

**RELATÓRIO APRESENTADO AO MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA E TECNOLOGIA SOBRE ALGUNS ASPECTOS DA
FÍSICA BRASILEIRA**

Agosto de 2002

SUMÁRIO

ÍNDICE DE ASSUNTOS

| | |
|---|-----------|
| SUMÁRIO DE RECOMENDAÇÕES | 01 |
| 1 – DOS TRABALHOS DESENVOLVIDOS | 05 |
| 1.1 – A Comissão e suas atribuições | |
| 1.2 – Composição da Comissão | |
| 1.3 – Âmbito e metodologia do trabalho | |
| 2 – CONSIDERAÇÕES DE ÂMBITO GERAL | 07 |
| 2.1 – Planejamento sem excesso de ordem | |
| 2.2 – Inovação tecnológica na empresa, educação, Ciência e tecnologia na universidade | |
| 2.3 – Novo perfil da pesquisa brasileira requer mais recursos e aprimoramento da estrutura de apoio | |
| 3 – A FÍSICA É BÁSICA PARA O DESENVOLVIMENTO DE OUTRAS CIÊNCIAS E FUNDAMENTAL PARA O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO | 15 |
| 4 – É URGENTE UMA POLÍTICA INDUSTRIAL QUE ESTIMULE ATIVIDADES DE P&D EMPRESARIAIS..... | 18 |
| 5 – A FÍSICA BRASILEIRA TEM GERADO CONHECIMENTO RELEVANTE E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO | 21 |
| 5.1 – Física é hoje uma das áreas mais competitivas da Ciência brasileira | |
| 5.1 – Física é hoje uma das áreas mais competitivas da Ciência | |
| 5.2 – A Física no Brasil tem gerado riqueza e desenvolvimento da economia | |
| 5.2a – Empresas originadas de institutos e departamentos acadêmicos de Física | |
| 5.2b – Projetos de pesquisa cooperativa entre pesquisadores da área de Física e empresas | |
| 5.2c – Projetos acadêmicos que estimulem a empresa local a desenvolver produtos e tecnologias avançadas | |
| 6 – FÍSICA BRASILEIRA: OPORTUNIDADES E LACUNAS..... | 32 |
| 6.1 – Oportunidades para a Física brasileira: rumo a uma revolução científica e tecnológica | |
| 6.2 – Programas Mobilizadores que unam academia e empresas para desenvolverem Ciência e tecnologias estratégicas | |
| 7 – FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS..... | 36 |
| 7.1 – Flexibilização dos cursos | |
| 7.2 – Treinamento de pessoal no Exterior | |
| 7.3 – Bolsas de pós-graduação | |

| | |
|--|-----------|
| 8 – NECESSIDADE DE FORMAR UM NOVO TIPO DE ENGENHEIRO COM BASE CIENTÍFICA SÓLIDA | 39 |
| 9 – EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA..... | 40 |
| 9.1 – Educação e divulgação científica para a população | |
| 9.2 – Educação científica no ensino básico | |
| 10 – ESTRUTURA DE APOIO | 42 |
| 10.1 – Financiamento | |
| 10.2 – Bolsas de produtividade em pesquisa | |
| 10.3 – Oportunidade para os jovens | |
| 11 – COLABORAÇÕES INTERNACIONAIS | 47 |
| 11.1 – Importância das colaborações internacionais | |
| 11.2 – Responsabilidades | |
| 11.3 – Posição do Brasil no panorama internacional | |
| 11.4 – Custo | |
| 11.5 – Formas de Colaboração Internacional | |
| 12 – CONSOLIDAÇÃO E AMPLIAÇÃO DOS CENTROS DE PESQUISA FEDERAIS, ESTADUAIS E PRIVADOS | 51 |
| 13 – O INMETRO DEVE SER CONSOLIDADO COMO UM CENTRO DE PESQUISA DE ALTO NÍVEL CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO | 53 |
| 14 – É NECESSÁRIO REDUZIR OS DESEQUILÍBRIOS REGIONAIS EM C&T | 53 |
| 15 – PROPOSTAS PARA A ATUAÇÃO DO CBPF | 57 |
| 15.1 – A pesquisa e a pequena carga didática | |
| 15.2 – Posição do CBPF na Física brasileira atual | |
| 15.3 – Reorganização institucional e gerencial do CBPF | |
| 15.4 – A reestruturação da pesquisa e do corpo científico | |
| 15.5 – A pós-graduação | |
| 15.6 – Sugestões de áreas a serem priorizadas no CBPF | |
| 16 – PROGRAMA NACIONAL DE ENERGIA POR FUSÃO | 63 |
| APÊNDICE | |
| A FÍSICA DE ALTAS ENERGIAS NO CBPF | 64 |
| 1 – Considerações preliminares | 64 |
| 2 – Origens da Física de Altas Energias no CBPF | 64 |
| 3 – A evolução do grupo do CBPF | 65 |

| | |
|---|----|
| 3.1 – Primeira fase | |
| 3.2 – Segunda fase | |
| 3.3 – Resultados obtidos | |
| 3.4 – Influência na formação de pessoas e de colaborações no Brasil | |
| 3.5 – Fase atual | |
| 4 – Financiamento | 69 |
| 5 – Opiniões de responsáveis do Fermilab | 69 |
| 6 – Conclusões | 69 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 – Recursos do Governo Federal Aplicados em Ciência e Tecnologia | 11 |
| Quadro 2 - Recursos totais do CNPq | 12 |
| Quadro 3 – Bolsas de Mestrado e Doutorado – CAPES e CNPq | 13 |
| Quadro 4 - Bolsas de pós-graduação em Física no País do CNPq | 13 |
| Quadro 5 - Valores mensais das bolsas da FAPESP e do CNPq-CAPES | 14 |
| Quadro 6 - Porcentual do dispêndio em P&D empresarial financiado pelo Estado em alguns países da OCDE | 18 |
| Quadro 7 - Intensidade do apoio estatal às atividades de P&D empresariais em alguns países filiados à OCDE | 20 |
| Quadro 8 – Distribuição dos físicos brasileiros nas áreas de pesquisa | 21 |
| Quadro 9 – Distribuição regional de físicos e astrônomos com doutorado no Brasil | 22 |
| Quadro 10 – Total de artigos brasileiros indexados na base de dados do ISI, segundo a área do conhecimento | 25 |
| Quadro 11 – Citações/ano por artigo brasileiro nas diversas áreas do conhecimento | 26 |
| Quadro 12 - Impacto medido das publicações brasileiras de 1998 e Fator de Impacto médio das revistas por área segundo o <i>Journal of Citation Report</i> | 27 |
| Quadro 13 – Distribuição percentual dos conceitos na CAPES dos cursos de pós-graduação em Física e Astronomia | 27 |
| Quadro 14 - Empresas originadas nos Institutos de Física Gleb Wataghin, Unicamp, e São Carlos, USP e no Departamento de Física da UFPe, seus anos de criação e estimativa de faturamento agregado por origem em 2001 | 29 |
| Quadro 15 - Percentual de concessão de recursos nas faixas A, B e C | 44 |

| | |
|---|-----------|
| Quadro 16 - Recursos devidos e repassados por 5 estados e DF às suas fundações de amparo à pesquisa, entre 1994 e 1998 | 54 |
| Quadro 17 - Gasto Público Social em Educação por Responsabilidade do Gasto - Administração Direta + Indireta – 1995 | 55 |

SUMÁRIO DE RECOMENDAÇÕES

FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS

1. Priorizar a formação, frente à informação, nos cursos universitários e formar graduados com sólida formação científica e visão abrangente da sua grande área.
2. Criar novos cursos de caráter interdisciplinar envolvendo cooperação entre docentes cientistas e engenheiros.
3. Flexibilizar a re-opção de área do estudante em todos os níveis da graduação e no ingresso na pós-graduação
4. Continuar enviando número significativo de excelentes estudantes para programas de doutorado nos melhores centros de Física do mundo, e a maioria dos nossos recém-doutores para pós-doutorado nesses centros
5. Aumentar o número de bolsas de mestrado e doutorado para atender à demanda atual dos cursos de pós-graduação no País.
6. Recuperar o programa de Taxa de Bancada para apoio às atividades de estudantes de pós-graduação necessárias para o desenvolvimento de seus projetos.
7. Aumentar os valores das bolsas de pós-graduação e de pós-doutoramento no País, atingindo-se pelo menos os valores pagos pela FAPESP.
8. Incentivar, através de ações conjuntas do MCT e do MEC, na forma de editais, a criação de novos cursos de Engenharia voltados para a pesquisa e o desenvolvimento, com sólida base científica e interdisciplinar. Essas ações visariam financiar os programas selecionados através de bolsas de Iniciação Científica para seus estudantes e recursos para laboratórios didáticos.

EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA

1. Criar um programa de longo prazo de alfabetização científica da população brasileira.
2. Implementar com urgência o Programa Nacional de Educação em Ciências e Matemática, e considerar sua ampliação, dentro de um Programa Mobilizador.

ESTRUTURA DE APOIO

- 1. Destinar parte substancial dos Fundos para apoiar projetos pelo critério único da qualidade, em editais universais.**
- 2. Agências federais de financiamento devem dar uma alta prioridade ao apoio estável e adequado a grupos pequenos e investigadores individuais, trabalhando na fronteira da Ciência. Deve ser substancialmente fortalecido o apoio à demanda espontânea por parte do CNPq, que para isso deveria contar com recursos oriundos dos Fundos Setoriais. Um atendimento adequado à demanda espontânea implicaria disponibilizar já em 2003 recursos da ordem de R\$200 milhões. Além do apoio à compra de equipamentos para os laboratórios de pesquisa, deve ser criado um programa de *grants* individuais.**
- 3. Garantir um amplo espectro de financiamento, que inclua além das redes de pesquisa, e o apoio individual e a grupos pequenos, programas de longo prazo para grupos consolidados (como o PRONEX, que deve ser continuado), programas para grupos emergentes, e o apoio institucional às universidades e instituições de pesquisa.**
- 4. Expandir, com urgência, o programa de Bolsa de Produtividade em Pesquisa em cerca de 40%.**

CENTRO INTERNACIONAL DE FÍSICA DA MATÉRIA CONDENSADA

O CNPq deve dar ao CIFMC um apoio diferenciado para realização de eventos internacionais de alto nível

CONSOLIDAÇÃO DO INMETRO COMO CENTRO DE EXCELÊNCIA DE PESQUISA

Consolidar rapidamente o Inmetro como centro de excelência de pesquisa em metrologia e áreas afins. Esta recomendação insere-se dentro do preconizado no Livro Verde de Ciência, Tecnologia e Inovação.

FÍSICA E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

Estabelecer no País Projetos Mobilizadores que estimulem o desenvolvimento de Ciência na academia e Tecnologia na empresa. Como se vê pelos exemplos mencionados no textos,

esses projetos podem muito bem ser em áreas fundamentais da Ciência. Uma possibilidade muito concreta na área de Física é o desenvolvimento das próximas etapas das instalações do LNS que requererão instrumentação e partes que poderão ser desenvolvidas ou integradas por empresas no País. Há outras possibilidades nas quais físicos poderão dar contribuição relevante envolvendo Células de Combustível, Aeronáutica e Espaço, Comunicações Ópticas de Alta Velocidade (Terabits por segundo) e Materiais.

REDUÇÃO DOS DESEQUILÍBRIOS REGIONAIS EM C&T

- 1. Criar mecanismos diferenciados para a atração e a fixação, principalmente nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, de novos grupos e pesquisadores, sendo oferecidas condições especiais de apoio para a manutenção da infra-estrutura dos pesquisadores ativos que aí continuam a manter suas atividades, através de projetos individuais ou de apoio a grupos emergentes. Também será importante a incorporação do componente de C&T nos órgãos de desenvolvimento regional, como SUDENE, SUDAM e BNB, assim como estabelecer uma grande articulação entre o Governo Federal e os estados visando aperfeiçoar e/ou desenvolver os sistemas estaduais de C&T, apoiando a elaboração de estudos para a definição de estratégias de desenvolvimento local e financiando programas e projetos conjuntos em regime de contrapartida.**
- 2. Criar novos institutos de pesquisa vinculados ao MCT ou a outros ministérios, como forma de aproveitar potencialidades locais e contribuir para diminuir as desigualdades regionais no País. A viabilidade e a importância desses institutos pode ser ilustrada com dois exemplos emblemáticos, ambos da Embrapa: o Centro de Pesquisa de Agricultura do Cerrado, em Planaltina – DF, que contribuiu de forma decisiva para criar no País a melhor tecnologia do mundo no cultivo da soja e para alargar a fronteira agrícola do Brasil, e o Centro de Pesquisa do Trópico Semi-Árido, em Petrolina – PE, que possibilitou que a região se tornasse um importante pólo de fruticultura irrigada. Estes exemplos inspiram a criação de outros institutos, por exemplo, na área de Tecnologia Florestal, na Amazônia, em Recursos Hídricos, Oceanografia, Ciências da Terra, ou Fontes Renováveis de Energia, no Nordeste.**

PROPOSTAS PARA ATUAÇÃO DO CBPF

O CBPF deve sofrer uma reorganização institucional que preserve o núcleo de excelência, que torne viável e agilize a contratação de cientistas visitantes de elevada competência, e que permita a redução do quadro de pesquisadores, acompanhada pela criação de novas linhas de pesquisa e revitalização de outras. Sugerimos, sem prejuízo da manutenção do apoio a outras linhas atuais de pesquisa de mérito reconhecido, a priorização da pesquisa experimental em altas energias, Ciência dos Materiais (com ênfase em materiais nanoestruturados) e Física na Biologia. Para o desenvolvimento dessas duas últimas linhas, deverão ser contratados jovens pesquisadores de competência reconhecida internacionalmente. A linha de Cosmologia e Gravitação deverá ter uma reorientação de enfoque, com a incorporação de pesquisadores de competência reconhecida em Astrofísica observacional.

1 – DOS TRABALHOS DESENVOLVIDOS

1.1 - A Comissão e suas atribuições

O Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia Ronaldo Mota Sardenberg criou, através da Portaria no. 51 de 22 de janeiro de 2002, uma Comissão com o objetivo de propor ao MCT, no prazo de 3 meses, linhas de pesquisa ou projetos que sejam estratégicos para o desenvolvimento da Física brasileira. Os objetivos estabelecidos para a Comissão foram

I – Identificar missões e prioridades para a atuação dos institutos do MCT;

II – indicar estratégias para o aprimoramento da formação dos recursos humanos na área da Física;

III – identificar eventuais lacunas no perfil da Física brasileira e propor estratégias para sua superação;

IV – analisar os instrumentos de cooperação internacional atualmente utilizados, e propor seu aperfeiçoamento, bem como o aprimoramento de parcerias com organismos científicos internacionais;

V – sugerir mecanismos para assegurar a interação da Física brasileira com a comunidade internacional;

VI – propor mecanismos e instrumentos que assegurem maior integração interna da Física brasileira, sua integração com o esforço nacional em Ciência e tecnologia, e que contribuam para sua desconcentração regional;

VII – propor mecanismos e instrumentos que assegurem maior integração da Física brasileira com outras áreas do conhecimento, de modo a tornar mais efetiva a contribuição párea o desenvolvimento científico e tecnológico do País;

VIII – Identificar oportunidades para o desenvolvimento harmônico da Física brasileira, com a entrada em funcionamento regular do elenco de Fundos Setoriais e outras fontes de recursos.

1.2 – Composição da Comissão

| | |
|------------------------------------|-----------------------------|
| Alaor Silvério Chaves – Presidente | UFMG |
| Carlos Henrique Brito Cruz | Fapesp e Unicamp |
| João Alziro Herz da Jornada | INMETRO e UFRGS |
| João dos Anjos | CBPF |
| José Roberto Leite | SBF e USP |
| Luiz Davidovich | UFRJ |
| Roberto Salmeron | École Polytechnique - Paris |
| Sérgio Machado Rezende | UFPE |
| Sylvio R. A. Canuto | USP |

O Prof. José Roberto Leite, que participou de parte dos trabalhos da Comissão, apresentou ao Ministro sua renúncia à mesma para liderar o trabalho “Levantamento e Perspectivas da Física no Brasil” a ser realizado pela SBF, da qual é Presidente.

1.3 – Âmbito e metodologia do trabalho

Em sua primeira reunião, a Comissão reconheceu o extraordinário âmbito das missões a ela atribuídas. Julgou que um trabalho profundo sobre todos os temas contidos na Portaria do Ministro demandaria um tempo muito superior aos 3 meses a ela concedidos e também o envolvimento das lideranças da Física brasileira, que deveriam ser ouvidas em *workshops* e outros tipos de reuniões. Diante das contingências impostas ao seu trabalho, redefiniu sua missão, propondo-se a dar resposta para somente parte das profundas questões levantadas pelo Ministro. Por outro lado, como algumas das mais importantes e instigantes dessas questões não poderiam ser abordadas sem a consideração de outras Ciências naturais e das Engenharias, e até mesmo da política de desenvolvimento industrial e econômico, a Comissão não pôde deixar de incluir esses temas em sua análise e neste relatório.

