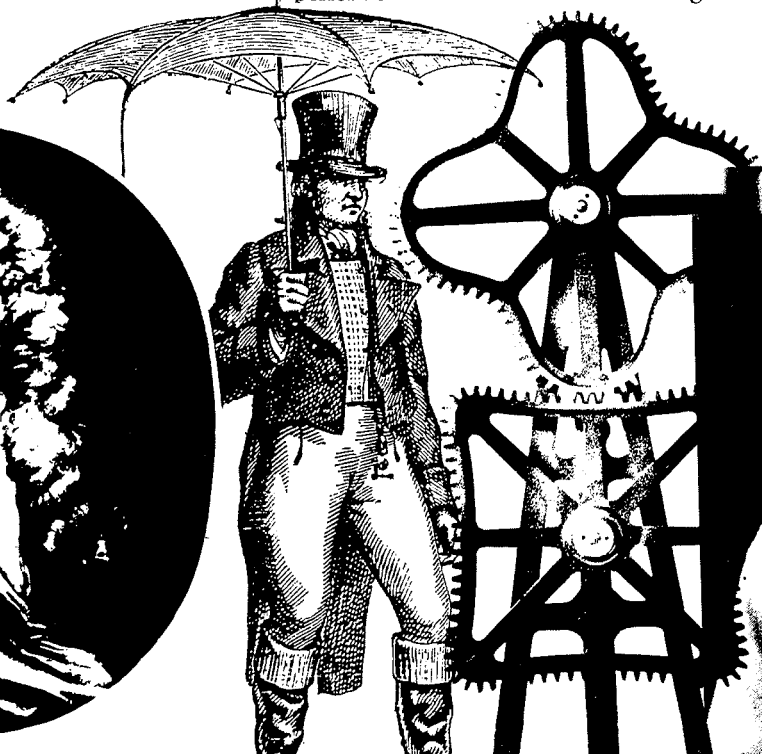
Historicamente, as repercussões práticas mais importantes ocorreram nas áreas de agricultura e saúde pública. Não obstante o caráter eminentemente aplicado dessas áreas, as contribuições mais destacadas foram dadas por equipes de pesquisadores com formação e interesses dominados pela pesquisa básica.

É o que se observa, por exemplo, na época áurea de Manguinhos, resultante do sucesso das campanhas de saneamento básico empreendidas por Oswaldo Cruz (ver "Fundação Oswaldo Cruz", neste número de *Ciência Hoje*). Na abertura dos cursos da Faculdade de Medicina do Rio de Janeiro, em 1928, Carlos Chagas dizia: "Nunca se alegue, para excluir a pesquisa do ensino médico, que não raro o pesquisador se desvia para os domínios da ciência pura, e pouco aproveitará, daí por diante, à evolução da medicina. Eu não sei, em verdade, onde (estão) os limites entre as ciências puras e as de aplicação. A ciência é uma única, e o que hoje representa uma conquista científica abstrata, sem qualquer fundo utilitário, será amanhã uma noção aplicada, às vezes do mais alto alcance prático." E prossegue analisando como exemplo sua própria grande descoberta, a da doença de Chagas, que só pôde ser realizada, na opinião do descobridor, graças à rigorosa formação que teve em pesquisa básica.

O Instituto Agrônomo de Campinas, na primeira fase de suas atividades, tinha uma orientação inteiramente pragmática, voltada apenas para a resolução dos problemas imediatos da agricultura brasileira. Foi uma época bastante infrutífera. Na década de 20, o instituto foi reorganizado, dando-se muito maior ênfase à pesquisa básica. O programa de melhoramento genético de diversas culturas daí resultante permitiu, na década seguinte, o fortalecimento da lavoura algodoeira no estado de São Paulo, sustentando a economia durante a crise do café. Na mesma época, a equipe fundadora do Instituto Biológico conseguia debelar a broca do café e a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz salvava a indústria canieira.

