



CNPq

CONSELHO NACIONAL  
DE DESENVOLVIMENTO  
CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

ANAIS  
DO  
SEMINÁRIO INTERNACIONAL  
DE  
ESTUDOS SOBRE POLÍTICA CIENTÍFICA

RIO DE JANEIRO

6 A 10 DE MARÇO, 1978

## ASPECTOS HISTÓRICOS DAS RELAÇÕES ECONÔMICAS DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA

*APRESENTAÇÃO: Dr. Jean-Jacques Salomon*

Dentre os economistas dedicados ao estudo do desenvolvimento de atividades científicas e tecnológicas, poucos, eu creio, são mais conceituados e mais competentes do que Nathan Rosenberg. Ele introduziu na Economia o estudo das atividades científicas e tecnológicas em sua dimensão histórica, de modo que considero essencial que muitos historiadores da ciência e da tecnologia tomem conhecimento dos seus escritos sobre o tema. Portanto, quando pensamos em organizar este seminário, ninguém seria mais indicado para apresentar tal dimensão econômica da ciência e da tecnologia do que Nathan Russel Rosenberg.

Quero acrescentar ainda que, atualmente, ele é catedrático do Departamento de Economia da Universidade de Stanford, Conselheiro em vários órgãos nos Estados Unidos e, também, da OECD, onde participa juntamente comigo de uma atividade prioritária, denominada Ciência e Tecnologia no Contexto da Nova Economia Social. Nessa atividade, seu encargo é avaliar aquilo que conhecemos sobre a economia de P&D e, também, compreender, face às dificuldades existentes, o que deveria e poderia ser a orientação futura dos programas científicos. Neste trabalho, naturalmente, sentimo-nos plenamente confiantes em sua competência e sabedoria. Passo-lhe então a palavra.

*CONF.: Prof. Nathan Rosenberg*

Quero dizer que é a primeira vez que tenho o prazer de vir ao Brasil. Alguns dos visitantes estrangeiros com quem faço esta viagem já estiveram aqui, mas para mim é a primeira vez. Quero simplesmente externar o imenso prazer que sinto de estar aqui.

Gostaria de dar ênfase àquilo que o professor Salomon afirmou, isto é, dizer do meu interesse em olhar a história da ciência sob um ponto de vista muito especializado. Certamente, não do ponto de vista do historiador da ciência. Não sou um historiador da ciência. Toda ciência que conheço limita-se aos conhecimentos oriundos da leitura de revistas como a *Scientific American*. Estou especialmente interessado nas relações existentes no passado entre o esforço científico e o desenvolvimento econômico, e as minhas observações serão, em grande parte, limitadas à experiência dos países capitalistas adiantados da Europa Ocidental e da América do Norte.

Obviamente, a resposta à questão das relações passadas entre a ciência e desenvolvimento econômico dependerá, em parte, de como definiremos ciência. É possível, adotando-se uma definição ampla de ciência, que esta abarque no seu âmbito todos os aumentos na produtividade dos recursos que se encontram no seio do processo de desenvolvimento econômico. Afinal, toda melhoria na produtividade poderá ser associada a algum incremento do conhecimento humano, seja ele recente ou antigo. De modo que, se incluirmos todos esses incrementos do conhecimento humano sob a rubrica de ciência, naturalmente o desenvolvimento econômico tornar-se-á virtualmente inseparável de tais incrementos. Porém, esta não é, na verdade, a definição que desejo usar. Apenas a mencionei porque há, de fato, muitos historiadores que aceitam um ponto de vista semelhante. Do meu ponto de vista, este tipo de formulação ocorre realmente, mas simplifica demasiadamente o problema. Se definirmos ciência com mais rigor, como creio que deva ser feito, as relações existentes entre esta e o desenvolvimento econômico, tornar-se-ão muito mais complexas. Para fins desta discussão, portanto, definirei ciência como um modelo teórico que ordena e que sistematiza as interrelações de um amplo espectro de fenômenos empíricos e que cresce de forma mais ou menos cumulativa. Vou distingui-la da tecnologia porque, para os propósitos atuais, esta configura-se como uma soma de conhecimentos úteis. Conhecimentos úteis relativos à produção material de bens e serviços.

E, finalmente, já que estarei falando sobre desenvolvimento econômico, estarei definindo ou referido-me a este desenvolvimento como crescimento contínuo e a longo prazo das rendas reais *per capita*. De modo que a questão que se apresenta é: “Qual tem sido o papel da ciência em ocasionar o aumento a longo prazo na renda *per capita*, que é uma característica, ao longo da história, de pelo menos um pequeno grupo de países do mundo ocidental nestes 200 anos?”

Quanto a esta questão, o primeiro ponto que quero enfatizar parcialmente, porque é tão óbvio que chega até a ser negligenciado, é que as rendas *per capita* poderão aumentar num país por uma série de razões totalmente à parte da ciência. A mudança tecnológica, freqüentemente, é a causa imediata do aumento de produtividade, não tendo necessariamente relação alguma com ciência. Além do mais, há incontáveis fontes de aumento de produtividade numa economia que não têm nenhuma ligação direta com a ciência nem com tecnologia. E creio que seria um erro grave menosprezar tais fontes. As pessoas poderão trabalhar mais intensamente, ou poderão trabalhar mais horas por uma série de motivos. Fatores demográficos, bem como mudanças na composição de idade de uma população, podem elevar a proporção total da população que se encontra na idade de trabalho e, portanto, da força de trabalho. E esses fatores têm sido fontes de aumento de produtividade de grande peso, como observado em muitos países.

Mudanças de atitude da sociedade no sentido de empregar mulheres em trabalhos que não os domésticos poderão levar ao mesmo resultado, aumentando a força de trabalho de uma determinada população. Melhoramentos na programação de horários, em estudos de tempos e movimentos, poderão aumentar a produção por trabalhador, reduzindo deste modo esforços desperdiçados e desnecessários. O estoque existente de bens de capital pode crescer rapidamente por causa do deslocamento crescente nos hábitos de poupança das pessoas. Modificações organizacionais, tais como a substituição de um restaurante por uma lanchonete, poderão permitir que o mesmo número de empregados sirva a um maior número de pessoas, modificando certamente aspectos tão importantes como a natureza do serviço que está sendo oferecido.

Poder-se-ia aumentar esta lista indefinidamente. Isto vale a pena ser enfatizado porque nos anos recentes, nos Estados Unidos, foi dado ao público um modelo que realça bastante a aplicação da ciência no processo produtivo, apresentando uma visão de ciência, tecnologia e desenvolvimento econômico como se tais fenômenos estivessem sempre inseparavelmente ligados.

Talvez nenhum membro da comunidade acadêmica devesse ser tão crítico neste aspecto, tão em moda atualmente, de que a ciência esteja conduzindo a tecnologia pela mão. Primeiro, porque é um modelo muito útil quando usado num esforço de persuasão (digamos, no caso de parlamentares duvidosos em aumentar os gastos orçamentários em benefício de pesquisa e educação). Segundo porque, de fato, este modelo tem se tornado uma caracterização crescentemente precisa de alguns setores específicos da economia nestas

últimas décadas. Lembro-me dos setores eletrônico, plásticos, fibras sintéticas, energia atômica, instrumentos científicos, agricultura, etc. Mas, também, gostaria muito de dizer que, para enfatizar as qualidades contidas nesta segunda colocação, a questão que desejo primeiro considerar é a seguinte: “Qual era a natureza da ligação entre ciência e desenvolvimento econômico no passado, digamos, no século XIX e talvez mesmo antes?”

Afirmaria que o relacionamento íntimo freqüentemente indicado entre ciência, tecnologia e desenvolvimento econômico, é somente característico de um número limitado de setores econômicos e que, além do mais, esta ligação é muito recente na história do mundo. Parte do motivo desta confusão, creio, é de natureza retórica. Em culturas que atribuem um alto valor à busca de objetivos materiais, os praticantes da ciência pura têm muitas vezes achado válido justificar o que é chamado de “atividades e buscas intelectuais obscuras e exotéricas” pela utilização de argumentos utilitários. Defensores da causa da ciência, desde pelo menos a época de Bacon, têm se sentido obrigados a valorizar suas pesquisas através de promessas de um eventual fluxo crescente de bens materiais. Porém, o fato disto poder ser hoje uma justificativa legítima, não deve nos levar a admitir que foi um argumento válido, digamos, na Inglaterra de Jorge III ou há menos tempo, na Inglaterra elisabetana, na época em que Bacon desenvolvia os seus pontos de vista sobre o papel social da ciência.

De fato, através de quase toda a história européia, certamente antes da Renascença, ciência e tecnologia não eram apenas atividades distintas na busca de objetivos diversos — como ainda o são hoje —, mas também atividades praticadas por indivíduos muito diferentes e, o que é mais importante, em situações nas quais as classes sociais não tinham praticamente nenhuma comunicação entre si. Embora houvesse crescente comunicação entre esses dois mundos na Europa durante a Renascença, é ainda verdade que a maioria dos inovadores na Revolução Industrial Inglesa, era composta principalmente de tecnólogos e engenheiros.

Seus trabalhos e suas inspirações nasciam, diria eu, principalmente da preocupação com problemas técnicos lançados pelo próprio processo produtivo e a assistência que recebiam do mundo da ciência contemporânea, era mínima ou, na maioria dos casos, inexistente.

Esta interpretação poderia ser prontamente ilustrada a partir da experiência histórica de quase todos os setores industriais. E, tendo em vista a escassez de tempo, limitar-me-ei ao setor metalúrgico.

A escolha de tal setor deve-se, primeiramente, à sua importância no desenvolvimento industrial; mas, também, porque a metalurgia ilustra especialmente bem a transição ocorrida no último século, de uma dependência muito limitada da ciência a uma dependência muito extensa. O progresso técnico na metalurgia, uma atividade que é obviamente fundamental para o homem no fabrico de suas ferramentas de trabalho e nas habilidades de seu uso, até há bem pouco tempo, foi baseado essencialmente em processos experimentais. Estes processos permitiram um progresso lento e inseguro, muito antes de haver surgido qualquer noção científica da atividade em questão.

