

Ainda há um longo caminho para a ciência e tecnologia no Brasil

*Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
contini@agricultura.gov.br

Elisio Contini*
Patrick Séchet**

** Institut de Recherche pour le développement
sechet@paris.ird.fr

Resumo

O presente artigo analisa a situação da ciência e tecnologia, para os principais blocos de países, em termos de investimentos, capital humano e produção científica, adotando o indicador de publicações indexadas no Science Citation Index. Dados do Observatoire des Sciences et des Techniques (OST) demonstram uma forte concentração na produção científica mundial, com o domínio de três blocos de países: Europa (42,1%), América do Norte (31,8%) e Ásia (18,2%). Apesar de esforços e progressos recentes, o Brasil participa com 1,1%. Mesmo adotando-se uma política científica e tecnológica correta, é essencial para o desenvolvimento do País a absorção dos conhecimentos gerados no exterior. Recomenda-se a continuidade e fortalecimento de treinamento no exterior, criação de parcerias, como laboratórios virtuais no exterior, e esforço concentrado no fortalecimento dos centros nacionais de pesquisa.

Palavras-chave: ciência e tecnologia; produção científica; conhecimento científico.

Abstract

This article analyzes the situation of science and technology by key country blocks in terms of investment, human capital and scientific production, according to indicators published by the Science Citation Index. Data from the Observatoire des Sciences et des Techniques (OST) demonstrate a strong concentration of the world's scientific production in three country blocks: Europe (42.1 %), North America (31.8%), and Asia (18.2 %). Brazilian participation is limited to 1.1 % of the total number of publications, despite recent governmental efforts and achieved progress in this regard. Therefore, even if Brazil adopts correct scientific and technological policies, the absorption of knowledge generated abroad is essential for the country's development. The article concludes by recommending the continuation and strengthening of policies related to training abroad, the establishment of partnerships, such as virtual labs in foreign countries, and the improvement of national centers.

Keywords: science and technology, scientific production, scientific knowledge

1. Introdução

O conhecimento e sua aplicação tornaram-se o insumo básico para o progresso dos povos. À divisão entre possuidores ou não de recursos naturais, de capital físico, segue-se a separação entre as nações detentoras ou não de conhecimentos e tecnologias. Na atualidade, o conhecimento aplicado divide os povos entre ricos e pobres. Como corolário dessa, resulta o princípio de que o desenvolvimento de um povo depende da geração e/ou aquisição de conhecimentos, onde eles estiverem.

Periodicamente, convém verificar quanto os países investem, quais seus recursos humanos e o volume de sua produção científica. Essas comparações servem para posicionar o País no cenário científico e tecnológico, subsidiam políticas públicas para o fortalecimento do setor. Afinal, a produção científica resulta de uma sólida infra-estrutura de pós-graduação, principalmente de formação de recursos humanos, um dos objetivos fundamentais das instituições de ciência e tecnologia do País.

Esforço do dimensionamento de indicadores de ciência e tecnologia foi realizado com dados do Escritório de Ciência e Tecnologia (OST 2002)¹ até o ano de 1998 e publicado na *Revista Ciência Hoje* sob o título de “Os Donos do Conhecimento no Mundo” (Contini et al., 2004). A mensuração da produção científica, baseada em número de publicações indexadas no Science Citation Index leva a questionamentos quanto à sua relatividade, não necessariamente retratando os esforços recentes de países em progresso rápido, como o Brasil ou quanto ao seu impacto para o desenvolvimento econômico e social (Dantas, 2004). Reconhece-se que há espaço para aperfeiçoamento das análises, principalmente quanto à qualidade e impacto da produção científica. Mas, de maneira nenhuma, invalida os dados apresentados, notadamente quanto à possibilidade de comparações internacionais.

Em outubro de 2004, o OST publicou novos indicadores de ciência e tecnologia, com dados até 2001, destacando o Brasil da América Latina. Além dos países tradicionais como os Estados Unidos, a União Européia e o Japão, incluem-se dados para a China e a Índia, que, com o Brasil, foram o trio de países emergentes com potencial de progredir na aplicação e geração de conhecimentos.