Em 28 de fevereiro, na véspera de se dar a instalação e início dos trabalhos da Comissão, parte dos seus membros participaram de uma reunião organizada pelo Comitê Assessor de Física e Astronomia do CNPq (CA-FA), da qual participaram todos os membros do CA-FA e vários membros eminentes da Física brasileira. Na reunião foram discutidas diversas questões envolvendo essa Ciência. Dado o atualizado conhecimento que o CA-FA mantém das atividades da Física brasileira e da sua demanda por apoio governamental, tal reunião foi importante fonte de informação para nossos trabalhos. O CA elaborou um documento com base nas idéias e problemas discutidos nessa reunião.

Uma das missões para as quais a Comissão somente pôde dar resposta parcial é a definida no item I, “identificar missões e prioridades para a atuação dos institutos do MCT”. Aqui, a Comissão

restringiu seu trabalho a sugestões envolvendo o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas – CBPF, por ser este o instituto do MCT com maior envolvimento com a Física, e também porque a avaliação do CBPF realizada pela Comissão de Avaliação das Unidades de Pesquisa do MCT (Comissão Tundisi) colocava algumas questões que não podiam deixar de ser consideradas. Visando propor prioridades para a atuação do CBPF, a Comissão procurou instruir-se recorrendo a várias fontes, a saber:

1. O relatório do Comitê Externo designado pela Comissão Tundisi para visitar e avaliar o CBPF, e as recomendações da própria Comissão Tundisi feitas com base no trabalho do Comitê Externo;
2. os relatórios de duas outras comissões que fizeram anteriormente avaliações e emitiram sugestões sobre o CBPF, em 1991 (Comissão Toledo Piza) e em 1994 (Comissão Bevilacqua);
3. documentos e relatórios do próprio CBPF;
4. avaliação da pós-graduação do CBPF pela CAPES;
5. pareceres de consultores internacionais do mais alto nível sobre a qualidade do trabalho dos grupos de maior visibilidade do CBPF.

2 - CONSIDERAÇÕES DE ÂMBITO GERAL

Antes de lidar especificamente com as questões para nós postas pelo MCT, abordaremos de forma preliminar algumas outras de caráter geral. Tais questões de fato irão permear todo o texto, já que as idéias resumidas nesse prólogo refletem a visão consensual básica da Comissão sobre os temas que ela deve examinar.

2.1 - Planejamento sem excesso de ordem

As Ciências no Brasil, e entre elas a Física, desenvolveram-se do único modo possível, como em todos os países: por iniciativas individuais e o indispensável apoio do Estado. A motivação foi a curiosidade. É fundamental que a curiosidade intelectual seja cultivada no País e que os pesquisadores tenham condições para mantê-la viva. Hoje a Ciência no Brasil é bastante diversificada, há pesquisas em diferentes campos de vanguarda, e o número de pessoas bem formadas é apreciável. As iniciativas individuais tiveram papel fundamental para que se atingisse o estado atual. Entretanto, atingido certo grau de desenvolvimento uma planificação é necessária.

Apesar de prioridades serem necessárias em um planejamento, deve-se evitar o excesso de dirigismo. Existe efetivamente o perigo de que ao se estabelecerem prioridades se caminhe para um excesso de ordem em que se restrinjam os campos para quais os pesquisadores possam se orientar. A boa política científica é aquela que estimula os cientistas a tomarem iniciativas e que destina boa parte dos recursos

No Brasil, como em todos os países, as Ciências desenvolveram-se por iniciativas individuais e o indispensável apoio do Estado

para apoio a projetos pelo único critério da excelência, sem subordinação a qualquer critério temático. A incerteza inerente ao futuro da Ciência e de seus desdobramentos tecnológicos impõe tal liberdade.

2.2 - Inovação tecnológica na empresa, educação, Ciência e tecnologia na universidade

Uma política para ciência e tecnologia tem de reconhecer os papéis canônicos da academia e da empresa nesse esforço conjugado. A missão da academia é fazer pesquisa visando o avanço do conhecimento básico e formar profissionais capazes de repor seus quadros e, principalmente, desenvolver tecnologia nas empresas. A empresa é o único *locus* eficiente para desenvolvimento de tecnologia, entre outras coisas porque tecnologia envolve conceitos econômicos, tais como oportunidades comerciais, custos relativos das várias alternativas tecnológicas e o esforço para baixar o custo da alternativa selecionada.

Se o lugar da ciência e da educação é a universidade, o lugar do desenvolvimento de tecnologia é por excelência a empresa. O elemento criador de inovação é o cientista ou engenheiro que trabalha em P&D nas empresas, sejam elas voltadas para produtos ou serviços. Assim é que, nos EUA, dos 960.000 cientistas e engenheiros trabalhando em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), 760.000 (80% do total) trabalham para empresas. Estes cientistas e engenheiros, que criam inovação nas empresas são, é claro, formados nas universidades, onde são expostos a um ambiente que valoriza o avanço do conhecimento e no qual são treinados para resolver problemas originais e desenvolver sua capacidade analítica e inventiva.

O papel educador da universidade é destacado, por exemplo, em entrevista do físico Robert Byer do Departamento de Física Aplicada da Universidade de Stanford, ex-pró-reitor de pesquisa daquela universidade e membro do Conselho de Ciência e Tecnologia da Califórnia¹:

*“Q - What is Stanford’s role on the Silicon Valley boom?
A - The myth is that Stanford’s technology is what made Silicon Valley successful. However, a survey of 3000 small-company CEO’s found only one in 20 companies used Stanford technology directly or indirectly in their start-up business. What Stanford contributed to Silicon Valley were educated, high talented students. It is in our interest, as a private research university, that the students educated at Stanford are successful in their chosen careers.”*

¹ *Photonics Spectra*, p. 24-25, April 1999

O elemento criador de inovação é o cientista ou engenheiro que trabalha em P&D nas empresas

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

Além do reconhecimento claro dos papéis da universidade, da empresa e do Estado para a criação de um ambiente adequado e estimulante para a inovação tecnológica, é preciso que haja uma efetiva articulação entre essas organizações. Em particular, é necessário convencer vários setores do poder executivo da centralidade do conhecimento para o desenvolvimento. O tema inovação e conhecimento não pode continuar restrito ao MCT, por mais que este ministério tenha demonstrado iniciativa e criado importantes programas. É preciso alargar muito a abrangência de uma efetiva Aliança para o Conhecimento no Brasil, envolvendo ministérios como o da Indústria e Comércio, Planejamento, Fazenda, Banco Central, além de setores empresariais e acadêmicos. Só assim Inovação será um tema efetivamente incluído na agenda nacional. Por exemplo, a *National Nanotechnology Initiative* (NNI) estabelecida nos EUA em 1999 é uma ação de Estado que envolve o Departamento de Agricultura, o de Comércio, o de Defesa, o de Energia, o de Justiça, o dos Transportes, o do Tesouro e o de Estado². A NNI é coordenada a partir do *National Science and Technology Council*, diretamente subordinado à Presidência dos EUA.

2.3 – Novo perfil da pesquisa brasileira requer mais recursos e aprimoramento da estrutura de apoio

A experiência de países que tiveram êxito em seu desenvolvimento científico e tecnológico mostra que este exige um leque variado de modalidades de financiamento (envolvendo prazos diferenciados, apoio tanto a grupos consolidados quanto a grupos emergentes, apoio à pesquisa induzida e espontânea, apoio a pesquisadores individuais, apoio a atividades de pesquisa e desenvolvimento em empresas).

Nesses países, as empresas são responsáveis pela maior parte do investimento em pesquisa e desenvolvimento. Assim, embora a percentagem em relação ao PIB do investimento em pesquisa e desenvolvimento do Japão, da Coreia do Sul, dos Estados Unidos da América e da Alemanha ultrapasse os 2%, o investimento proveniente de fontes governamentais para o mesmo fim é inferior a 1% do PIB.