Afinal de contas, o homem já fundia os minérios de ferro pelo menos há 3 milênios antes de Cristo. Os hititas usavam frequentemente o ferro e, aparentemente, já faziam uso do aço no segundo milênio antes de Cristo sem ter absolutamente conhecimento algum da química de oxidação ou de redução. “Várias técnicas para o endurecimento de metais foram usadas com sucesso na antiguidade, embora os autores estivessem completamente alheios ao fato de que seus métodos fossem simples maneiras de produzir imperfeições e regularidades nos átomos dos cristais de metal.”<sup>1</sup>

Só por volta de 1774 é que a importante função do carbono na determinação das propriedades variáveis do ferro em vergalhões, ferro fundido e aço, foi finalmente estabelecida. Entretanto, muito antes, através dos séculos, os artesãos de Damasco, Toledo e do Japão haviam aprendido a arte de fabricar suas magníficas espadas. Literalmente, séculos de métodos experimentais e de erros. De modo que as descobertas tecnológicas importantes neste setor foram feitas usando um empirismo muito rudimentar, sempre que houvesse motivação para envolver um grande número de indivíduos e a possibilidade de experimentar técnicas ainda não usadas e de empregar materiais novos na produção. Se um determinado processo de produção ou insumo fosse superior a outros, alguém eventualmente o descobriria não obstante o desperdício e a confessada ineficiência do processo de busca.

Foi desta maneira que surgiram as inovações de fabricação ocorridas durante a Revolução Industrial Inglesa. Os benefícios para quem pudesse extrair o ferro do minério usando combustível mineral em vez de carvão vegetal, eram óbvios há muito tempo, e isso já havia sido tentado, sem sucesso, pelos artesãos do ferro por todo o século XVII: os *Sturdivents*, os *Duddleys*, os *Rovensons*, etc.

---

1. Conforme afirmação de Ceryl Smith, autoridade em assuntos metalúrgicos.

*Abraham Darbey* finalmente conseguiu, em 1709, substituir o carvão vegetal pelo coque nas suas fornalhas em Colbertdale, Shropshire, na Inglaterra. O sucesso obtido foi claramente ocasional. Suponho que podemos considerá-lo assim, pelo menos com relação ao que dizia Darbey: que o carvão que vinha à superfície em Colbertdale tinha uma composição química que o tornava especialmente indicada para os propósitos de fundição. De modo que, embora não havendo compreensão sistemática das transformações químicas na fundição do ferro, eventualmente o sucesso da descoberta de novas técnicas foi possível através de incentivos econômicos de peso, assim como o surgimento de matérias-primas mais adequadas a estas novas técnicas.

O desenvolvimento da tecnologia de metalurgia fora dos padrões científicos reconhecidos, culminou há pouco mais de 100 anos atrás, através do relatório de Bessemer sobre suas experiências realizadas com o ferro na reunião da Associação Britânica para o Progresso da Ciência (British Association to the Advancement of Science), em 1856. Mas os fabricantes de ferro, apressando-se em adquirir os direitos de uso do processo *Bessemer*, a troco de quantias vultosas, logo perceberam que não conseguiam usá-lo com sucesso. Diz-se que Bessemer escapou por pouco de ser linchado por aqueles que pagaram enormes quantias e descobriram que o processo não funcionava. Na época ninguém imaginava qual seria o problema. Acontece que Bessemer conduzia suas experiências usando o carvão vegetal e ferro suecos, com o que se obtia a forma de ferro gusa mais pura na época. A técnica de Bessemer funcionava; porém, somente quando se davam determinadas condições químicas precisas, tendo sido um fracasso total quando se usava os minérios ingleses que tinham algum vestígio de fósforo, como é sua característica. No entanto, isto não foi imediatamente percebido, e certamente não o foi por Bessemer. Este fato, aliás, levou à procura de determinação dos motivos do fracasso, conduzindo ao estudo dos processos químicos referentes à produção de ferro e de aço.

A inovação seguinte na fabricação do aço, no chamado processo básico, desenvolvido pelos químicos Thomas e Gilbert em 1878, foi resultado direto dos estudos iniciados na tentativa de entender porque o processo de Bessemer algumas vezes funcionava e outras vezes não. Através do estudo dos processos empregados na produção do aço, Gilbert e Thomas puderam desenvolver uma técnica para a refinação do ferro que, dentre outras coisas, possibilitou o uso das fontes principais de minério de ferro, cujo teor de fósforo levaria ao abandono se usado apenas o processo de Bessemer. A propósito, muito embora o que Gilbert e Thomas fizeram não seja considerado alta ciência, foi um acontecimento de grande importância econômica porque este método, que consistia simplesmente em

ferrar o alto-forno, possibilitou a exploração dos enormes depósitos de minério de ferro da Europa de alto teor de fósforo que não eram aproveitados anteriormente. Seu uso, por exemplo, facilitou pelo menos em parte o surgimento da Alemanha como grande potência industrial.

Pode-se dizer que a transição para a ciência da metalurgia moderna tenha sido iniciada na época seguinte ao período de Bessemer. Baseava-se na investigação da estrutura básica e na composição dos metais, iniciada, como acabo de indicar, em consequência das dificuldades ocorridas na época para a produção do ferro e do aço. A capacidade de conduzir tais pesquisas foi muito apoiada pelas inovações tecnológicas em outros setores, especialmente no campo de instrumentação. A inovação mais importante foi a de Henry Clifton Sorby, em 1863, com a descoberta da técnica para exame de metais em microscópio com o auxílio de uma lâmpada refletora. Foi uma técnica que abriu definitivamente as portas para uma compreensão — até então desconhecida — da microestrutura do aço. Do aço, tal técnica se estendeu para mostrar o comportamento dos microcristais dos metais não-amoldáveis durante os trabalhos de fundição e de estiramento.

Por volta de 1900, havia sido provado que a maioria dos fatos antigos acerca do comportamento dos metais podia ser relacionado ao tamanho, à forma, à distribuição relativa e ao inter-relacionamento destes, agora distinguíveis, microelementos.

Outro avanço fundamental na técnica experimental, apresentado inicialmente em 1912, foi o desenvolvimento da difração do Raio X e sua aplicação no estudo dos sólidos, porque deu um sentido físico mensurável à estrutura na escala atômica, tornando-a tão real quanto as escalas das estruturas maiores encontradas através dos métodos de microscópio desenvolvidos há uns 50 anos atrás por Sorby. Esses desenvolvimentos nas técnicas experimentais originados na metalurgia contribuíram para o crescente conhecimento de todos os materiais, vindo a se juntar a outras conquistas.

De fato, nos últimos anos, pelo menos nos EUA, uma nova terminologia reconhece explicitamente o desenvolvimento desses métodos, de modo que — pelo menos nas universidades — o termo “metalurgia” está sendo substituído por “ciência dos materiais”. Esse avanço em direção a uma maior compreensão do mundo físico, resultado de um entendimento mais profundo da base atômica e molecular do comportamento da matéria. Tal compreensão levou a sério a descoberta da tabela periódica dos elementos, elaborada por Mendeleev não só forneceram a base para explorar as proprieda-

des dos elementos químicos conhecidos como também exerceram influência marcante para outros desenvolvimentos. Deram a previsão correta das propriedades de elementos ainda desconhecidos na época, como por exemplo, o gálio e o escândio.

A revolução do conhecimento na ciência dos materiais do século passado baseia-se no aprofundamento contínuo de nossa compreensão das leis de como os átomos e moléculas se combinam progressivamente, transformando-se em grupos complexos cada vez maiores. Uma vez dominadas tais leis, tornou-se possível manipular os diversos materiais, alterar suas características, maximizar propriedades desejáveis e até mesmo criar materiais inteiramente novos e sintéticos pela combinação de propriedades requeridas. Esse último conhecimento adquirido — chamado por alguns de arquitetura molecular — permite a criação de materiais sintéticos cujas propriedades combinadas simplesmente não têm equivalente algum no mundo real. Não mais imitamos a natureza. Estamos criando coisas que não têm equivalente na natureza. O complexo de indústrias que explora estes polímeros orgânicos feitos pela mão do homem, compõe uma série imensa de plásticos, fibras sintéticas, materiais para embalagem, borracha sintética, isoladores térmicos leves, revestimentos contra infiltrações de água, adesivos extra-fortes, que são os herdeiros legítimos e diretos do conhecimento da alta química dos polímeros.

É importante saber que a base para o progresso técnico nessas indústrias é totalmente diversa da antiga indústria metalúrgica, onde experimentação e erro, análise empírica e concatenação de observações introduziram um considerável desenvolvimento. Creio que é justo dizer que jamais tamanha quantidade de experimentação, tal como aconteceu outrora durante o progresso lento da metalurgia, seria capaz de gerar os modernos polímeros sintéticos.

A produção de polímeros exigia uma compreensão própria de estruturas moleculares e um conhecimento total da estonteante complexidade dessas estruturas que, por sua vez, exigia uma coleção altamente sofisticada de instrumentos científicos: equipamentos de difração de raios X, microscópios eletrônicos, ultra centrífugas, viscosímetros, e assim por diante. De maneira semelhante, foram notáveis os progressos na indústria eletrônica depois da Segunda Guerra Mundial. O significativo avanço na tecnologia dos semicondutores possibilitou o desenvolvimento do transistor, a substituição da válvula pelo transistor, a aplicação de dispositivos semicondutores no processamento eletrônico de dados e em outros campos militares e comerciais em constante expansão. Todas essas coisas dependiam não só das complexas técnicas de instrumentação mas, também, do desenvolvi-

mento da mecânica quântica na década de 20. A mecânica quântica forneceu a teoria essencial que possibilitou a compreensão dos determinantes da condutividade elétrica em termos da estrutura atômica dos cristais.