O objetivo do presente trabalho é analisar a evolução dos indicadores de ciência e tecnologia, verificar a evolução, particularmente para o Brasil, e indicar caminhos para avançar no domínio e apropriação do conhecimento e de suas aplicações práticas. Cabe salientar que as comparações internacionais tornaram-se possíveis por existirem metodologias e protocolos de levantamento de dados normalizados em nível internacional, introduzidos pela Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OECD), em particular o *Manual de Frascati* (OECD, 2002).

¹ O OST é uma organização de interesse público, criada em 1990 e renovada por mais 12 anos a partir de 2002. Congrega 13 organizações, como ministérios franceses, institutos e associações de pesquisa.

2. Investimentos em pesquisa e desenvolvimento

Um dos indicadores para o progresso da ciência e tecnologia e suas perspectivas futuras é verificar quanto os países investem na área. São recursos financeiros para o pagamento de recursos humanos qualificados, construção e manutenção de infra-estrutura, equipamentos de laboratórios e gastos operativos com insumos para a pesquisa, viagens técnicas e publicações e comunicação.

Quanto a investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D), as mudanças de 1998 a 2001 não são tão significativas. Os três grandes blocos (América do Norte, Europa e Sul da Ásia) continuam líderes absolutos, com 94% das despesas mundiais em P&D. De um investimento total de 727 bilhões de euros em 2001, mensurados sob o conceito de “paridade de poder de compra” (PPC), que favorece as comparações internacionais, a América do Norte realiza 36% desses investimentos, o que representa 2,7% em relação ao seu Produto Interno Bruto (PIB) total. A Ásia como um todo é responsável por 30% desses investimentos, com uma relação gastos em pesquisa/PIB de 1,7%. A Europa responde por 28% dos gastos e uma relação pesquisa/PIB de 1,7%. Além desses valores, no Gráfico 1, mostra-se a participação de regiões e países no PIB e na população mundial.

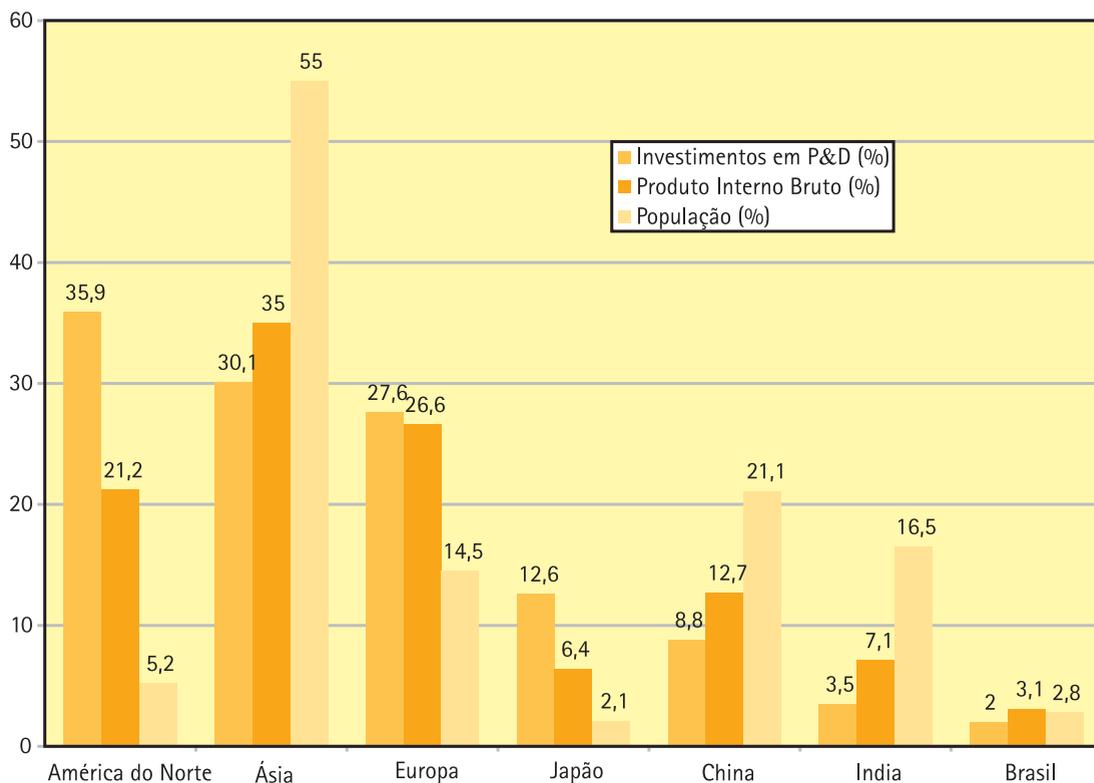


Gráfico 1 – Investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D), Produto Interno Bruto (PIB) e população – regiões e países – 2001 (em % sobre o total mundial)

Fonte: OST, 2004.