No Brasil, o investimento governamental em pesquisa e desenvolvimento foi em 1999 igual a 0,55% do PIB, comparável ao percentual de países

É preciso alargar muito a abrangência de uma efetiva Aliança para o Conhecimento no Brasil, envolvendo ministérios como o da Indústria e Comércio, Planejamento, Fazenda, Banco Central, além de setores empresariais e acadêmicos

Nos países que tiveram êxito em seu desenvolvimento científico tecnológico, empresas são responsáveis pela maior parte do investimento em pesquisa.

² A página web da NNI permite verificar estas participações em <http://www.nano.gov/>.

desenvolvidos (esse valor é praticamente igual ao do Japão; na Coreia do Sul, o investimento é de cerca de 0,7%, enquanto o governo dos Estados Unidos da América investe cerca de 0,8% do PIB em pesquisa e desenvolvimento). Já o investimento correspondente por parte de empresas foi de apenas 0,33% do PIB (na Coreia do Sul e nos Estados Unidos, o gasto das empresas em P&D corresponde a 1,8% e 2,2% do PIB, respectivamente)³. Esses dados indicam que um aumento substancial do apoio à atividade de pesquisa e desenvolvimento em nosso País pressupõe uma mudança de seu perfil industrial. Enquanto essa mudança não for efetivada, é muito importante que o Estado atue mais vigorosamente no setor aumentando seus investimentos. A Comissão julga que com investimentos governamentais de 0,7% do PIB (o que nos colocaria no mesmo nível da Coreia do Sul) a pesquisa acadêmica no País ficaria satisfatoriamente amparada e ainda teríamos recursos para colocar nosso desenvolvimento tecnológico em novo patamar.

Por outro lado, como resultado do apoio governamental à pesquisa e à formação de pessoal no último meio século, a atividade científica em nosso País tem crescido quantitativa e qualitativamente. O número de cientistas cresceu, novos campos de pesquisa foram abertos, a necessidade de contatos e de colaborações internacionais aumentou consideravelmente.

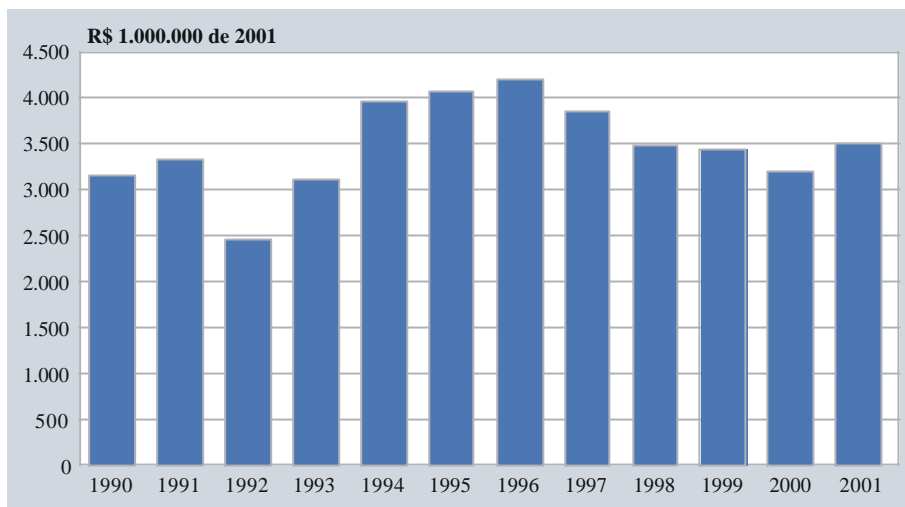
É natural que o novo perfil da pesquisa brasileira, aliado às necessidades de desenvolvimento tecnológico de nosso País, exija novos recursos, e novas formas de financiamento.

Cumpra observar que, apesar da fraca participação das empresas, já existem no Brasil programas e instituições que podem ser agentes de um espectro mais amplo de financiamento. O sucesso desses programas e dessas instituições requer no entanto um comprometimento de recursos por um prazo longo.

De fato, o apoio à pesquisa e à formação gera resultados a longo prazo: são necessários cerca de dez anos para formar um cientista, mais ainda para um líder de pesquisas. Inovações tecnológicas são geralmente o resultado de um esforço duradouro, consistente e amplo de pesquisa. Se os resultados atuais refletem o apoio no último meio século, a redução de recursos para a pesquisa, e em especial para a pesquisa básica, nos últimos anos pode trazer consideráveis prejuízos para o futuro próximo, se não for revertida a curto prazo.

O quadro 1, elaborado pela Coordenação de Estatísticas e Indicadores do Ministério de Ciência e Tecnologia, ilustra a evolução dos gastos do Governo Federal em Ciência e Tecnologia de 1990 a 2001.

³ Fonte: OECD: *Main Science and Technology Indicators*, n. 1, 2000; Coordenação de Estatísticas e Indicadores – MCT; Livro Verde: Ciência, Tecnologia e Informação.



Quadro 1 – Recursos do Governo Federal Aplicados em Ciência e Tecnologia

Notas: valores monetários expressos em R\$ 1.000.000 de 2001, atualizados pelo Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna (IGP-DI) da Fundação Getúlio Vargas (FGV). Para a atualização monetária, levou-se em conta a execução mensal dos recursos orçamentários, cujos valores foram atualizados mensalmente para preços médios de 2001 e acumulados anualmente.

Dados preliminares

A injeção de recursos adicionais aportada pelos Fundos Setoriais, e que se reflete nos dados a partir de 2000 (quando começou a funcionar o Fundo Setorial do Petróleo), poderá produzir uma mudança qualitativa no apoio às atividades de pesquisa e desenvolvimento, mas isso só ocorrerá se esses fundos realmente apoiarem pesquisa inovadora e de amplo espectro, privilegiando a cadeia de conhecimento associada a cada tema.

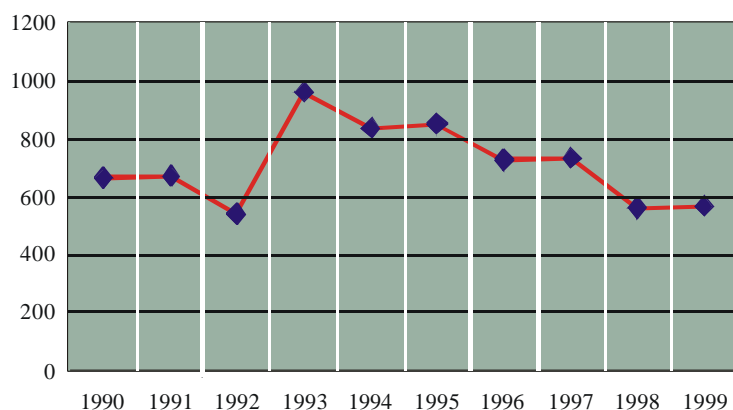
Como bem demonstra a experiência de diversos países do primeiro mundo, o apoio à pesquisa induzida deve vir acompanhado de um forte investimento em pesquisa básica. Em particular, o apoio a pequenos grupos e pesquisadores individuais é essencial para o florescimento de novas idéias.

Na Física, por exemplo, descobertas como a ressonância magnética, o laser, o transistor e a supercondutividade vieram todas de pesquisas realizadas por grupos de um ou dois cientistas, trabalhando com alguns poucos estudantes. Essa é a norma em toda a Física teórica bem com em áreas que tiveram um impacto considerável na tecnologia moderna, como a Física da Matéria Condensada, a Biofísica, a Física Atômica e a Ótica. Esse ambiente de pesquisa é particularmente adequado para treinar estudantes, pois propicia muitas oportunidades para a criatividade e a independência individual.

Fundos Setoriais devem apoiar pesquisas inovadoras e de amplo espectro.

O apoio a pequenos grupos e pesquisadores individuais é essencial para o florescimento de novas idéias.

O CNPq tem desempenhado, desde sua fundação, um papel fundamental no apoio ao pesquisador individual. Seu apoio à demanda espontânea possibilitou o desenvolvimento e a diversificação da pesquisa em todo o País. O Quadro 2 mostra que o CNPq foi especialmente penalizado, a partir do ano de 1993.