O ponto que desejo enfatizar é que, embora a aliança entre ciência e tecnologia que acabo de descrever resumidamente, esteja para alguns setores firmemente estabelecida nos setores principais das economias do mundo industrializado — conforme procurei indicar rapidamente — esta aliança, repito, é muito recente na história. O tipo de intimidade que agora observamos em muitos campos, era desconhecido durante a clássica Revolução Industrial Inglesa dos séculos XVIII e XIX. Foi um relacionamento que se desenvolveu de forma altamente seletiva — como já indiquei sumariamente — apenas há cerca de um século. O que precisa também ser reconhecido, paralelamente a estas observações, é que muito do que ocorre na área tecnológica permanece, em grande parte, contido no seu próprio interior. Isto no sentido de que são explorados conhecimentos produzidos dentro daquele mundo e não conhecimentos importados do mundo científico. Tal conhecimento é frequentemente um subproduto do próprio processo produtivo no sentido muito elementar de que a participação no processo produtivo produz conhecimento. Gera conhecimentos acerca dos relacionamentos produtivos e novas possibilidades de projetos, por exemplo, que não é provável possam ser geradas em nenhum outro lugar. Além do mais, muito do trabalho da engenharia especializada é de um tipo que não pode ser genericamente entendido sob a categoria de “conhecimentos científicos preexistentes aplicados”. Realmente, a função principal das profissões de engenharia é desenvolver técnicas que especificamente superem a necessidade de conhecimento científico pela simples razão de que o conhecimento científico adequado muitas vezes simplesmente não existe. Muito do trabalho desenvolvido pelos engenheiros foi no sentido de desenhar e desenvolver produtos dentro de determinadas “performances” operacionais sem a aplicação de conhecimento científico sistematizado. Na aerodinâmica, por exemplo, na mecânica dos fluidos, os engenheiros têm rotineiramente produzido informações suficientes para obter solução segura e operacional de alguns problemas de ordem técnica, muito antes da compreensão científica ordenada. O progresso técnico, por exemplo, aplicado às turbinas de vapor, tem continuamente precedido o avanço da compreensão científica rigorosa. Através dos anos, partes importantes do *hardware*, como cascos de navios e hélices de turbinas hidráulicas, fuzelagens de aviões, motores de combustão interna, diesel, etc. atingiram suas formas ótimas de projetos através de meios essencialmente empíricos.

Do mesmo modo que a tentativa de compreender os fatores determinantes da operação da máquina a vapor — como é de conhecimento de todos — historicamente obteve como fruto o desenvolvimento das leis da termodinâmica, isto é, foi a tentativa de compreender o porquê do desempenho tão ineficiente da máquina a vapor que realmente induziu o desenvolvimento da termodinâmica —, também a tentativa de compreender os princípios que determinam a operação de tecnologias já existentes muitas vezes tem como resultado o desenvolvimento de um conhecimento científico adicional. Portanto, a interação entre os domínios da ciência e da tecnologia, não é, a meu ver, simples e linear, havendo um número muito maior de elos e “realimentações” do que se pode imaginar. Prefiro afirmar que o relacionamento é dialético, onde cada um influencia o outro com relações importantes, muitas vezes passando da tecnologia para a ciência e não sempre da maneira inversa.

Desejo realmente fazer uma pausa para insistir neste assunto que, obviamente, não pode aqui ser discutido em toda sua extensão. Mesmo em algumas das nossas indústrias modernas de alta tecnologia, a pesquisa básica recebeu grande parte de seus estímulos das tecnologias já existentes. Se olharmos para a física nuclear, a física do estado sólido, a física das descargas gasosas, etc. após a Segunda Guerra Mundial, veremos, instante após instante, onde uma inovação tecnológica específica precedeu em muito o crescimento explosivo de muitos subcampos da física. Ao contrário de muito daquilo que tenho pretendido chamar de metodologia, de relacionamento entre a pesquisa básica e sua aplicação, o grande estímulo à pesquisa numa área muitas vezes vinha depois e não antes de uma invenção ou inovação. A ciência básica foi motivada muito mais pela necessidade de gerar, por exemplo, uma tecnologia auxiliar para alimentar o desenvolvimento e exploração de uma invenção inicial do que o contrário. Mesmo no já mencionado caso do transistor, um exemplo clássico de tecnologia moderna desenvolvendo-se sobre um conhecimento científico estabelecido, suas interações são de fato muito mais complexas e ambíguas do que geralmente imaginamos.

Há no entanto um outro sentido completamente diferente daquilo que venho citando. Pode-se dizer que as ligações históricas entre ciência e tecnologia foram, no passado, bastante desconectadas, isto é, não houve na História um relacionamento muito próximo entre liderança científica e liderança industrial num mesmo país. Países que têm sido líderes na área científica muitas vezes não são líderes do ponto de vista industrial. Poderíamos retornar à Grécia antiga ou a Roma com o propósito de desenvolver este argumento — porém permita-me simplesmente lembrar que a ciência inglesa viu-se num estado — creio que os historiadores da ciência concorda-

rão — de comparável declínio no século XVII (pós-newtoniano), precisamente na época em que a Inglaterra começava a definir sua liderança fantástica no âmbito das tecnologias da metalurgia, mineração, têxteis e da aplicação do vapor como força motriz. Por outro lado, a florescente ciência francesa do século XVIII e princípios do XIX, quando Paris era, sem dúvida, o centro científico mundialmente reconhecido e sua Academia de Ciências a mais importante do mundo, não se fazia acompanhar do avanço industrial correspondente. Embora o talento inventivo francês fosse significativamente produtivo, era de se notar na época que as invenções francesas tinham que ser levadas para outros lugares para que fossem empregadas lucrativamente e introduzidas em base comercial. Similarmente, a Rússia produziu numerosos cientistas e inventores brilhantes no século XIX e, no entanto, não parece que tal impacto tenha sido dos melhores para o desenvolvimento econômico do país.

Finalmente, a ascensão dos Estados Unidos à posição de nação líder no desenvolvimento econômico e tecnológico ocorreu durante o século XIX, período em que os empreendimentos americanos em ciência básica foram absolutamente insignificantes e, com muito poucas exceções, a ciência americana nessa época não obteve, na verdade, nenhuma projeção internacional de real importância. Já em 1869, quando Mendeleev publicou a tabela de elementos de sua autoria, esta não foi reproduzida em nenhuma publicação química nos Estados Unidos porque lá não havia na época nenhuma publicação sobre química. Até 1870, a principal publicação americana que trazia matérias relacionadas à química era o *American Journal of Science*, que, de fato, se dedicava a matérias de interesse científico em geral. De fato, as modestas realizações dos EUA no campo da ciência básica ou pura e sua preocupação com os usos diretamente práticos da ciência, foram devidamente notadas por De Tocqueville. Permitam-me que eu faça uma transcrição textual das seguintes palavras de De Tocqueville sobre o assunto: “Deve-se reconhecer que em poucas nações civilizadas de nossos tempos as ciências fizeram tão pouco progresso como nos Estados Unidos. A mente, me parece, divide a ciência em três partes: a primeira compreendendo as normas mais teóricas e os conhecimentos mais abstratos, cuja aplicação ou é desconhecida ou muito remota; a segunda compreende aquelas verdades gerais que ainda se encontram ligadas à teoria pura mas que, não obstante, são aplicadas de forma direta e rápida na obtenção de resultados práticos. Métodos de aplicação e meios de execução compreendem a terceira parte. Cada uma dessas partes diferentes da ciência poderá ser separadamente desenvolvida, embora a razão é a experiência provem que nenhuma delas poderá prosseguir isoladamente se for completamente destacada das outras

duas. Na América, a parte puramente prática da ciência é confessadamente privilegiada e toda atenção é dada à parte teórica que é imediatamente posta em prática. Sob tal preocupação, os americanos sempre demonstraram uma força mental clara, livre, original e inventiva. Mas quase ninguém, nos Estados Unidos, se dedica à parte essencialmente teórica e abstrata do conhecimento humano. Cada método novo que conduza mais rapidamente à riqueza, cada máquina que possa poupar trabalho, cada instrumento que possa reduzir o custo de produção, cada descoberta que facilite os prazeres ou que os aumente, é vista por tais pessoas como o esforço mais significativo do intelecto humano. É principalmente por causa desses motivos que um povo democrático se dedica às buscas científicas. Numa comunidade organizada desta forma, é fácil imaginar que a mente humana possa ser levada insensivelmente a negligenciar a teoria e que é incentivada, ao contrário, com energia incomum às aplicações da ciência, ou pelo menos, àquela parte de ciência teórica necessária aos que se dedicam a tais aplicações”.

Na verdade, os Estados Unidos, depois da Primeira Guerra Mundial, representam uma instância onde prioridade na pesquisa científica básica e liderança tecnológica realmente coincidem, assim como a liderança da Alemanha na indústria química a partir da segunda metade do século XIX coincidiu razoavelmente com a superioridade marcante de seu trabalho científico neste ramo. Obviamente, não discuto que estes dois aspectos não possam ou nunca possam coincidir, mas simplesmente que não têm essa necessidade. O que parece claro é que, considerando país por país, uma infraestrutura científica de primeira categoria e um alto grau de originalidade científica não são condições necessárias nem tampouco suficientes para que se ocupe a liderança tecnológica ou industrial. A proposição é adicionalmente confirmada, a meu ver, pelo resultado realmente extraordinário da economia japonesa no século XX e, principalmente, nos anos após a Segunda Guerra Mundial. Temos provas suficientes de que Japão está agora desenvolvendo uma comunidade científica de primeira qualidade, pelo menos em determinadas áreas. Suas desvantagens passadas parecem não ter sido muito graves. Pelo menos, se os japoneses realmente tivessem tido uma comunidade científica, teriam se desenvolvido muito mais depressa do que realmente o fizeram. Aliás, um país que possui uma taxa de crescimento de mais ou menos 11% ao ano por mais de um quarto de século, é difícil que possa ser prejudicado por qualquer coisa.

Uma evidência adicional para o que estou apontando refere-se a um estudo publicado em 1971 pela OCDE. O estudo tentou estabelecer, através do exame dos resultados econômicos dos países

a relação entre gastos em P&D e índices de crescimento da produtividade para a economia como um todo. Sua conclusão, simplificada, foi: “Não há nenhuma correlação observada entre a proporção dos recursos nacionais alocados para P&D e índices de crescimento de produtividade”. Bem, algumas das razões para a falta de tal correlação já tive a oportunidade de relatar. De um lado, até bem pouco tempo, muitas das ciências não ofereciam real utilidade ao processo produtivo. As indústrias metalúrgicas, conforme observado, arrastaram-se durante séculos tendo como base a experiência e o erro, e somente em fins do século XIX as transformações químicas nos processos de fundição e de refino começaram a ser compreendidas no âmbito de sua utilidade industrial. Ou, similarmente, a ciência forneceu à agricultura assistência muito limitada até o momento da explosão verificada na biologia, na química orgânica, na genética, criando, assim, novas possibilidades na regulação sistemática e manipulação do crescimento vegetal e animal no século XX. Este, aliás, também é um fenômeno muito recente. Por outro lado, muitas indústrias puderam realizar grandes saltos tecnológicos pela simples razão de que progresso tecnológico, na verdade, não exigia conhecimentos científicos novos. Por exemplo, o impulso central da industrialização americana no século XIX envolveu, primeiramente, o desenvolvimento da tecnologia de máquinas, que não dependia diretamente do conhecimento científico. A invenção de novas máquinas ou produtos derivados, como as invenções clássicas na América no século XIX — o descaroçador de algodão (pouco antes do início do século), a secadora mecânica, o debulhador, o cultivador, a máquina de escrever, o arame farpado, máquinas operatrizes, máquinas de costura, bicicletas e tantas outras — envolviam a solução de problemas que exigiam habilidade mecânica, destreza e bastante desembaraço mas, certamente, não exigiam o recurso ao conhecimento científico ou tampouco a métodos experimentais elaborados.