Em termos de volume de recursos investidos em P&D, os Estados Unidos sozinhos concentraram, em 2001, um terço das despesas mundiais (242 bilhões de euros), superando os gastos totais da Ásia e também da União Européia dos 15 países. O país que investe mais proporcionalmente em relação à sua riqueza é Israel, com 5%, seguido do Japão com 3,1%. Entre os países novos, a China investiu 64 bilhões de euros, a Índia 25 bilhões, o Canadá 19 bilhões e o Brasil 15 bilhões de euros, uma quantia próxima à da Rússia (14 bilhões de euros).

Na média mundial, o setor público investe 34,8%, o privado 61,7% e o restante 3,5% correspondem a investimentos externos. O setor privado é preponderante nos países mais desenvolvidos, como no Japão (73%), nos Estados Unidos (67,3%) e na União Européia (56,1%). A exceção é a China com 57,3% de investimentos privados, país com forte intervenção do Estado na economia. Em países menos desenvolvidos, a participação do setor público é preponderante e fundamental, esperando-se que se constitua em uma mola propulsora para criar condições futuras para uma progressiva inserção do setor privado na geração e aplicação de novos conhecimentos científicos.

3. Capital humano na pesquisa

O capital humano e sua qualificação são insumos determinantes para o progresso da ciência e tecnologia. Pesquisadores capacitados em centros de excelência identificam e interpretam adequadamente os problemas, captam necessidades latentes da sociedade, analisam-nas em laboratórios e propõem soluções. Como os problemas são múltiplos e existem muitos ramos do conhecimento, mesmo que haja prioridades, é necessário um contingente considerável de pesquisadores para criar massa crítica e interagir para potencializar resultados.

Em 2001, existiam 4.863 mil pesquisadores no mundo (contabilizados em equivalente de tempo integral), sendo 1.670 mil na Europa, incluindo a Rússia, 1.271 mil nos Estados Unidos, 743 mil no Japão, 665 mil na China e 64 mil no Brasil. De 1996 a 2001, houve um crescimento de 19% em número de pesquisadores, com destaque para os novos países industrializados da Ásia (Coreia do Sul, Taiwan e Singapura) (37%), Turquia (28%), Japão e China (24%), Estados Unidos (23%) e União Européia (19,6%). A Rússia e o Canadá perderam pesquisadores no período.

Mesmo com um crescimento de 7%, o Brasil, em termos relativos, diminuiu em 8% sua participação no mundo, tendo 1,3% dos cientistas mundiais. Em relação à população economicamente ativa total, existia 3,2 pesquisadores por mil (pessoas economicamente ativas) em nível mundial, com 11 por mil no Japão, 8,8 por mil nos Estados Unidos, 5,4 por mil na União Européia (15) e 1,9 por mil no Brasil.

Cabe observar que ciência e tecnologia constituem-se em um setor que emprega mão-de-obra qualificada, haja exemplo das inúmeras tecnópolis (pólos de ciência e tecnologia), criadas em muitas cidades no mundo. A economia do conhecimento é uma realidade em países e regiões avançadas do mundo.

Desagregando setorialmente, observa-se que, em 2001, 61% dos pesquisadores mundiais trabalhavam no setor privado e 39% no público. Há diferenças marcantes entre os países (ver Gráfico 2), com predomínio do setor privado nos Estados Unidos com 81,6%, onde, de cada 5 pesquisadores, 4 trabalham no setor privado; nos novos países industrializados do Sul da Ásia com 68,2%. Na Europa, como um todo e no Japão, a metade trabalhava no setor público e a outra metade, no privado. Predomina o setor público na Turquia (84%), no Brasil (68,7%) e na Oceania (74,5%). No período de 1996 a 2001, houve uma tendência de aumento da participação do setor privado no mundo em 3%, em especial no Brasil, que passou de 7,8% a 31,3%, o que é uma evolução substancial e muito positiva.