Quadro 2 - Recursos totais do CNPq

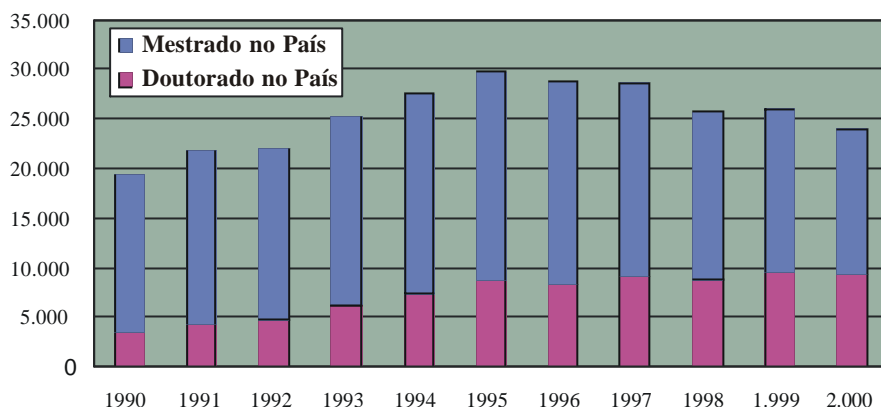
Valores monetários expressos em R\$ 1.000.000,00 de 1999, atualizados pelo IGP-DI (médias anuais) da Fundação Getúlio Vargas.

Fonte: Balanços Gerais da União, dados coletados pela Coordenação de Estatísticas e Indicadores – MCT (2001).

Em particular, os recursos para apoio à demanda espontânea foram inexistentes ou extremamente reduzidos nos últimos anos. Foram aplicados, em 2001, no Edital Universal do CNPq, R\$ 30 milhões, para uma demanda de R\$ 600 milhões. Até agora, não há nenhum recurso previsto para essa modalidade de financiamento em 2002. Neste ano a situação do CNPq se agravou de forma muito severa, e esta agência está vivendo uma das mais graves crises financeiras da sua história, não conseguindo implementar auxílios com recomendações meritórias emitidas pelos Comitês Assessores. Isso inclui auxílios para participação de pesquisadores em congressos importantes e para professores visitantes, auxílios para realização de congressos e escolas tradicionalmente apoiados, e bolsas de diversas espécies. Essa crise pede atenção e ação urgentes do MCT.

Deve ser ressaltado ainda que o programa de bolsas de pós-graduação e de pesquisa do governo tampouco acompanhou a evolução da comunidade científica. O número total de bolsas de pesquisa passou

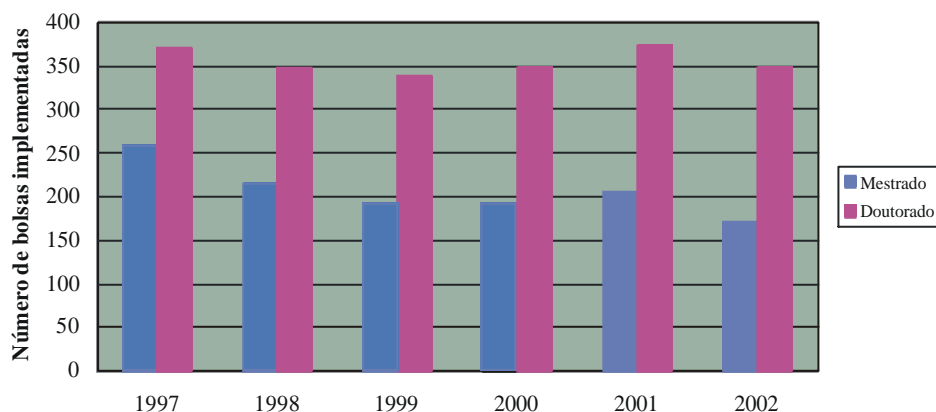
O CNPq tem desempenhado, desde sua fundação, um papel fundamental no apoio ao pesquisador individual



Quadro 3 – Bolsas de Mestrado e Doutorado – CAPES e CNPq

de 7.104 em 1995 a 7.412 em 2000. Por outro lado, o número total de bolsas de pós-graduação diminuiu, a partir de 1995, como ilustra o Quadro 3.

Nem todas as áreas foram igualmente atingidas: assim, no período de 1997 a 2000, passou de R\$5.664 mil para R\$11.245 mil o investimento de bolsas de pós-graduação (País mais Exterior) concedidas pelo CNPq na área de Administração (CNPq – Resenha Estatística: 1994-2000). A Física, por outro lado, sofreu uma redução do número total de bolsas concedidas pelo CNPq, tanto no País quanto no Exterior. A evolução do número de bolsas concedidas no País é ilustrada no Quadro 4.



Quadro 4 - Bolsas de pós-graduação em Física no País do CNPq

A redução do investimento em bolsas no mesmo período, em moeda constante, é ainda mais pronunciado, pois não houve alteração do valor das bolsas, que está bem abaixo do valor pago pela FAPESP, como demonstrado pelo quadro 5.

| | FAPESP | CNPQ-CAPEs |
|---------------|--------------|------------|
| Mestrado | 970,00 (I) | 724,00 |
| | 1030,00 (II) | |
| Doutorado | 1430,00 (I) | 1072,00 |
| | 1770,00 (II) | |
| Pós-Doutorado | 2860,00 | 2219,00 |

Quadro 5 - Valores mensais das bolsas da FAPESP e do CNPq-CAPEs

Tal situação agrava os desequilíbrios regionais em Ciência e Tecnologia, reduzindo as condições de competitividade para atração de estudantes e pós-doutores por parte de grupos de pesquisa não sediados no Estado de São Paulo.

Essa séria deficiência no apoio à pesquisa no Brasil foi agravada pela supressão do apoio institucional, representado pelo FNDCT, e apenas parcialmente compensada pela criação do programa PRONEX, em 1996. Este, entendido na época como um programa que teria recursos adicionais aos já existentes, pois não contemplava nem a demanda espontânea nem pesquisadores individuais, acabou sendo para muitos grupos a única fonte de financiamento. Inicialmente planejado para quatro anos, foi estendido para seis anos, devido à indisponibilidade dos recursos prometidos. Esse programa, que apresentou formas inovadoras de avaliação e acompanhamento de projetos, deveria se regularizado e continuado.

O recém-implementado programa dos Institutos do Milênio, por outro lado, não substitui o apoio do CNPq à demanda espontânea nem o PRONEX. Esses institutos, organizados em torno de temas específicos, contemplam apenas uma fração dos esforços científicos em nosso País, e não cumprem o papel de substituir os programas anteriores, seja pelos temas abordados, seja pelo volume de recursos envolvidos. Deve ser notado que, em outros países, redes de pesquisa, como aquelas associadas aos Institutos do Milênio e outras iniciativas governamentais, fortalecem a comunicação entre laboratórios que, individualmente, recebem de outras fontes os recursos necessários para suas atividades. Aqui, em muitos casos, os recursos dessas redes passam a ser o único apoio recebido pelos grupos que delas fazem parte. Fica assim fragilizada a estrutura de rede, pois a comunicação entre seus componentes não supre o equipamento necessário para que os grupos diversifiquem e aprofundem suas pesquisas. A implantação de redes de pesquisa no Brasil é certamente um ingrediente importante do apoio ao desenvolvimento científico e tecnológico. Esse programa deve ser

**O programa dos
Institutos do
Milênio não
substitui o apoio do
CNPq à demanda
espontânea nem o
PRONEX**

entendido no entanto como complementar, necessitando para seu sucesso de um apoio contínuo à demanda espontânea e aos grupos que participam da rede.

Observações semelhantes valem para os programas estratégicos criados pelo atual governo. Seu sucesso depende crucialmente do apoio amplo às outras formas de financiamento. Depende também, evidentemente, do total de recursos alocados para esses programas. Nesse sentido, vale comparar os recursos disponibilizados este ano para o programa de nanociências no Brasil (três milhões de reais) com os alocados no programa do governo norte-americano (seiscentos e quatro milhões de dólares).

As considerações acima expõem problemas nas estruturas de apoio à pesquisa que devem ser corrigidos em curto prazo, sem o que o impacto de ações na área de Ciência e Tecnologia será fortemente prejudicado.

Devemos, portanto, enfatizar que as recomendações constantes do presente relatório pressupõem um compromisso do governo federal com o reforço e a continuidade dos programas de apoio à pesquisa básica, garantindo um amplo espectro de financiamento, que compreenda, além da indução da demanda em áreas consideradas estratégicas, o apoio à demanda espontânea, o apoio a projetos de mérito de longa duração, a formação de redes, e o reforço do sistema de bolsas de pós-graduação e de pesquisa.