Finalmente, deve ficar claro que o desenvolvimento econômico é o resultado de um processo social complexo. A ciência, mesmo quando um ingrediente essencial, como tem sido cada vez mais neste último século, é simplesmente um componente do processo maior. Para que o *establishment* científico num país possa fazer uma contribuição importante ao seu desenvolvimento econômico, muitos outros fatores devem também estar presentes. Depende de uma verdadeira rede de instituições, públicas e particulares, de um imenso conjunto de motivações que impelem as pessoas a fazerem certas coisas fora da comunidade científica. O ato de traduzir novos conhecimentos científicos em técnicas mais produtivas e finalmente em novos produtos acabados, levanta questões de habilidade inventiva e de talentos comerciais que se encontram, por outro lado,

muito distantes das questões que eu qualificaria simplesmente como de “originalidade científica”. Por que algumas sociedades aparentam ter uma capacidade inventiva apropriada às suas necessidades econômicas muito maior do que outras? Por que algumas sociedades são mais receptivas do que outras, quanto à introdução e à aceitação de uma invenção fabricada em outro lugar? Reparem que estas são questões bastante diversas porque os requisitos para se obter atividades inovadoras bem sucedidas parecem ser bem diferentes dos requisitos para a adaptação rápida de uma invenção que já tenha sido feita. A primeira questão envolve o fornecimento de talento inventivo, prática de engenharia e habilidade quanto ao conhecimento especializado próprio à solução de problemas técnicos. A segunda questão é mais provável que surja no âmbito das capacidades gerenciais, empresários altamente motivados, tino comercial na percepção das oportunidades de mercado, e, não menos importante, alto grau de flexibilidade organizacional e habilidade para modificar organizações que possam atender aos requisitos variáveis de tecnologia e comércio. Mas, naturalmente, uma sociedade tecnologicamente carente de experiência de engenharia mas com uma comunidade comercial astuta e agressiva, logo perceberá as maneiras de explorar os frutos da pesquisa científica dos outros países e não se deterá perante um esforço modesto de pesquisa científica doméstica. Considero isto um resultado das pesquisas conduzidas pela OCDE, mencionadas há pouco. E isto me parece constituir uma descrição razoável dos Estados Unidos no século XIX e do Japão no século XX. Ambos os países aproveitaram livremente e com energia a pesquisa científica estrangeira, importando de imediato e utilizando tecnologias desenvolvidas em outras partes. Mesmo assim, talvez tenham reprojetoado e feito muitas adaptações. Isso frequentemente

A conclusão que me parece a mais correta não é de que a ciência não tenha tido importância para o desenvolvimento econômico, embora creia que sua importância tenha sido limitada há 200 anos, ou mesmo, na maioria dos casos, há 100 anos atrás. A ciência está se tornando sem dúvida cada vez mais significativa em termos de sua atual e potencial contribuição ao desenvolvimento econômico. Não quero que pensem que estou negando isso. A conclusão adequada seria que a ciência não é unicamente importante e que ela sozinha tende a contribuir relativamente pouco para o desenvolvimento econômico. Na ausência de certos insumos adicionais, na falta de capacidade técnica de alto nível, de sistemas de incentivos fortes, estruturas organizacionais flexíveis e de resposta rápida, eu argumentaria que mesmo uma comunidade científica altamente criativa teria conseqüências econômicas pequenas. Por outro lado, a experiência de alguns países no passado sugere que, quando

tais habilidades já existiam, eles foram capazes de superar as dificuldades impostas pelo subdesenvolvimento de suas instituições científicas. Obrigado.

DEBATEDOR: *Prof. Antônio Barros de Castro\**

O professor Rosenberg nos fez uma palestra extremamente rica. Eu gostaria de começar este comentário recapitulando rapidamente três proposições fundamentais que ele apresenta. A primeira é de que não existe uma causalidade simples entre ciência, tecnologia e desenvolvimento. É interessante observar que o professor Rosenberg não só afirma e ilustra sistematicamente ao longo do texto a inexistência de uma relação simples como também, em particular, nega-se a aceitar uma relação de causalidade neste sentido, que ele denuncia e chama de mitológica. Também nega-se a inverter o sinal isto é, dentro de uma visão economicista, mover a determinação em sentido inverso. Muito pelo contrário, diz o professor, não há que se situar em nenhuma dessas duas causalidades simples porque existem *feedbacks*, porque existe o que ele chama de uma interdeterminação dialética.

O segundo ponto essencial da palestra é de que existem áreas do desenvolvimento tecnológico que são praticamente desconectadas e mantêm-se assim, ao longo do tempo, sem conexão com a ciência. É um ponto que me parece extremamente rico, extremamente importante, podendo ser ilustrado de várias maneiras. Por exemplo, a indústria de bens de capital até hoje não possui relação íntima com a ciência. Em geral, o setor mecânico tende a refletir bastante tal questão e isso influi muito na leitura e interpretação que o professor Rosenberg tem da revolução industrial. Estamos amplamente de acordo nisso. Há ainda uma terceira proposição, no sentido de que as conexões são crescentes entre ciência e tecnologia.

O professor Rosenberg, na sua conferência, usa como exemplo a indústria metalúrgica e a agricultura, procurando repensar as relações ciência — tecnologia à luz da história norte-americana. Se ele fez isso, nós poderíamos tentar, também, testar algumas hipóteses e lançar algumas indagações a partir da nossa própria história. Com este intuito, tomaremos a seguir o filão mais rico da nossa história tecnológica: o açúcar.

---

\* Este texto foi revisto pelo autor, a seu pedido.

Gostaria de começar lembrando que o açúcar é algo muito mais antigo do que qualquer coisa aqui referida: no século XV já havia uma produção que nós poderíamos chamar de industrial do açúcar. Essa produção se fazia em grandes unidades produtoras às quais caberia talvez denominar de “fábricas”. Nessas fábricas, se utilizava amplamente a ciência da época. Houve, por exemplo, um problema de branqueamento do açúcar, questão solucionada pelos árabes através de princípios derivados da alquimia. Em 1450/52, a Universidade de Palermo financiou um programa de pesquisas (estou usando palavras modernas) sobre o esmagamento da cana e obteve-se um grande avanço que mudaria a aparelhagem do engenho. Isto, também, provavelmente, tinha ligação como os conhecimentos de mecânica do período renascentista.

O fato parece sugerir que já no século XV, havia uma inter-relação interessante, no caso do açúcar, entre ciência e técnica.

Eu gostaria de perguntar o seguinte: o quê, além disso, caracteriza a produção do açúcar naquela época? A resposta parece ser a seguinte: existe uma significativa concentração da propriedade, o trabalho está socializado, trabalha-se coletivamente, por equipes. Existe ainda amplo mercado para o açúcar já no século XV; e isto é ativamente promovido, entre outros, pelos comerciantes venezianos. Há, por fim, uma especificidade do produto: ele é obtido como uma massa homogênea, ou melhor, é produzido em grande escala e em poucas variedades. Estas condições reunidas permitiram um fenômeno historicamente excepcional, tão excepcional que quando chegavam os bárbaros do norte e viam as “fábricas”, na Sicília, ou no Egito, não sabiam como denominá-las. Um viajante do norte da Europa por exemplo, chamaria aquilo de “castelo”. Por que ele usa a palavra castelo? Porque para ele é simplesmente incompreensível uma unidade produtiva daquele porte. E, no seu relato, diz que ali havia visto caldeiras de tal tamanho que se ele as descrevesse ninguém acreditaria. Temos aqui um fenômeno do qual se podem tirar muitas lições. Vou, no entanto, dar um salto e dizer que no Brasil o açúcar atingiria uma escala ainda maior de produção. Várias condições, inclusive uma reconcentração da propriedade, aliada a condições agrônômicas muito favoráveis à grande lavoura, permitiriam um novo salto de escala em meados do século XVI. E junto com esse novo salto ocorreu, por volta de 1610, uma mudança também revolucionária do processo de esmagamento da cana, a qual teria implicações econômicas e sociais de grande importância. Sociais no sentido em que seria alterada, inclusive, a estrutura de classe, dado que a nova moenda era particularmente barata, permitindo ser senhor-de-engenho com muito menos recursos.

Eu agora salto para os fins do século XVIII e lembro que, com a destruição do Haiti, surge uma grande demanda de açúcar no mundo e a produção brasileira volta a crescer, especialmente na última década do século. Havia no entanto um sério problema, análogo ao do Darby na Inglaterra. Não se podia continuar queimando lenha e já existia, em princípio, uma solução: era o bagaço. No Brasil já se vinha tentando, desde o século XVII, queimar bagaço, sem contudo solucionar o problema.

Na transição do século XVIII para o século XIX, surge um fenômeno muito interessante. Um grupo de senhores, sobretudo baianos e em média bastante poderosos, começa a defender a imperiosa necessidade de introduzir ciência nos engenhos. Isto se dá na transição do século XVIII para o XIX, mais precisamente entre 1800 e 1810. Eles denunciam as mentes que resistem à ciência dizendo, por exemplo, que os nossos filósofos estão dormindo há 300 anos sem perceberem que as ciências naturais não são feitas para as disputas de aula e de assembléia, e sim para a descoberta de verdades úteis para o bem comum. Na verdade, eles estão defendendo o reencontro da ciência com a tecnologia no açúcar. Particularmente num documento datado de 1807, eles demandam uma série de reformas, pedem ao Estado que promova a modificação profunda do sistema de transportes, reveja os portos, dê subsídios, ajude a desenvolver instituições de crédito, etc.