Devem-se reconhecer esforços recentes do Brasil, de suas organizações de ciência e tecnologia, como o Ministério da Ciência e Tecnologia, Capes, CNPq, Finep, Fapesp e muitas outras, no sentido de dotar o País de uma estrutura legal, de treinamento formal e de curto prazo, e de instrumentos de financiamento de pesquisas. Segundo dados publicados pela Capes, em 2003, o Brasil tinha mais de 65 mil estudantes matriculados em mestrado e 37,5 mil em doutorado e quase 26 mil formados em mestrado e mais de 8 mil em doutorado (Capes, 2005). Esses resultados são fruto de volumes consideráveis de recursos e de uma política de pós-graduação, orientada para resultados e com continuidade no tempo.

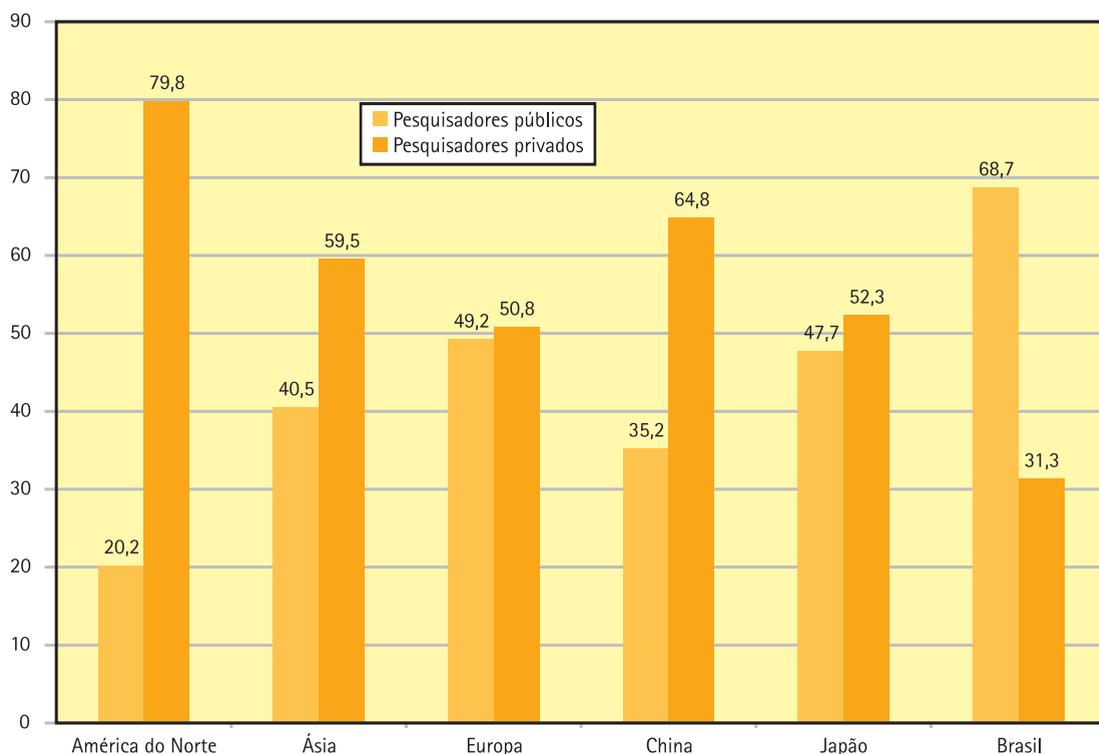


Gráfico 2 – Pesquisadores dos setores público e privado – 2001 (em %)*

Fonte: OST, 2004.

* A publicação Indicateurs de Science et de Technologies do OST não dispõe de informações sobre a Índia quanto ao número de pesquisadores do setor público e privado.