3 - A FÍSICA É BÁSICA PARA O DESENVOLVIMENTO DE OUTRAS CIÊNCIAS E FUNDAMENTAL PARA O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

O século XX foi profundamente influenciado por descobertas fundamentais da Física. A descoberta dos *quanta*, anunciada no alvorecer do século, levou à invenção do transistor e do circuito integrado, elementos essenciais da era da informação, à invenção do laser e da técnica de ressonância magnética nuclear, à descoberta da supercondutividade, à manufatura de novos materiais utilizados na Medicina, em dispositivos eletrônicos, em viagens espaciais. A energia nuclear teve importantes repercussões econômicas, políticas, científicas e medicinais. O impacto da pesquisa em Física tem ocorrido não apenas através da aplicação dos processos fundamentais por ela descobertos, mas também como decorrência de novas necessidades de tecnologia e comunicação das pesquisas realizadas. Assim, experimentos que buscam novas partículas, envolvendo aceleradores complexos e extensas colaborações internacionais, têm contribuído para empurrar os limites da tecnologia, beneficiando empresas envolvidas nos equipamentos utilizados. Por outro lado, a necessidade de compartilhar amplamente os dados obtidos nessas investigações levou à implementação da *World Wide Web*.

As recomendações constantes do presente relatório pressupõem um compromisso do governo federal com o reforço e a continuidade dos programas de apoio à pesquisa básica.

Nos países do primeiro mundo, a Física não está isolada em universidades. Novas parcerias estão sendo criadas com a indústria para a construção de circuitos infinitesimais e máquinas de nanotecnologia. Físicos têm trabalhado junto com biólogos, o que poderá levar em futuro próximo à manipulação do código genético por pinças óticas. Idéias radicalmente novas sobre computação quântica têm sido exploradas por físicos em diversas empresas. Encontram-se físicos na NASA, em indústrias dedicadas ao estudo de novos materiais, de fenômenos óticos, da Biofísica e de meios magnéticos; na indústria de telecomunicações; na indústria automobilística e aeronáutica; na Medicina, desenvolvendo novos instrumentos para cirurgia e diagnóstico; na *Wall Street*, aplicando métodos físicos sofisticados para o estudo da dinâmica das bolsas de valores.

O início do século XXI assiste a novos desenvolvimentos na Física, que prometem mais uma vez revolucionar nosso cotidiano. Esses desenvolvimentos são motivados em boa parte pelos mecanismos intrínsecos da Ciência, na direção de uma compreensão mais profunda da Natureza. Há também importantes razões extrínsecas, como, por exemplo, a pressão econômica por processamentos cada vez mais rápidos de informação. A lei de Moore, formulada em 1965 por G. Moore, um dos fundadores da INTEL, tem sido verificada ao longo das últimas décadas: dobra, a aproximadamente cada 18 meses, o número de transistores e a velocidade de processamento da unidade central de processamento dos computadores. Isso implica que se reduz à metade, no mesmo período de tempo, o número de átomos associados a um bit informação. A extrapolação dessa lei permite prever que dentro de aproximadamente 15 anos chegaremos ao limite de um átomo por bit. Esse limite requer um aprimoramento das técnicas de controle de átomos e moléculas, e possivelmente a utilização das leis da Física quântica em novos algoritmos computacionais. A pesquisa básica tem se adiantado em relação a essa perspectiva: o controle individual de átomos e moléculas, desenvolvido em vários laboratórios, levou recentemente à demonstração de um transistor realizado por um único átomo por dois grupos de pesquisa em universidades norte-americanas [*Nature* **417**, 722 e 725 (13 de junho de 2002)]. As nanociências, que já contam com avanços espetaculares obtidos por diversos grupos de pesquisa, poderão ter conseqüências profundas na Medicina, na tecnologia da informação, na agricultura, na manufatura de novos materiais com diversas aplicações. A Física e, em particular, a Física Quântica, permeia mais que nunca esses esforços.

O domínio dessas tecnologias, e o poder econômico resultante, pertencerá aos países que tenham investido no amplo leque de pesquisas necessárias para o desenvolvimento desses setores, e que estimulem o aparecimento de um parque industrial que possa aproveitar as idéias surgidas nos laboratórios de pesquisa.

O papel do investimento público em educação e pesquisa não deve ser subestimado, nesse processo. John Doerr, um dos principais capitalistas

de risco do vale do Silício, explica assim o sucesso daquele empreendimento⁴: “Estamos construindo uma nova economia. Podemos fazer isso porque há muito tempo atrás os Estados Unidos, como um povo, fizeram escolhas sociais para investir na educação pública, financiar pesquisa no nível federal, e encorajar a inovação com o sistema de patentes. Hoje estamos colhendo os benefícios de um século de investimento público na educação e na pesquisa.”

Com freqüência as descobertas no campo da Física têm tido grande impacto no desenvolvimento da economia. Para mencionarmos alguns exemplos ocorridos após a segunda guerra mundial, podemos citar a energia nuclear, a descoberta do transistor, a estrutura do DNA e o laser, como alguns dos casos mais espetaculares. O caso do laser ilustra também a dificuldade inerente para se avaliar, num primeiro momento, o impacto de uma nova invenção/descoberta. Quando foi descoberto o laser de Hélio-Neônio, o primeiro laser a gás demonstrado, por várias semanas os advogados de patentes dos Laboratórios Bell da AT&T debateram com os cientistas que essa descoberta não teria aplicações em comunicações, por isso não valeria a pena a companhia telefônica solicitar uma patente.

Um outro exemplo de impacto ainda maior é o da Física Quântica, que ilustra a capacidade de multiplicação de efeitos bem como a desconexão entre o interesse do cientista e os impactos causados pelos resultados que obtêm. Quando Max Planck, Niels Bohr, Werner Heisenberg e vários outros físicos, no início do século XX, criaram a Física Quântica, não estavam nem um pouco preocupados em criar riqueza, ou dispositivos comercialmente competitivos. Pretendiam apenas entender como é constituída a matéria, sistematizando o conhecimento já acumulado e resolvendo as contradições daí resultantes. Pois hoje em dia, segundo Leon Lederman afirmou em artigo por ocasião do centenário da publicação do artigo seminal de Planck, um terço do PIB dos EUA se baseia em conhecimentos derivados da Física Quântica.

É interessante que, nesse início de século, diversas empresas mantenham em suas equipes de pesquisa grupos de alto nível, dedicados à pesquisa básica: sabem essas empresas que dessas pesquisas podem surgir revoluções tecnológicas, e pretendem com esse apoio manter sua capacidade de incorporar rapidamente novos resultados ao processo produtivo. A Microsoft, por exemplo, abriga um grupo de computação quântica liderado por um matemático que ganhou a medalha Fields. Grupos semelhantes são mantidos pela IBM, pela AT&T, e pela HP, entre outras.

“... há muito tempo atrás os Estados Unidos, como um povo, fizeram escolhas sociais para investir na educação pública, financiar pesquisa no nível federal, e encorajar a inovação com o sistema de patentes. Hoje estamos colhendo os benefícios de um século de investimento público na educação e na pesquisa.”
John Doerr

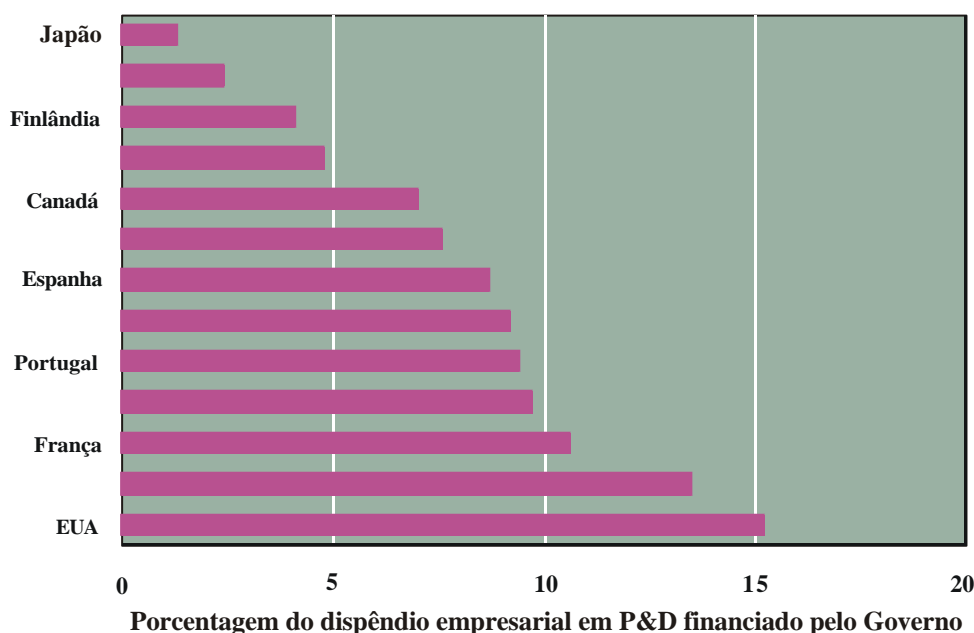
Segundo Leon Lederman, um terço do PIB dos EUA se baseia em conhecimentos derivados da Física Quântica.