Nesse momento, porém, a França, sofrendo o bloqueio continental, começa a desenvolver o açúcar de beterraba. A partir daí, e por muitos anos, o açúcar de beterraba terá subsídios pelo Estado sendo inclusive dados, prêmios aos técnicos que inovem no setor. Algumas das boas cabeças em química da França e da Alemanha irão também trabalhar nisso. O açúcar de beterraba continuará em certos casos a dar prejuízo, mas é protegido por todos os meios. Desse esforço inaudito dos governos francês e alemão, surge uma série de inovações que vão dar uma vantagem relativa ao açúcar de beterraba o qual, naturalmente, não tem vantagem sobre o de cana.

Eu queria agora assinalar o seguinte: aqueles senhores que redigiram o manifesto solicitando amparo do Estado, inclusive através da introdução de escolas de química no Brasil, sofreram uma dupla derrota política. Foram derrotados localmente porque o projeto deles não passou; um projeto semelhante passaria contudo em Cuba, com conseqüências seríssimas para a história de Cuba e para a história do Brasil. E uma outra derrota, esta em terras européias, onde a conjugação técnica-ciência promovida pelo Estado daria grandes frutos.

Caberia agora levantar algumas indagações. À luz da nossa experiência, e pensando a partir da história, o conceito de ciência do professor parece algo limitado. Na realidade, é uma concepção que supõe a formalização da ciência via modelos. Esta, eu acho, é uma proposição questionável para o estudo da história econômica e também das relações ciência-tecnologia ao longo da história.

Não estou discutindo definições. Não estou propondo um alargamento da definição. Estou dizendo que é preciso uma adequação maior ao objeto. O conceito de ciência aqui apresentado parece-me etnocêntrico, muito europeu, muito moderno e sobretudo pouco aplicável a problemas da nossa história.

O segundo ponto que nos parece claro, é que o açúcar, em que tivemos a liderança durante muito tempo, mostra que o avanço da tecnologia e mesmo o ingresso da ciência na produção, supõem a socialização do processo de trabalho e a produção em ampla escala através de uma massa de trabalhadores. A precocidade técnico-científica do açúcar se explica, em suma, pela sua precocidade como forma de organização industrial e como forma de organização do trabalho. O açúcar no século XV estava colocando problemas para a técnica e para a ciência que a indústria têxtil não colocava no século XVIII, porque ele era uma forma de organização muito mais avançada, pois o trabalho estava muito mais coletivizado, socializado, porque se produzia através de equipamentos que vertiam matéria-prima em grandes proporções. Tudo isso é reflexo e condensação de uma certa estrutura econômico-social nascente, via açúcar, no século XV.

Uma terceira lição bastante clara do açúcar, diz respeito à importância absolutamente decisiva da política e do Estado na evolução da técnica e na conjugação técnica-ciência. Eu sei que o professor concordará com isso. Seria uma visão muito centrada no setor têxtil, talvez muito britânica, negar a importância decisiva do Estado na evolução da técnica. Certamente um alemão compartilharia conosco, brasileiros, esta visão de ciência, política e Estado historicamente entrelaçados.

Isso me leva, então, a uma quarta proposição. Trata-se de qualificar o relacionamento ciência, técnica e desenvolvimento por setores. Esse, aliás, é um ponto que o professor precisa muito bem no seu trabalho. A indústria química, por exemplo, desde cedo coloca problemas absolutamente teóricos. Sem conhecer a estrutura molecular, dificilmente se pode avançar. Desde muito cedo as transformações que envolvem a química supõem um desvendamento de

propriedades que devem ser entendidas mediante categorias da ciência. Contrariamente, mesmo hoje, a indústria de bens de capital ou, talvez, a de construção naval, não tem esta relação com a ciência.

O professor adverte que o Japão não precisou de ciência para crescer extraordinariamente rápido. Com isso, não nos surpreende nem um pouco, porque é também o nosso caso. O Brasil cresceu a um ritmo quase japonês, recentemente, sem absolutamente qualquer apoio científico, e isto por *n* razões. O Japão não participou da mecânica quântica nos anos 20 e, no entanto, liderou o transistor nos anos 50. Estamos todos de acordo com isso. Mas há aqui um problema de fase muito importante. Ou seja, tecnologicamente e cientificamente, há momentos mais fecundos e menos fecundos. Pode ser, por exemplo, que a crise atual do capitalismo coloque problemas que exijam o recurso muito mais intenso, conjunturalmente, à ciência. É bem possível mesmo que a encruzilhada tecnológica em que nos encontramos em vários campos exija intensificação do relacionamento ciência-técnica.

## DEBATES

*Prof. Rosenberg:* Bem, gostaria de fazer apenas alguns comentários. Foi muito interessante e ilustrativa a discussão apresentada sobre aspectos da predominância da produção de açúcar nos últimos 400 anos de história do Brasil. Creio ser muito importante o ponto que surge implicitamente, sugerindo-me a formulação de outras perguntas mais gerais, que parecem ser próprias dos bancos acadêmicos e que, via de regra, são pouco aprofundadas pelos historiadores e pelos sociólogos. Estou considerando, em particular, os pontos da inter-relação entre tecnologia e organização. É bastante claro que, para colheitas diferentes, como por exemplo, a da cana-de-açúcar, há estruturas organizacionais diferentes que, por sua vez, se adaptam melhor a uma colheita do que a outra. As exigências organizacionais do açúcar são bastante diferentes, por exemplo, das do milho, da criação de gado ou da pecuária. E me parece que, no planejamento para o futuro, é muito importante que pensemos, cuidadosamente, nas demandas diferentes exigidas por cada colheita, por processos diferentes de produção, que criam desse modo a necessidade de tipos diferentes de organizações.

Generalizando, eu diria que a forma “ótima” organizacional encontra-se estreitamente ligada à natureza da tecnologia e, muitas vezes, modifica-se à medida que a tecnologia também se modifica ou à medida que se passa de um tipo de colheita para outro. Deixe-me dar um exemplo que, na minha opinião, é muito esclarecedor. Em medicina e saúde pública, creio que geralmente aceitamos o ponto de vista de que o mecanismo puro de mercado não é muito satisfatório. Em nenhum país do mundo deixa-se o atendimento de serviços médicos exclusivamente às forças livres da propriedade. Algumas pessoas poderão dizer que confiamos muito mais neste serviço, em alguns países, do que realmente deveríamos. Está certo. O ponto onde quero chegar é que, em medicina e saúde pública, geralmente aceitamos a proposição de que determinadas formas organizacionais especiais são necessárias. Aceitamos a proposição de que o

mecanismo de mercado funciona mal e, portanto, temos que substituí-lo. Em primeiro lugar, com respeito a assuntos de saúde pública, o bem estar de cada pessoa não é simplesmente função do seu próprio comportamento, mas sim, função também do comportamento de seu vizinho. Sua saúde não depende exclusivamente da maneira pela qual dispõe do lixo em sua casa, por exemplo, mas também do modo como o vizinho dispõe do dele. Há, em outras palavras, uma inter-dependência nestes comportamentos. Progressos com relação ao conhecimento direcionam o que eu chamaria de organização ótima em determinadas áreas para um sentido coletivo. Por exemplo, a descoberta do mosquito anófilo como sendo o vetor da malária, determinou que o combate àquela doença não deveria ser realizado através da aplicação de doses individuais de quinino. Há uma maneira mais eficaz para combater a malária e essa maneira é inerentemente coletiva. A malária é tratada muito mais eficazmente, repito, por meio de combate coletivo, drenando os mangues, vaporizando-os com inseticidas, e assim por diante. Podemos, quanto à busca de saúde pública, perseguir muito mais eficazmente certos objetivos de forma coletiva do que individualmente. Citei este exemplo, particularmente, porque ele me parece ser indicativo de um âmbito muito mais vasto de atividades em que, em alguns casos, as instituições públicas atenderão muito mais eficientemente do que as particulares.

Creio que um dos elementos importantes da história do sucesso americano, em termos de crescimento econômico, é que, como sugeriu de Tocqueville, temos sido muito pragmáticos na abordagem de problemas e, embora sejamos muitas vezes doutrinários na maneira como falamos sobre certas coisas, creio que, em se tratando da prática, tendemos a ser muito mais. De modo que, na América, desenvolvemos tipos diferentes de instituições que possibilitam construir os elos entre a comunidade científica, de um lado, e a comunidade industrial e comercial de outro. No final das contas, em sua grande extensão, socializamos, na América, a produção de conhecimento por, pelo menos, um século. Se voltarmos ao desenvolvimento das escolas rurais organizadas e estabelecidas pelo governo e das estações experimentais de agricultura na América, veremos que datam do tempo de Lincoln, em princípio de 1860. Logo verificamos, sem hesitação, que havia fontes importantes de conhecimento científico que poderiam ser de grande valia no desenvolvimento da agricultura americana. Não hesitamos em desenvolver uma rede pública de estabelecimentos científicos financiados publicamente. Na verdade, eles não tinham a princípio um caráter muito científico, porém assumiram-no cada vez mais com o passar do tempo. Assim, quem olhar, por exemplo, para a história da agricultura americana, encontrará uma vasta combinação de instituições públicas, com as

faculdades doadas pelo governo contribuindo grandemente para a pesquisa, em bases regionais e mesmo estaduais. Temos várias atividades científicas básicas e de pesquisa, as quais são altamente centralizadas pelo Departamento de Agricultura em Washington, de tal forma que encontramos um conjunto de instituições federais, estaduais e mesmo locais, com agências espalhadas por toda América. Cada pequeno condado nos EUA possui um agente local que tem a incumbência de divulgar — ao nível de cada agricultor — as últimas informações científicas. Estas atividades têm sido rigorosamente socializadas há 100 anos na América. Em outros aspectos da agricultura americana, onde o mecanismo de lucro privado tem funcionado melhor, tem-se deixado a cargo do próprio mercado. Estou sugerindo que precisamos dar mais atenção, de modo não dogmático, à maneira pela qual se fazem as ligações entre os setores públicos e privado. E certamente não estou sugerindo que o modelo norte-americano deva servir como um exemplo ideal para outros países, cuja situação pode ser bastante diferente.