O que indicam esses dados? Uma conclusão óbvia é a forte correlação entre nível de desenvolvimento econômico, investimentos em pesquisa e número de cientistas. O crescimento econômico leva a expandir os recursos para a pesquisa, incluindo capital humano. Crises econômicas atuam em sentido contrário, como é o caso da Rússia. Apesar do louvável progresso feito, o Brasil está muito longe dos líderes em termos de investimento para a pesquisa. Além disso, a participação do setor privado é relativamente baixa, em comparação ao padrão dos países mais desenvolvidos e mesmo da China. Avanços institucionais, como a Lei da Inovação recentemente aprovada pelo Congresso Nacional, aprimoram o caminho para um crescimento mais rápido da ciência e tecnologia no País, particularmente quanto à participação do setor privado.

4. Produção científica

A produção científica é mensurada pelo número de publicações indexadas no Science Citation Index, uma base de dados internacionalmente reconhecida. Pelos dados do OST, a Europa lidera com 42% das publicações científicas mundiais, seguida da América do Norte com 32% e da Ásia com 18%. Essas três regiões perfazem mais de 90% da produção científica mundial. A América Latina e a Oceania possuem 2,5% da produção mundial, cada; as outras regiões têm uma participação insignificante.

A União Européia e os Estados Unidos são os dois pólos dominantes da ciência mundial. A Europa dos 15 países produz 33% das publicações e os Estados Unidos mais de 28%. O Japão com 9% está em terceiro lugar. A China com 3,5%, e um crescimento de 84% entre 1996 e 2001, desbancou o Canadá, este com um crescimento negativo entre 1996 e 2001 (-15%). Destacam-se também forte crescimento da Turquia (83%) e do Brasil com um aumento de 64%, apesar de os valores iniciais serem baixos. Especificamente para o caso do Brasil, começam a aparecer resultados do intenso esforço realizado recentemente, particularmente com o crescimento e a melhoria dos cursos de pós-graduação, como visto anteriormente. Os países que perderam importância relativa foram a Rússia, os Estados Unidos e o Canadá.

Em relação ao critério de citações, os Estados Unidos detinham, em 2001, 42,1% das citações mundiais, seguidos pela União Européia com 33,3% e Japão com 7,5%. Entre os países emergentes, de 1996 a 2001, a China duplicou sua participação (de 0,7% a 1,4%), a Índia passou de 0,9% para 1,6% e o Brasil de 0,3% a 0,5%, considerando-se o mundo como um todo. Embora com valores baixos, esses três países apresentam um bom nível de dinamismo científico.

Em publicações científicas por disciplina, a Europa e a América do Norte representam quase 80% das publicações em Biologia Fundamental, Ciência Médica e Ciência do Universo (ver Tabela 1). Nas três disciplinas e mais Biologia Aplicada-Ecologia, a Ásia participa com menos de 15%. Em Biologia Fundamental, a Europa e a América do Norte possuem, individualmente, cerca de 40% de publicações. Em Ciência Médica e

Ciência do Universo, a Europa domina a América do Norte (45% contra 35%). A Ásia é forte em Química com 30%, sendo 12% para o Japão, 8% para a China e 5% para os novos países industrializados do Sul da Ásia, enquanto que a América do Norte não representa mais que 20%. A Europa lidera também as publicações em Física e Matemática (46% cada). A Ásia é forte em Engenharia e Física (25% cada), destacando-se o Japão (9%), os novos países industrializados (8%) e a China (5%).

Tabela 1 – Produção científica por disciplina, por regiões e países selecionados – 2001
(% em relação ao mundo)

	Biologia Fundamental	Biologia Aplicada	Ciência Médica	Química	Física	Ciência Universo	Engenharia	Matemática	Total
Europa	39,7	38,4	43,1	43,8	46,4	37,9	37,9	45,9	42,1
América do Norte	39,2	32,4	32,4	19,8	22,3	43,3	30,5	28,9	31,8
Ásia	14,3	14,3	12,8	29,7	24,5	12,0	24,5	16,4	18,2
Japão	9,1	6,9	8,3	12,2	11,5	4,6	9,2	4,9	9,0
China	1,4	1,6	1,0	8,3	6,1	3,0	4,9	6,1	3,5
Índia	2,2	2,1	1,2	4,0	2,4	2,2	2,4	1,8	2,1
Brasil	1,2	2,2	0,8	1,3	1,6	1,0	0,9	1,1	1,1

Fonte: OST, 2004.