⁴ Charles S. Sigismund, *Champions of Silicon Valley*, Wiley & Sons, NY (200)

4 - É URGENTE UMA POLÍTICA INDUSTRIAL QUE ESTIMULE ATIVIDADES DE P&D EMPRESARIAIS

Nos países da OCDE o dispêndio empresarial em P&D é quase dois terços do dispêndio total dos países em P&D, e tem crescido a cada ano. No Canadá o crescimento tem sido de 7% por ano, desde 1981, nos Estados Unidos 4,3% por ano. Na Finlândia, país que foi classificado em primeiro lugar no Índice de Avanço Tecnológico da ONU em 2001, 11% por ano.

Por outro lado, no caso brasileiro é forçoso considerar as dificuldades estruturais presentes para o avanço da tecnologia. Em primeiro lugar nosso sistema de Ciência e Tecnologia é reduzido em termos de recursos humanos qualificados – contamos apenas com algo em torno de 90.000 cientistas e engenheiros ativos em pesquisa e desenvolvimento. Esta quantidade corresponde somente a 0,14% da Força de Trabalho ativa, e se compara muito desfavoravelmente com o



Quadro 6 - Porcentual do dispêndio em P&D empresarial financiado pelo Estado em alguns países da OECD (Fonte: *S&T and Industry Outlook*, 2000 (OECD, 2000)).

existente em outros países como a Espanha (0,24%), Coréia do Sul (0,37%), Itália (0,31%) ou EUA e Japão (0,75%). Em segundo lugar, a atividade de pesquisa e desenvolvimento concentra-se no ambiente acadêmico de universidade e institutos de pesquisa. Estas duas instituições são elementos essenciais em qualquer Sistema Nacional de Inovação, mas não suficientes: falta-nos a presença da empresa como ator decidido e determinante na arena da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico.

Falta-nos a presença da empresa como ator decidido e determinante na arena da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico.

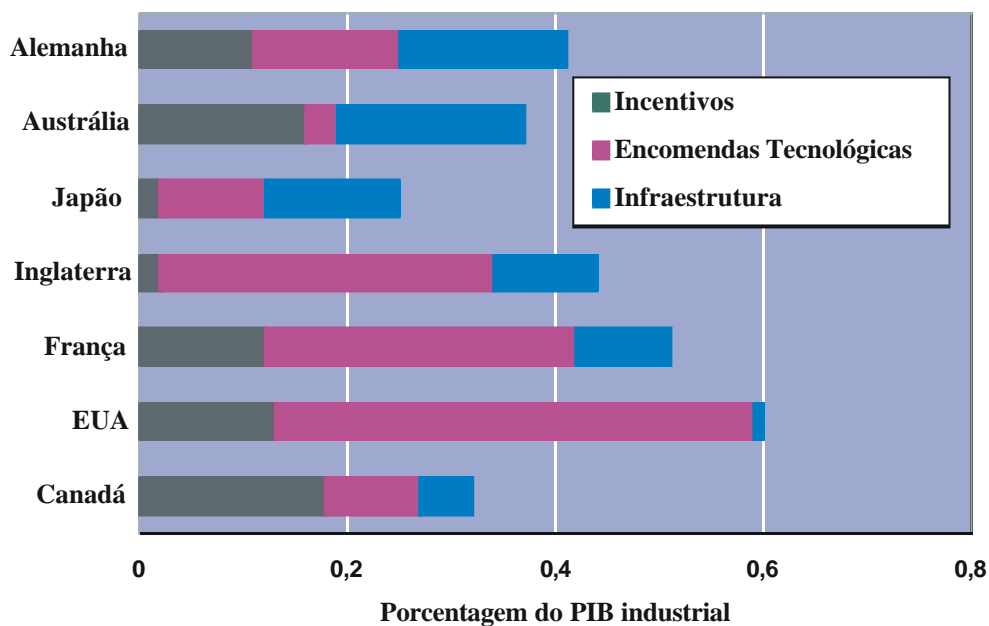
Enquanto em nosso País há, talvez, 9.000 cientistas e engenheiros atuando em P&D em empresas, países de industrialização recente como a Coreia do Sul apresentam 75.000 desses profissionais, e nos Estados Unidos há quase 800 mil cientistas e engenheiros fazendo P&D nas empresas. Cabe destacar o ambiente econômico instável, extremamente desfavorável e até mesmo hostil, para que as empresas realizem investimentos de retorno certo, mas em prazo muitas vezes longo, como são os investimentos em P&D.

Daí a necessidade do apoio estatal às atividades de Pesquisa e Desenvolvimento em empresas. Nos Estados Unidos, dos 65 bilhões de dólares anuais que o governo federal investe em atividades de P&D, 25 bilhões vão para empresas americanas. Neste caso, principalmente através de uma política de encomendas tecnológicas, nas quais o governo compra das empresas produtos e seu desenvolvimento tecnológico. Esse valor significa 15% do dispêndio total feito pelas empresas em P&D. Na Inglaterra o Estado investe 1,5 bilhões de dólares anuais em P&D empresarial – 9% do dispêndio total empresarial em P&D. Na França há anualmente 1,6 bilhões de dólares de investimento do Estado em P&D nas empresas – 11% do total despendido pelas empresas. Na Alemanha 2 bilhões anuais – 9% do dispêndio empresarial. Esses percentuais, mostram que o Estado costuma, nos países desenvolvidos, estimular atividades de P&D empresariais, contribuindo para reduzir o alto risco inerente a essa atividade. Na média dos países da OECD, hoje 10% do dispêndio empresarial em P&D é financiado com recursos governamentais, através de vários métodos de subsídio, incluindo renúncia fiscal, política de encomendas tecnológicas e apoio à infraestrutura de pesquisa. O subsídio governamental é virtuoso, pois em média cada dólar investido pelo governo em P&D empresarial chama outros 9 dólares da empresa. O percentual de financiamento estatal à P&D empresarial já foi maior do que esses 10% presentes – em 1981 nos EUA chegou a 32%, na Inglaterra a 30% e na França a 25%.

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

Esses recursos para o apoio estatal à P&D empresarial são, em geral, aplicados através de três instrumentos complementares:

- i. política de encomendas tecnológicas e contratos,
- ii. incentivos fiscais, e
- iii. apoio à infraestrutura de pesquisa.



Quadro 7 - Intensidade do apoio estatal às atividades de P&D empresariais em alguns países filiados à OCDE (Fonte: *S&T and Industry Outlook*, 2000 (OECD, 2000)).

A partir dos dados da OCDE⁵ verifica-se que nos países onde o apoio estatal à P&D empresarial é maior ocorre mais a modalidade (i), enquanto que naqueles onde o apoio estatal é menor predomina a modalidade (iii).

O apoio estatal ocorre em intensidade que varia de 0,25% a 0,6% do PIB industrial das nações (Quadro 7). Esses percentuais, aplicados ao caso brasileiro, implicariam num dispêndio entre 1 e 2,4 bilhões de reais anuais nessas atividades de apoio à P&D empresarial. Se essa política fosse estabelecida com o mesmo resultado que se obtém nos países da OECD, os recursos estatais deveriam viabilizar a aplicação de nove vezes mais recursos pelas empresas, o que colocaria o dispêndio empresarial em P&D no Brasil entre 10 e 24 bilhões de reais. Em termos de percentual do PIB nacional esses valores representariam de 1 a 2,4% do PIB, o que elevaria o dispêndio brasileiro em P&D à tão almejada faixa dos 2 – 3% do PIB.

Embora políticas desse tipo não tenham sido aplicadas com continuidade no Brasil, há exemplos importantes que ilustram sua capacidade de criar desenvolvimento e riqueza. Alguns desses são os casos do Pró-Álcool, que possibilitou o desenvolvimento da tecnologia do cultivo e transformação da cana em álcool com muita eficiência, o caso da indústria aeronáutica, no qual o apoio do Estado à implantação da Embraer foi fundamental para viabilizar a empresa, hoje o maior exportador do Brasil, ou o desenvolvimento pela Petrobrás da tecnologia para extração de petróleo em águas profundas. Na área de Física

⁵ *Science, Technology and Industry Outlook*, 2000 (OCDE, 2000)

merecem destaque os programas na área de Comunicações Ópticas e o de Separação de Isótopos.