Gostaria de levantar um outro ponto pois enfatizei na minha apresentação anterior principalmente a pesquisa básica. O professor Castro estava com toda razão quando apontou a importância da pesquisa que pende para o lado mais aplicado. De fato, uma das razões por que fico algo insatisfeito com muitas das coisas que são ditas sobre P&D, como indicador de ciência, é precisamente o fato de eu acreditar que trabalhar com despesas agregadas de P&D geralmente esconde mais do que revela e, neste caso particular, se formos desagregar gastos de P&D nos Estados Unidos, descobriremos que o grande volume da pesquisa científica pende para o pólo mais aplicado do espectro. De fato, é tão aplicada que eu hesito em chamar de ciência grande parte do chamamos de P&D.

Para começar, nos Estados Unidos, mais de 80% do que chamamos P&D, é D e não P. É desenvolvimento, não é pesquisa. Não é ciência. É engenharia, é técnica, é desenvolvimento. É projeto, é procura de aplicações comerciais para a ciência, enquanto pretende ser em si mesmo ciência. E realmente não é verdade que a maior parte do volume de P&D seja ciência pura. É principalmente atividade de engenharia na sua forma mais desenvolvida e aplicada. Parece-me que uma parcela significativa da experiência americana — considerando que obtivemos muito sucesso — não se deveu tanto à ciência pura, mas ao desenvolvimento de vínculos entre ciência pura e as maneiras pelas quais a informação útil pode ser aplicada praticamente na direção do desenvolvimento. Aí temos os engenheiros e pessoas que acompanham as possibilidades do mercado, pessoas que sabem algo sobre isso e que podem assim fazer

julgamentos fundamentados. Em outras palavras, é para a finalidade comercial que se direciona grande parte do P&D importante nos Estados Unidos.

Estou satisfeito por ter tido a oportunidade de fazer uma intervenção sobre este ponto, acho que não lhe havia dado a devida ênfase na apresentação de meu trabalho. Obrigada.

*Prof. Castro:* Acho que é indispensável fazer uma observação porque, certamente, expressei-me mal ou houve um problema de tradução. Eu queria realçar que quando falei de *coletivo* e de *trabalho socializado* nada, rigorosamente nada, tinha a ver com *privado* versus *público*.

Eu estava dizendo o seguinte: no caso do açúcar, já no século XV ou no século XVI, temos uma fábrica que tem o esmagamento, as caldeiras sucessivas, o branqueamento, etc. . . Tudo isso é um processo de produção onde se revezam equipes de trabalhadores que chegam, saem doze horas depois, voltam, trabalham conjugadamente, dividindo o trabalho que é coordenado por uma disciplina que em grande medida provém da técnica. Nesse sentido o trabalho está socializado; nesse sentido ele é coletivamente dado. É tão coletivamente dado, é tão socializado quanto o trabalho hoje em qualquer fábrica da United Steel. Isso é fundamental no meu argumento, porque é esse processo de socialização que desagrega, separa o conhecimento da habilidade. No artesanato e no camponês, que existiam ainda na Europa nos séculos XV, XVI e XVII, estão integrados conhecimento e trabalho. A ciência pertence praticamente a uma outra classe social. É feita ou nos mosteiros ou nas cortes e não tem nada a ver com a produção.

O que eu estava assinalando é que, precocemente, no açúcar são cradas as condições materiais objetivas para que, de um lado, se tenha o processo produtivo já socializado e reduzido a tarefas simples etc., e de outro lado, uma ciência mecânica, alquimia, etc., e que está refletindo sobre as condições presentes. É nesse sentido que eu estava falando de socialização. Existe esse fenômeno muito antes no açúcar que em qualquer outra parte. Esse é o meu ponto.

Só para deixar bem claro o sentido que estou dando a isso: o trabalhador que está trabalhando aqui seria um escravo, por exemplo. Ele não sabe o que está fazendo na sua totalidade, não domina o processo em nenhum sentido, etc. É como um trabalhador do aço nos Estados Unidos do século XX, apesar de estar no Brasil no século XVI. Taylor dizia que a principal condição para que um tra-

balhador trabalhe bem o ferro guza, é que ele seja tão pachorrento e imbecil que mais pareça, na sua constituição mental, uma vaca. Pois bem. Isso é porque todas as condições do conhecimento foram retiradas dele. Isso é o que o escravo fez no Brasil já no século XVI. O conhecimento, o quadro geral, a visão de conjunto já estão fora dele e, possivelmente, estão criadas as condições para que a ciência se desenvolva fora, etc.

*Prof. Mendelsohn:* Acho que o debate desta manhã abordou muitos pontos que me parecem críticos para a discussão das relações entre ciência e tecnologia, ciência e sociedade, tecnologia e sociedade. Comecei a ver que nessa discussão as fronteiras destas relações estavam emergindo, e este é um ponto que deveríamos aprofundar mais. Gostei especialmente do modo como o conferencista e o debatedor começaram a desagregar alguns dos pontos importantes que constituem estas relações; e, particularmente, acho importante reconhecer, tanto na fala do professor Castro quanto na do professor Rosenberg, a extensão em que as condições e desenvolvimentos históricos específicos moldam as instituições de formas diferentes. As experiências nacionais realmente se diferenciam; as condições geográficas e acontecimentos políticos das diferentes sociedades também têm seu peso. Isto tornou-se bastante claro quando o professor Rosenberg citou os agentes rurais locais estabelecidos pelo governo e seu papel na difusão do conhecimento. Eles tiveram um papel bastante importante dentro dos Estados Unidos, papel este que não foi desempenhado de forma semelhante, pelo menos que eu saiba, em qualquer outro país do mundo. Isto, entretanto, fez-me pensar em um ponto que eu gostaria de desenvolver um pouco mais e talvez até mesmo pedir ao professor Rosenberg ou ao professor Castro que comentassem. É a relação que surgiu no debate desta manhã entre geração e difusão de conhecimento.

O sentido dos comentários do professor Rosenberg parece ser que na geração de conhecimento há de certa forma ciência mas que, em relação à difusão do conhecimento, ocorre outra coisa. Não fiquei muito convencido. Se entendi bem, o que a revolução científica fez (e, aliás, foi uma de suas conseqüências), foi não só desenvolver novos conhecimentos, novas técnicas, novos modelos e estruturas conceituais; ela também pôs em ação um modo de se obter conhecimento e de usá-lo. A tecnologia dos séculos XVIII e XIX, a meu ver, surgiu de maneira bem diferente da tecnologia do período anterior. Não que tenha usado conceitos e técnicas específicas de uma dada ciência, embora isto tenha acontecido em campos e períodos diferentes, como Rosenberg mostrou tão bem esta manhã. Mas a ciência elevou o nível de abordagem racional explícita para o de obtenção e uso da técnica. E me parece que uma das coisas que

temos que considerar é a difusão, não só das estruturas conceituais de uma nova ciência, mas da maneira como ela se utiliza para conhecer a realidade, do modo de conhecer que se tornou mais difundido em muitas sociedades. De fato, um dos pontos que consideraria como sendo de importância crítica para a nossa compreensão da natureza da ciência dentro da sociedade, é o de não só pesquisar as instituições mas também saber como o conhecimento adquirido e as estruturas para se alcançar aquele conhecimento são manejados dentro de uma sociedade como um todo.

Acho que Rosenberg disse que a existência de alguns poucos gênios isolados produzindo novos conhecimentos não diz muito sobre a natureza do desenvolvimento daquela sociedade. Eu diria que não diz muito sobre a ciência daquela sociedade. É o que acontece com currículo escolar. É o que acontece quando um povo se defronta com uma variedade de tarefas nas quais não está gerando conhecimento mas sim abordando o mundo que o cerca, a natureza e os outros seres humanos. Estará este povo fazendo isto com base nos desenvolvimentos a que damos o nome de "modo científico do saber"? Que diferença isso faz? E, particularmente no contexto da discussão desta manhã, que diferença isso faz para a natureza das sociedades? A meu ver, uma coisa importante tem sido o desenvolvimento de uma série de estruturas e infra-estruturas sociais que propagaram o conhecimento de formas diferentes e difundiram abordagens daquele conhecimento para diferentes grupos dentro da sociedade.

Rosenberg foi diretamente ao ponto, esta manhã, ao lembrar o exemplo americano. Uma das coisas que me surpreendem como historiador que analisou o exemplo americano, particularmente no século XIX, e minuciosamente no início do século XX, é até onde o modelo agrícola e as necessidades agrícolas da sociedade foram realmente fortes. E, de fato, o primeiro campo que os Estados Unidos conquistaram no âmbito científico, onde se ganhou preeminência na inovação, foi a genética. As raízes desse campo de estudo na agricultura são bastante fortes. Mas os outros campos que estavam projetando as formas institucionais nas quais a ciência deveria ocorrer ao lado da agricultura, foram de fato a geologia, a mineralogia e a história natural. Era um novo continente, com pessoas se transferindo para lá, definindo sua fauna e sua flora. Estavam essencialmente redescobrimdo o continente americano pela segunda vez.

Ao mesmo tempo, o impulso geográfico, institucionalizando o conhecimento e os modos pelos quais ele seria difundido, foi outro elemento importante para o modo como o conhecimento científico

seria manipulado e usado, suas diferentes expectativas, diferenciando particularmente a ciência americana da ciência européia do século XIX. Este era um ideal democrático, ou a democratização do ideal de conhecimento dentro da sociedade americana. As faculdades estabelecidas pelo governo representam claramente isto. A criação, na década de 1850, da educação pública em larga escala em todos os Estados da União tornou-se um ideal importante. Isto tende a significar que, com o conhecimento mais difundido, não se dá tanta ênfase à criatividade de uma elite. No ideal científico americano, o conhecimento é difundido de forma que cada cidade tenha sua própria história ou sua sociedade amadora de geologia. É muito mais difundido que na Europa, na mesma época, ainda que se tivesse lá o mesmo conhecimento. Isto deu forma à ciência americana. Não que os americanos não estivessem fazendo ciência básica no século XIX, mas que o que faziam não era tão original. O ideal do obter conhecimento existia, mas era muito mais difuso.

E acho que parte do nosso modelo social das ciências deve incluir não apenas a inovação, a criação da ciência, mas também o modo pelo qual uma sociedade difunde, mantém e usa este conhecimento, já ao nível científico, antes mesmo que se trate dos tópicos da tecnologia propriamente dita. Porque isto nos dá motivos reais para olharmos para exemplos históricos concretos, de nação para nação, de período a período. Obrigado.