Nem todos os países dedicam a mesma importância a todas as áreas científicas. Esperam-se níveis de especialização, de acordo com a tradição científica, com a capacidade instalada ou com a “vocação” produtiva de cada país ou região. Para averiguar a importância relativa de uma disciplina de um país, o OST construiu um índice de especialização, definido como a importância da disciplina em cada país, em relação a sua importância (peso) total no mundo.

Esse índice é construído a partir do valor da participação da disciplina de um país, em relação a todas as disciplinas do próprio país, dividido pela participação da disciplina em relação a todas as disciplinas do mundo. Seu valor pode variar entre 0 e o infinito, sendo 1 um valor neutro, isto é, a disciplina tem a mesma importância que a média mundial, portanto, não tendo o país nenhum grau de especialização nessa área. Quanto maior o índice, maior a especialização desse país nessa disciplina; valores entre 1 e 0 indicam que essa disciplina para o país está abaixo da média mundial. Por exemplo, para a Biologia Aplicada-Ecologia, o Brasil possui valor 2, indicando maior concentração da produção científica nesta área. Já a China concentra-se fortemente em Química (2,5) e Física, com pouca importância para a Biologia Fundamental, Ciência Médica e Biologia Aplicada.

No Gráfico 3, apresentam-se os valores do índice de especialização para o Brasil, comparando-o com os Estados Unidos e a China. Cabe salientar a forte especialização do Brasil na Biologia Aplicada-Ecologia, certamente devido à importância e às características tropicais de sua agricultura. A hipótese é de que o sistema Embrapa de pesquisa

agropecuária e as universidades em ciências agrárias fortaleçam esse índice. O Brasil tem um grau de especialização não desprezível também em Física e Química, mas baixos valores para Ciência Médica e Engenharia.

Não há critérios preestabelecidos ou recomendações de o que seria ideal em termos de maior especialização em algumas áreas ou um equilíbrio entre todas elas. Os Estados Unidos possuem um modelo equilibrado entre as áreas, isto é, todos os ramos científicos estão próximos da média mundial, enquanto que a China adota um modelo de desequilíbrio, com altos índices de especialização para a Química, Matemática e Engenharia e baixos valores para a Biologia Fundamental, Biologia Aplicada e Ciência Médica. Naturalmente, o nível efetivo de especialização ou não é o resultado de uma tradição empresarial e de políticas públicas. No caso do Brasil, a crescente importância do seu agronegócio no mercado internacional recomenda uma especialização em Ciências Agrárias. De outro lado, sua baixa especialização em Engenharia pode explicar o lento processo de inovação do País, se comparado com o recente desempenho da China.

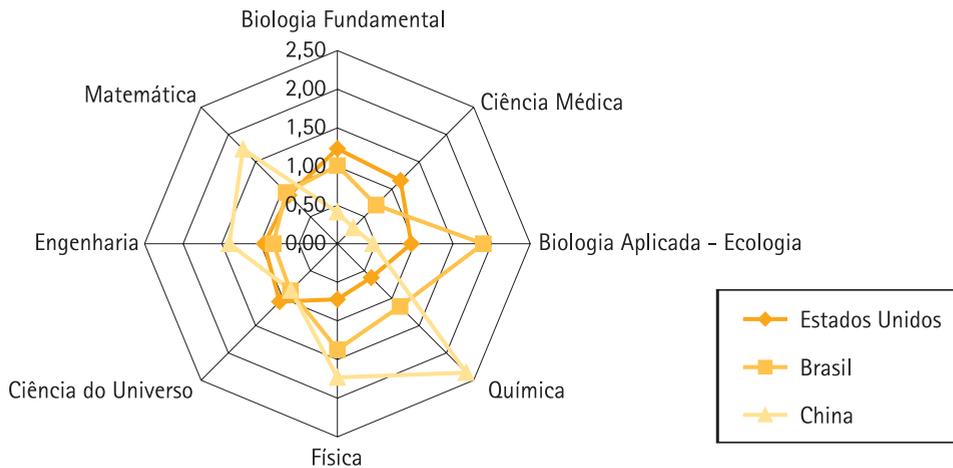


Gráfico 3 – Índice de especialização científica (2001)

Fonte: OST, 2004.