Este efeito aparentemente perverso, de que a obtenção dos resultados práticos desejados não é alcançada sem o fomento à pesquisa básica, tem uma explicação bastante simples. É a pesquisa básica que tende a atrair os melhores talentos, estimulados pelo desafio de lidar com problemas de fronteira. Trabalhos de rotina, sem apelo à criatividade, não motivarão essas pessoas, por mais relevantes que pareçam ser para os interesses nacionais.

sir Isaac Newton



James D. Watson

A criação do Instituto Tecnológico de Aeronáutica, com forte ênfase em pesquisa básica em sua fase inicial, teve um papel central no desenvolvimento da indústria aeronáutica brasileira.

Diversos exemplos recentes da relevância tecnológica de pesquisas realizadas no Brasil podem ser encontrados nos números anteriores de *Ciência Hoje*. Basta citar o sistema de fibras ópticas, a forma mais moderna e eficiente de transmissão de comunicações telefônicas, desenvolvida há pouco mais de uma década. A rede telefônica de Buenos Aires foi recentemente substituída por um sistema deste tipo, adquirido do Japão. Pesquisas básicas executadas na Unicamp em colaboração com a Telebrás permitiram projetar e construir inteiramente no Brasil sistemas de fibras ópticas. Um protótipo já está funcionando no Rio de Janeiro, e dentro do próximo biênio o sistema poderá ser produzido em escala industrial — se resistir às pressões das multinacionais.

Neste exemplo, o Brasil ganha em economia de divisas e em autonomia tecnológica. Mas há outros argumentos talvez até mais poderosos em prol do incentivo à pesquisa básica em nosso país. Há muitos problemas especificamente nossos para a solução dos quais não podemos contar com ajuda externa. É o caso das doenças parasitárias que assolam a nossa população. Não interessa às multinacionais da indústria farmacêutica financiar pesquisas sobre essas doenças características da pobreza, que lhes oferecem poucas perspectivas de lucro.

No caso da malária, as pesquisas mais avançadas, que poderão conduzir à produção de uma vacina, estão sendo realizadas por uma equipe dirigida por brasileiros na Universidade de Nova York (não encontraram condições de trabalho em nosso país). Os trabalhos em andamento utilizam os métodos mais modernos da imunologia, da bioquímica e da biologia molecular, movendo-se nas fronteiras da pesquisa básica para combater uma doença do subdesenvolvimento.

O treinamento em pesquisa básica valoriza o espírito inventivo, a originalidade e independência de pensamento, uma atitude rigorosa e crítica. É preciso saber desenvolver métodos novos para resolver problemas inesperados. O teste crucial do acordo entre o modelo e a realidade, em condições cuidadosamente controladas, prevalece sobre qualquer argumento de autoridade. O contato direto e indireto com a comunidade internacional dos pares tem uma função importante.

Um dos papéis mais relevantes da pesquisa básica num país em desenvolvimento é treinar pessoas com este tipo de formação. Além de sua atividade de pesquisa, elas podem desempenhar um papel catalisador de grande transcendência. Atuando no ensino universitário; modernizam a formação em áreas profissionais como engenharia, medicina e agricultura. Podem contribuir também para o esclarecimento da opinião pública através da discussão crítica de grandes projetos nacionais. Basta mencionar, no Brasil, o programa nuclear, a questão das fontes alternativas de energia e o Programa Grande Carajás.

Estamos enfrentando uma crise econômica de grandes proporções. Alega-se que o financiamento da pesquisa básica terá de sofrer os efeitos da crise, sendo tão duramente afetado quanto muitos outros programas governamentais.

Atitudes deste gênero foram muito bem caracterizadas por Carl Sagan: equivalem a devorar o estoque de sementes numa época de escassez de alimentos. A pesquisa é a semente do desenvolvimento futuro do país, um dos instrumentos mais poderosos para a criação de condições que permitam sobrepujar a crise. A China reconheceu recentemente este fato, ao colocar entre as principais prioridades nacionais a construção de um grande acelerador de partículas nucleares, pelo incentivo que trará à tecnologia de vanguarda.