*Prof. Rosenberg:* Estou satisfeito que o professor Mendelsohn tenha levantado este ponto e de certo modo nada tenho a acrescentar. A questão foi muito bem apresentada e acho que foi muito importante a sua inclusão porque possibilitou uma visão especializada da natureza de algumas das coisas que estivemos tratando aqui. E, certamente, concordo inteiramente que precisamos discutir isso. Deixem-me evocar meus comentários anteriores, falando não apenas sobre o novo conhecimento em termos de pesquisa pura e o novo conhecimento que está sendo gerado, como também dando atenção aos meios pelos quais este conhecimento está sendo difundido.

Certamente deve ser dito que, mais uma vez no caso americano, parte da explicação para a rápida difusão do conhecimento útil está intimamente ligada ao fato de que nosso sistema educacional público estabeleceu um alto grau de alfabetização logo ao primeiro estágio do nosso desenvolvimento. De fato, a melhor época para se fazer qualquer tipo de estudo comparativo sobre a alfabetização (trata-se de um índice muito imperfeito mas é o melhor de que dispomos) entre países diferentes é por volta de 1830. Nessa

época é patente que a população dos Estados Unidos tinha o maior índice de alfabetização, provavelmente em todo o mundo. Realmente, comparando com países europeus, mesmo levando-se em conta a população escrava, os Estados Unidos estavam em primeiro lugar mesmo se quisermos considerar que todos os escravos eram analfabetos. Demos grande atenção a isto e estabelecemos altos índices de alfabetização muito cedo.

Retomando outros pontos interessantes levantados pelo professor Mendelsohn, quero dizer que concordo enfaticamente que a importância da ciência não está confinada simplesmente a um pequeno número de praticantes de elite, mas aos meios pelos quais a atividade científica é mais largamente difundida. Esta atitude científica pode influenciar as coisas que as pessoas fazem, o modo como abordam determinados tipos de problemas, mesmo que estas pessoas não sejam, de maneira nenhuma, cientistas ou tenham qualquer tipo de treinamento científico. Embora possa ser verdade que a parcela de ciência pura, digamos em meados do século XIX na América, tenha sido muito limitada, deve-se considerar a existência de determinadas atitudes: a abordagem experimental dos problemas tecnológicos, a observação cuidadosa de fenômenos empíricos, o pensamento sistemático, a abordagem de novos tipos de problemas. De sorte que, se definirmos ciência de um modo mais amplo a fim de incluir determinadas atitudes, hábitos sistemáticos de abordagem, identificação de problemas objetivos e os modos de observarmos as provas e avaliá-las — se definirmos a ciência deste modo bastante amplo e aberto — eu concordo que houve muito de ciência presente no desenvolvimento americano e a importância da ciência neste sentido amplo e aberto para o desenvolvimento econômico dificilmente pode ser exagerada.

Bem, esta é uma afirmativa que é estimulada pela observação e é claro que, em um mundo altamente competitivo — e nós vivemos num mundo assim — a posse da ciência, ou expressando-me de outra forma, o fracasso com relação à posse de uma ciência adequada, sob controle, pode colocar um país em uma posição competitiva desvantajosa. Ou seja, os países com grande capacidade científica podem, repetidas vezes, responder à natureza mutável das condições econômicas mundiais de modos que não estão disponíveis a países que não têm aquela capacidade científica. E, afinal de contas, isto é algo que eu não tenho que enfatizar para uma audiência sul-americana, onde o século XX apresenta cada vez maiores inovações científicas que tiveram muitas consequências para os mercados tradicionais. Considere-se, em alguns países sul-americanos, o impacto da introdução do plástico, digamos, na indústria de gado ar-

gentino, nas exportações de couro, e o impacto em outras partes do mundo da substituição da borracha natural pela sintética; considere-se toda a nova indústria de fibra sintética que, afinal de contas, revolucionou os têxteis do mundo e o impacto que isto teve nos fornecedores tradicionais de lã e algodão e assim por diante. Portanto, gostaria de deixar claro que concordo que devemos pensar sobre ciência dentro de um contexto competitivo. Ciência é um instrumento muito poderoso que confere uma enorme vantagem competitiva para aquelas economias que a têm, e uma grande desvantagem competitiva àquelas que não a têm. Obrigado.

*Prof. Castro:* Um dos pontos que o professor Rosenberg tinha ressaltado, e no qual eu estive de acordo com ele, é que há uma considerável independência entre ciência e tecnologia que se expressa muitas vezes numa defasagem muito grande entre progresso técnico, como o do século XIX nos Estados Unidos, e ciência que não houve nos Estados Unidos no século XIX.

Acho que a partir da observação do professor Mendelsohn, isso tendeu a se obscurecer um pouco, e acho também que o professor Rosenberg fez uma concessão que não é perfeitamente compatível com a tese dele. Parece-me que a lembrança do professor Mendelsohn sobre a importância do sistema educacional norte-americano diz muito sobre a estrutura democrática e aberta dos E.U.A. no século XIX, para a qual eu só tenho elogios. Mas nada diz a respeito do problema da ciência, nos Estados Unidos, a meu ver. Porque isso tem muito mais a ver com a estrutura da sociedade norte-americana do século XIX do que com a ciência norte-americana do século XIX, que era totalmente imitativa.

No Brasil nós não tínhamos escolas e não tínhamos ciência. Mas o fato de que não tínhamos escola não tem a ver com o fato de que não tínhamos ciência. Nós não tínhamos escolas, inclusive, porque não teria nenhum sentido para a estrutura econômico-social brasileira da época, com a propriedade altamente concentrada, com a produção já nuclearizada em grandes unidades tais como engenhos, grandes fazendas de café, etc. A escolaridade não tinha nenhum sentido nessa estrutura altamente antidemocrática, altamente fechada. Ademais, nós não tínhamos ciência. Mas isso é um problema que, naquele contexto histórico, tem relação com o problema de elite e não com o problema de educação pública. O problema da educação pública é profundamente lamentável no Brasil, e relaciona-se com a sua estrutura não democrática, com a concentração da propriedade, etc. E não tem nada com a ciência no Brasil, que também não existia no século XIX nos Estados Unidos.

*Auditório:* Hoje, como ontem, temos discutido bastante as relações entre ciência e tecnologia e suas consequências no desenvolvimento não só industrial como econômico. Eu gostaria de fazer uma clara menção a um ingrediente que julgo da maior importância na ligação entre ciência e tecnologia, ou entre ciência e desenvolvimento tecnológico. É o papel preponderante do capital. O capital, como força propulsora da tecnologia e também como um dos seus principais beneficiários. Na verdade, o desenvolvimento tecnológico se faz movido não só por *inputs* científicos, mas também motivado por outras ações, dentre as quais eu ressalto a função e os interesses do capital. Faço questão de colocar este ponto porque me parece da maior relevância que não só tenhamos condições de controlar os ingredientes do desenvolvimento tecnológico, como também de dar a ele um destino. E este seria o de uma sociedade que pretendemos fazer, uma sociedade que pretendemos mudar. A sociedade que queremos no Brasil é uma sociedade que seja controlável, não só nos seus aspectos de consequências sociais, mas também, controlada nos efeitos desse desenvolvimento tecnológico.

*Prof. Weingart:* Gostaria de apontar para uma questão que foi levantada pelo professor Everett Mendelsohn. Se entendi bem a história econômica na última década, as análises de ciência e tecnologia têm sempre girado em torno das definições desses dois conceitos. E a diferenciação entre eles se dá pelos tipos de buscas que estão sendo descritos, na maior parte das vezes em termos cognitivos, ou pelos tipos de instituições e objetivos de organização. E pode ser que, especialmente com relação à organização da ciência, por um lado, e tecnologia pelo outro, estas análises sigam estruturas que em sua maior parte foram estabelecidas no século XIX e existiram até, digamos, a Segunda Guerra Mundial, nem sempre com tanta evidência em todos os países. Algumas das discussões insinuaram que estas instituições mudaram e, como isto ocorreu, os conceitos que temos também podem mudar ou devem mudar nas análises que usamos. Não há mais uma linha clara entre instituições de ciência básica ou instituições de engenharia e tecnologia, pelo menos — e como já foi dito aqui — enquanto esta diferenciação prevalecer em algumas áreas e desaparecer em outras. E se observarmos o fato deste ângulo, as configurações que aparecem no desenvolvimento do conhecimento irão, ao mesmo tempo, refletir as influências externas que interferem no desenvolvimento do conhecimento e sua difusão. Isto, é lógico, pode levar não necessariamente a um resultado diferente do que foi dito, mas a um conhecimento mais refinado sobre as inter-relações entre o conhecimento científico no sentido tradicional, os objetivos sociais que lhes são aplicados e o processo de difusão como um todo.

*Auditório:* Em primeiro lugar, quero agradecer ao debatedor a inclusão do exemplo do açúcar que, como brasileiro e economista agrário, achei muito interessante. Vou, porém, destacar um aspecto que o ilustre professor talvez não tenha enfatizado.

Gilberto Freyre em “Casa Grande e Senzala” e “Sobrados e Mocambos” mostra que a indústria açucareira é uma agro-indústria, devendo então ser interpretada dentro desse sentido, como monocultura escravocrata. Deste modo, ela incorporou conhecimento tecnológico não gerado no Brasil. Aproveitou o massapê gordo da zona da mata pernambucana, vale dizer, condições naturais, e mão-de-obra barata para conseguir aquele desenvolvimento que motivou uma das maiores “empresas” mundiais da época, a Holanda, a invadir o Brasil, naquela região, e dominá-lo de 1630 a 1654.

O que aconteceu depois que o braço brasileiro expulsou esses holandeses, assim como expulsou os franceses e outros povos que tentaram conquistar o território? Aconteceu que essa tecnologia passou para as Antilhas e o Brasil, que tinha sido o maior produtor mundial de açúcar, perdeu essa tecnologia que só foi recuperar no século XIX. Esse é um aspecto muito importante, que eu gostaria de lembrar juntando ao depoimento de um grande economista alemão, chamado Werner Sombart, para mostrar que o produto do ciclo do açúcar foi transferido internacionalmente para outros centros econômicos e tecnológicos, da mesma maneira que o ouro das Gerais foi transferido via Portugal, segundo Sombart, para se tornar um dos fortes sustentáculos da revolução industrial inglesa. De modo que é este aspecto, ao se discutir ciência e tecnologia no sentido econômico, que nós devemos destacar, quando falamos no Brasil.