Outro indicador importante na análise da evolução científico-tecnológica refere-se a co-publicações internacionais. Em 2001, 22% das publicações científicas da América do Norte são fruto de colaboração com outros países. No caso da Europa e da Ásia, esse percentual situa-se em 17%. Em nível de países, um quarto das publicações dos Estados Unidos e da União Européia são realizadas em co-autoria com cientistas de outros países. Os campeões de co-publicações são Israel (41%), Canadá (39%) e Brasil (35%). Em contraste, menos de 20% das publicações do Japão, Turquia e Índia são em colaboração com outros países. De 1996 a 2001, houve progressos em colaborações internacionais por parte da África do Sul e Rússia, enquanto Turquia e Brasil tiveram evolução negativa.

Pelos dados apresentados, fica claro que, mesmo havendo uma dominância forte em todos os ramos da ciência da América do Norte,

principalmente dos Estados Unidos e da Europa, representada pela União Européia, há diferenças marcantes e níveis de especialização entre os países. Nos três grandes blocos dominantes, Estados Unidos, União Européia e Sul da Ásia, a especialização tem, certamente, um forte componente da tradição empresarial de grandes corporações industriais transnacionais. Quanto aos países pobres e emergentes, esses têm um longo caminho a percorrer. Num primeiro momento, não resta outra alternativa: associar-se aos grandes produtores de conhecimento, apropriar-se dele e utilizá-lo para o seu próprio progresso.

5. Considerações finais

O artigo analisou o volume de investimentos realizados, a disponibilidade de recursos humanos para ciência e tecnologia e a produção científica por blocos e países importantes, incluindo o Brasil. Os dados indicam que os Estados Unidos, União Européia (15) e Sul da Ásia são os três grandes pólos geradores e irradiadores de ciência e tecnologia no mundo, em todas as áreas do conhecimento. Ainda que países emergentes venham a ocupar algum espaço, como a China, a Índia e também o Brasil, a dominância desses três pólos deverá continuar por muitos anos ou décadas. Destaca-se o progresso realizado pelo Brasil em produção científica e no crescimento da participação do setor privado na pesquisa.

Nesse cenário, a estratégia de desenvolvimento de países pobres ou emergentes, como o Brasil, passa por alianças estratégicas com centros de excelência de geração do conhecimento no mundo, por meio de treinamentos formais e informais, parcerias em projetos conjuntos e outras formas criativas de inserção no mundo da pesquisa, como a presença física de pesquisadores seniores em laboratórios do exterior, realizando pesquisas estratégicas em parcerias e fazendo monitoramento de ciência e tecnologias em suas áreas de especialização. Mecanismos como o do Labex da Embrapa nos Estados Unidos e na Europa são exemplos bem-sucedidos em ciências agrárias e podem ser ampliados para outras áreas do conhecimento.

Da argumentação apresentada deriva a necessidade da progressiva internacionalização da pesquisa científica e tecnológica do Brasil. O isolamento e a auto-suficiência exageradamente nacionalista são uma estratégia suicida! O poder político, principalmente via Ministério da Ciência e Tecnologia, e as instituições líderes na implementação das políticas públicas nessa área devem orientar-se para inserção progressiva do Brasil entre as instituições líderes de ciência e tecnologia no mundo. Porém, o caminho da absorção e domínio do conhecimento é longo, precisa persistência, políticas de longo prazo, consistentes e eficazes.

6. Referências

CAPES. <http://ge.capes.gov.Br/AgDw/silverstream/ages/pgRelatorioDiscente> (acesso em 10 de junho de 2005).

CONTINI, E.; REIFSCHNEIDER, F.; SAVIDAN, Y. Os donos do conhecimento no mundo. *Revista Ciência Hoje*, v. 34, n. 201, p. 16-21, jan./fev. 2004.

DANTAS, F. Responsabilidade social e pós-graduação no Brasil: idéias para (avali)ação. *Revista Brasileira de Pós-Graduação*, v. 1, n. 2, p. 160-172, nov. 2004.

OECD. La mesure des activités scientifiques et techniques. *Manuel de Frascati*. Paris. 2002, 292 p.

OST. *Indicateurs de science et de technologie*. Paris: Econômica, 2004. 575 p.

_____. *Indicateurs de science et de technologie*. Paris: Econômica. 2002. 416 p.