O fomento à pesquisa básica é um dos investimentos mais lucrativos que um país pode fazer. Como foi expresso por Theodore Schultz, prêmio Nobel de Economia de 1979, "O que constitui a riqueza nos países de alta renda é, primeiramente, a habilidade humana (...) não é possível utilizar com eficiência as muitas e complexas formas do moderno capital físico sem um nível relativamente alto de pessoas habilitadas (...). Para usufruir a totalidade dos avanços da ciência e as novas e produtivas tecnologias que surgem destes avanços, não importa de que país surjam, qualquer nação é obrigada a ter um competente corpo de cientistas e técnicos." Como ainda estamos longe de atingir uma massa crítica na maioria das áreas do conhecimento, a formação de recursos humanos continua sendo tarefa primordial.

compatível com o bom aproveitamento dos recursos. No Brasil, este nível, embora bastante superior ao atual, é ainda insignificante em confronto com outros gastos muito menos produtivos que estão sendo efetuados.

Verbas consideráveis têm sido desperdiçadas na compra de pacotes inutilizáveis, ou em programas mirabolantes, rotulados de desenvolvimento tecnológico, que prometem resultados práticos imediatos sem que haja condições de executá-los, ou sem que tenham a relevância que lhes é atribuída.

A defesa da pesquisa básica não implica diminuir a importância do desenvolvimento tecnológico; pelo contrário, é a melhor forma de incentivá-lo, dando-lhe uma sólida base de sustentação. Muitos de nossos cientistas têm-se esforçado para contribuir neste sentido. Entretanto, o caráter dependente de nossa economia, a preferência pela importação de pacotes tecnológicos — inclusive por empresas estatais — são um reflexo do modelo econômico vigente. A concretização dos esforços pela criação de uma tecnologia autônoma acaba esbarrando em dificuldades decorrentes deste modelo.

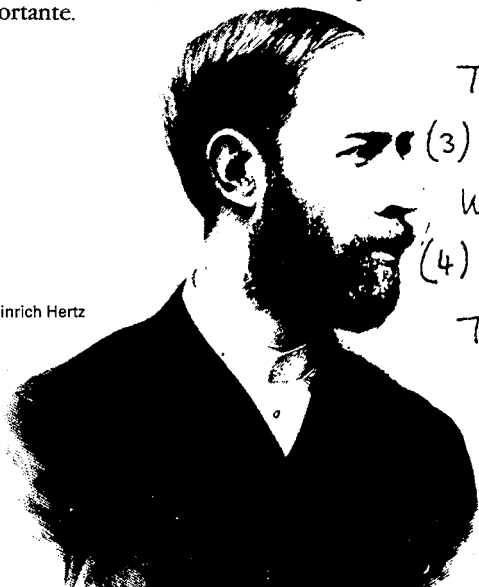
Assim, a capacitação tecnológica nacional depende, acima de tudo, de decisões políticas e econômicas governamentais, para cuja formulação os pesquisadores brasileiros, juntamente com a imensa maioria da população, não têm sido chamados a opinar. Esperamos que a participação efetiva de todos nas decisões sobre as grandes prioridades nacionais venha permitir o desenvolvimento harmonioso da ciência e da tecnologia em nosso país.



SUGESTÕES PARA LEITURA

- KONE, E.H., e JORDAN, H.J. (orgs.). *The Greatest Adventure*. Nova York, Rockefeller Univ. Press, 1974.
- LEDERMAN, L.M. "Viewpoint from Fundamental Science". NSF Workshop: Basic Research and Development. Batavia, Illinois, Fermilab, 1982.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. *Physics in Perspective*. Washington, 1972.
- SCHWARTZMAN, S. *Formação da comunidade científica no Brasil*. São Paulo, Ed. Nacional, 1979.
- WEISSKOPF, V.F. "The Significance of Science", in *Physics in the 20th Century*. Cambridge, MIT Press, 1972.

Heinrich Hertz



Time dependent Schrödinger equation

$$(3) \quad \nabla^2 \psi + \frac{2mi}{\hbar^2} \psi = 0$$

 Written also as

$$(4) \quad i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi$$

 Time dep. equ. (Assuming (2))

Comments: ψ complex