Agora me refiro especificamente ao ilustre conferencista Rosenberg. No sentido de desenvolvimento econômico que o conferencista utilizou há uma conotação, segundo ele, de índice de renda *per capita*. Todavia o conselho econômico das Nações Unidas, tem ultimamente demonstrado que, pura e simplesmente, este índice econômico de renda *per capita* não é índice de desenvolvimento, senão países do Oriente Médio, grandes produtores de petróleo, ou a Venezuela, por exemplo, aqui perto de nós, seriam países altamente desenvolvidos, o que não são.

Há outros índices, tais como, evolução do grau de alfabetização, margem progressiva de população ativa, composição da população através de empregos, índices de natalidade, índice de mortalidade, produtividade por setores. Neste caso, por exemplo, o Brasil

produz por hectare de arroz, cerca de dois mil e quinhentos quilos. Os Estados Unidos, na Louisiana, tem quatro mil e quinhentos quilos e o Japão tem cinco mil e quinhentos quilos, muito superiores ao do Brasil. De modo que esses aspectos de produtividade, quer dizer, de melhoria de trabalho técnico, de esforço do homem e de outros recursos, devem ser conectados quando se fala em desenvolvimento.

Por último, nesse sentido dos índices, gostaria de salientar os aspectos do sistema educacional. Quando se fala em ciência e tecnologia, não há porque deixar de enfatizar o sistema educacional. Quando o Japão, por exemplo, antes da Primeira Guerra Mundial, principalmente depois da Primeira Guerra, começou o seu grande esforço de produção nacional, desenvolvimento industrial, ele fez uma transferência de tecnologia que foi — há pouco eu comentava isso — absorvida, primeiro, pelo sistema educacional japonês, até hoje muito forte. Segundo, pela disciplina de trabalho, até hoje também muito forte. De modo que, quando os Estados Unidos no século XIX, desenvolveram o setor siderúrgico, partindo do núcleo de Pittsburg, não tinham desenvolvimento de ciência básica. Mas tinham ciência aplicada advinda dos centros europeus, a Inglaterra e a Alemanha. Tiveram uma locação de produtos de matéria-prima muito feliz, carvão e minério de ferro vizinhos, e mão de obra altamente especializada da Europa Central, dos *yucon*, mestres tchecos e húngaros que foram, no início da siderurgia de Pittsburg, segundo os melhores historiadores americanos, a mão-de-obra importada, altamente especializada que construiu o cerne daquele desenvolvimento. Então, gostaríamos de lembrar que, quando se fala em aplicação de tecnologia, e não no desenvolvimento de ciência, há que se reportar à ciência haurida de outros países, transferida, absorvida e reelaborada no sistema educacional.

Como nós estamos, no Brasil, numa posição em que recebemos tecnologia importada, estamos querendo gerar tecnologia própria, há de certa maneira, um dilema entre alguns segmentos ou estamentos da sociedade brasileira sobre se se deve dar mais ênfase à ciência básica e não à ciência aplicada, vale dizer, tecnologia. Gostaria de pedir ao ilustre conferencista, que trouxe hoje, com sua rica e fecunda experiência pedagógica, um equilíbrio maior a este seminário — uma vez que ontem, a ênfase dada à ciência pura pareceria um esquema a ser seguido pelos países menos desenvolvidos — elaborasse alguns conceitos sobre a nossa grande preocupação neste momento: alternativas econômicas para a transferência de tecnologia ou geração tecnológica neste país continente? Muito obrigado.

*Prof. Rahman:* Tenho algumas restrições às idéias que foram apresentadas pelo prof. Rosenberg. Minhas reservas dizem respeito às relações que estamos tentando descobrir em um determinado estágio de desenvolvimento da ciência.

Gostaria de abordar a afirmação de estarmos sempre exagerando o significado e importância da revolução industrial na história. Se assim é, não estaríamos dando ênfase excessiva, no processo da revolução industrial, ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia? Ciência, tecnologia e seu ritmo de desenvolvimento significam para certos países um processo amplo, não só em termos de ciência e tecnologia, mas também de toda a sua economia. O que estou tentando sugerir é que temos que olhar para o processo como um todo. Então, quando falamos de desenvolvimento, gostaria de fazer uma pergunta: qual é a definição de desenvolvimento que preferiríamos? Temos uma série de conceitos sobre desenvolvimento e maneiras de como mensurá-lo, mas o que estamos questionando é se é coerente com a preservação do meio ambiente, com os objetivos humanos, com os objetivos sociais. Será que é este o desenvolvimento do qual estamos falando?

Quando nos referimos à ciência, geralmente consideramos ciência como sendo um corpo unificado de conhecimento. Entretanto, tomemos por exemplo a geologia inglesa dos séculos XVIII e XIX, quando existiram duas tendências no conhecimento geológico: uma, foi gerada pelas pessoas que pertenciam à aristocracia rural, e seus conhecimentos geológicos e científicos eram relativos ao período de formação da Terra e demais problemas geológicos; a outra tendência, eminentemente prática, cujo conhecimento geológico foi acumulado pelos membros da academia real de geologia e engenheiros que trabalhavam nas minas. Estes são alguns dos fatores que gostaríamos de analisar e considerar. Precisamos de um tipo de perspectiva diferente da que vem sendo desenvolvida até agora, baseada puramente na cultura européia e nos problemas deste ou daquele país.

Outro ponto que gostaríamos de levantar está ligado a problemas com que deparamos hoje em dia: até onde podemos tentar entender os fatores à luz de uma perspectiva histórica? O professor Joseph Medan desenvolveu uma teoria de desenvolvimento da ciência e tecnologia baseado na ética, esquecendo-se de que há ligações entre matemática e tecnologia. Temos exemplos, em algumas áreas de cultura não européia, onde isto ocorreu e mesmo assim não resultou no tipo de desenvolvimento que ocorreu na Europa. Conseqüentemente, existem alguns outros fatores que devem ter apareci-

do. Gostaria então de sugerir que, ao invés de olharmos os tópicos individualmente, vissemos o processo de evolução da sociedade como um todo, em um determinado período. E se fizermos isto, descobriremos que houve um desenvolvimento de atividades científicas, tecnológicas, culturais e outras. As ligações deste desenvolvimento, não sabemos ao certo; e as forças sociais que geraram este período no qual estas ligações e desenvolvimentos ocorreram, não temos sido capazes de compreender adequadamente. Tomo como exemplo o período compreendido entre o século XV e XVI na Índia. Havia um desenvolvimento muito grande relacionado com o enxerto de frutas e árvores, com a engenharia, com a matemática e com a astronomia. Mas mesmo assim o desenvolvimento chegou a um ponto sem saída devido a certas forças. Logo, o que eu gostaria de sugerir é que ao invés de isolarmos alguns sistemas ou atividades humanas e tentarmos descobrir suas ligações, devemos observar o processo de desenvolvimento social num período particular da história.

Não gostaria de concluir sem uma reflexão sobre a palestra, que foi muito bem apresentada, bastante lógica e ilustrativa. Trata-se de uma observação feita por um professor amigo. Ele me convidou para tomar chá na sua universidade. Cheguei lá e, como não conseguisse encontrá-lo, resolvi preparar uma xícara de chá. De repente ouvi um ruído na sala vizinha e, ao entrar, vi o professor sentado sozinho no escuro. Pedi-lhe desculpas e disse: “Desculpe-me, professor, perturbei seus pensamentos”. E ele retrucou: “Eu não estava pensando, estava apenas tentando reorganizar meus preconceitos”. Obrigado.

*Prof. Rosenberg:* Presumivelmente, seminários como este são oportunidades para todos nós reorganizarmos nossos preconceitos...

Gostaria inicialmente de responder aos comentários do auditório, dizendo que eu fui criticado, com justiça, por algo que usei para responder a uma crítica feita anteriormente. Especificamente, critiquei o professor Price por operar em um nível muito elevado de agregação com relação aos gastos de P&D, e agora foi apontado muito justamente que eu tenho trabalhado com indicadores superficiais do desenvolvimento econômico. Aceito a crítica. Uma vez que o tema central do meu debate foi a maneira pela qual o desenvolvimento econômico se relaciona com ciência e tecnologia, quis manter a noção de desenvolvimento econômico constante enquanto estabelecíamos uma relação entre ciência e tecnologia. Concordo que um aumento na renda *per capita* é uma medida ineficaz para o desenvolvimento econômico. É uma medida que esconde muito. Não

abrange a distribuição de rendas, não abrange os tipos de considerações levantadas pelo professor Rahman. Só posso dizer que o desenvolvimento econômico, obviamente, é um fenômeno muito complexo para que possamos englobá-lo em um só índice, como o de aumento substancial na renda *per capita*. Está obviamente ligado a organização da atividade econômica na sociedade, e muito mais amplamente com os modos de pensar e assim por diante. Mas discutir isto de modo sistemático requereria uma palestra totalmente diferente. Obrigado.

## TEMAS DAS CONFERÊNCIAS

- Dr. Everett Mendelsohn – “História da Ciência e Estudos em Política Científica”.
- Dr. Derek de Solla Price – “Ciência da Ciência: Uma Contribuição para a Política Científica e Tecnológica Brasileira”.
- Dr. Nathan Rosenberg – “Aspectos Históricos das Relações Econômicas da Ciência e da Tecnologia”.
- Dr. Georges Ferné – “A Tecnologia na Política Científica Nacional”.
- Dr. Peter Weingart – “Possibilidades e Limites do Uso da Ciência na Solução de Problemas Sócio-Econômicos Complexos”.
- Dr. A. Rahman – “Ciência e Desenvolvimento: a Experiência da Índia”.
- Dr. Nicolas Jequier – “Segunda Geração de Tecnologias Apropriadas”.
- Dr. Jean-Jacques Salomon – “Estudos para Política Científica e Planejamento Científico”.

### COLABORAÇÃO:

*Departamento de Assuntos Científicos –  
Organização dos Estudos Americanos – OEA  
Conselho Nacional de Desenvolvimento  
Científico e Tecnológico – CNPq*

### ORGANIZAÇÃO:

*International Council For Science  
Policy Studies – ICSPS  
Coordenação de Estudos – CET  
Superintendência de Planejamento – SUP/CNPq*