Propomos que, para estimular conexões entre a academia e a empresa, sejam criados Programas Mobilizadores (PM) que envolvam grandes projetos de interesse nacional e que incluam a academia e a empresa de tal sorte que se use a excelente base acadêmica construída no País ao longo das últimas décadas e ao mesmo tempo se criem condições para o desenvolvimento de empresas baseadas em tecnologias modernas. Esse é um tipo de ação que se vale justamente do instrumento “política de encomendas tecnológicas”, mencionado acima, para estimular o desenvolvimento de empresas e de tecnologia. Tais PM deveriam ser estabelecidos a partir de ampla discussão com a academia e com setores empresariais, e precisam envolver amplos setores do Estado brasileiro, além do MCT.

5 - A FÍSICA BRASILEIRA TEM GERADO CONHECIMENTO RELEVANTE E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO⁶

O Brasil conta hoje com mais de 7000 físicos (3500 com doutorado), sendo cerca de 46% experimentais e 54% teóricos, distribuídos por todas as áreas de pesquisa, agrupadas conforme o Quadro 8. Para termos de comparação, nos países centrais $\frac{3}{4}$ dos físicos são experimentais

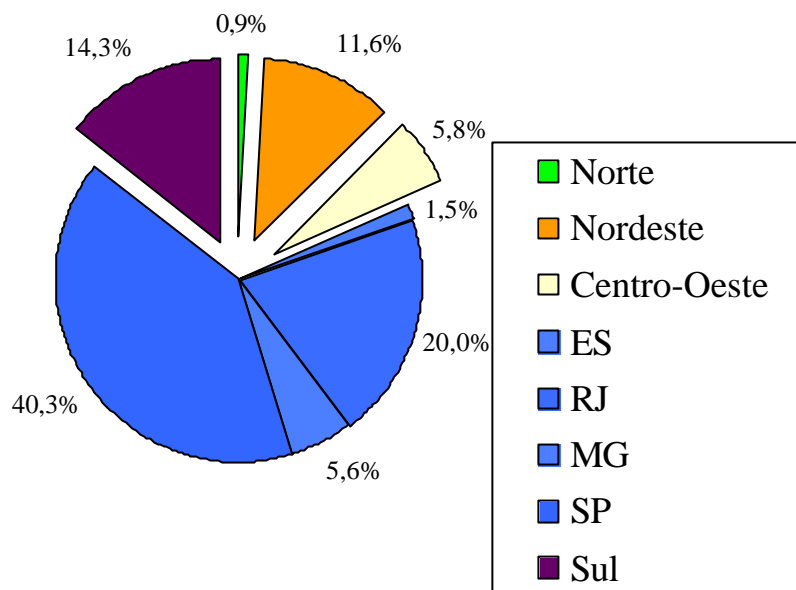
| Áreas | Físicos Experimentais % | Físicos Teóricos % | Total de Físicos % |
|-----------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|
| Partículas e campos | 3 | 10 | 13 |
| Astrofísica | 5 | 8 | 12 |
| Nuclear | 3 | 4 | 6 |
| Atômica e molecular | 3 | 5 | 8 |
| Matéria condensada e ótica | 30 | 19 | 49 |
| Plasmas | 1 | 1 | 2 |
| Biofísica | 1 | 1 | 2 |
| Estatística e computacional | ----- | 7 | 7 |

Quadro 8 – Distribuição dos físicos brasileiros nas áreas de pesquisa

⁶ Baseado em parte em “Física no Brasil – Presente e Futuro”, documento preparado para a ABC sob a coordenação de Carlos Aragão de Carvalho Filho (2001)

Propomos que para se desenvolver no Brasil a área de Física, em conexão entre academia e empresa, se discuta a criação de Programas Mobilizadores

No Brasil, metade dos físicos são experimentais, enquanto nos países industrializados tal fração é de três quartos



Quadro 9 – Distribuição regional de físicos e astrônomos com doutorado no Brasil

A distribuição geográfica dos físicos brasileiros, mostrada no Quadro 9, mostra forte concentração na região Sudeste, especialmente no Estado de São Paulo, onde se encontram 40% dos físicos do País. O montante e a regularidade dos investimentos em pesquisa e formação de recursos humanos realizados pela FAPESP justifica em grande parte o destaque da Física paulista no cenário nacional.

A título de comparação, nos Estados Unidos há cerca de 40.000 doutores em Física, sendo 75% experimentais e distribuídos em números significativos por todas as áreas. Diferentemente do Brasil, onde 98% dos físicos trabalhavam em universidades e centros de pesquisa em 1993, apenas 25% dos físicos americanos atuam no setor acadêmico, sendo o restante empregado pelo setor produtivo, em áreas que englobam desde indústrias de alta tecnologia até o setor financeiro. A intensa utilização dos físicos na indústria nos países desenvolvidos está intimamente associada à maior proporção de físicos experimentais ali observada.

Os 7000 físicos brasileiros atuam como professores e pesquisadores em cerca de 60 instituições de ensino e pesquisa, a grande maioria estatais. A maior parte deles pertence à Sociedade Brasileira de Física (SBF), responsável pela organização de 5 encontros nacionais por ano, nas seguintes áreas: *Física da Matéria Condensada*, *Física Nuclear*; *Física de Partículas e Campos*, *Física de Plasmas* e *Ensino de Física*. O encontro de Física da Matéria Condensada também inclui Física Atômica e Molecular, Ótica, Física Estatística e Computacional, e Biofísica; o de Partículas e Campos inclui Cosmologia, Gravitação e Física Matemática. Os encontros congregam pesquisadores e estudantes de pós-graduação; o de Ensino de Física reúne também professores de Física do segundo

grau. Nos últimos 4 anos, os números de participantes têm sido, em média: 1000 em matéria condensada (1340 no último encontro, realizado em 7-11 de maio de 2002); 200 em nuclear; 300 em partículas e campos; 150 em plasmas; e 1000 em ensino de Física. Há 4 periódicos nacionais para publicação de trabalhos de pesquisa em Física: os 3 editados pela SBF -- *Brazilian Journal of Physics*, *Revista de Física Aplicada e Instrumentação*, e *Revista Brasileira de Ensino de Física* -- e o editado pela ABC, os *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, que abrange as demais ciências.

5.1 - Física é hoje uma das áreas mais competitivas da Ciência brasileira

No setor acadêmico, a produtividade dos físicos é avaliada por seu desempenho em pesquisa e ensino. A produtividade em pesquisa se reflete em publicações em periódicos de circulação internacional. Livros e publicações em anais de conferências são também utilizados nas avaliações, que gozam de credibilidade quando realizadas por pares de reconhecida competência. Apesar de muito mais comuns no setor produtivo, patentes também são consideradas como indicador de produtividade no meio acadêmico. Já no caso do ensino, a contribuição dos físicos liga-se à formação de cientistas e engenheiros das mais variadas especialidades.

A produtividade em pesquisa dos físicos brasileiros pode ser avaliada de distintas maneiras como, por exemplo, pelo número de publicações no *Physical Review* e *Physical Review Letters*, periódicos de prestígio internacional da *American Physical Society*. Neles, em 1995, 1996 e 1997, o número de trabalhos brasileiros chegou a 170, 210 e 250, respectivamente, um aumento de 45% no período; todavia, enquanto a produção americana em igual período representou 35% do total, a brasileira correspondeu a apenas 1,5%, percentagem que certamente poderia aumentar com o crescimento do número de físicos no Brasil, já que a produção *per capita* de 0,1 artigo dos físicos americanos nesse grupo de revistas é igual à de seus colegas brasileiros. Se ampliarmos o leque, incluindo as publicações dos físicos brasileiros em todas as revistas indexadas no *Science Citation Index* teremos em 1995, 1996, 1997 e 2000, respectivamente, 924, 1163, 1298 e 1784 artigos, um crescimento de 93% no período. Finalmente, se nos concentrarmos nas publicações no *Physical Review Letters*, revista destinada a publicar resultados de impacto, merecedores de divulgação rápida, os artigos de brasileiros saltaram de 2 em 1977, para 43 em 1998, crescimento bem maior que os 45% do conjunto das publicações da APS, o que parece indicar que a qualidade cresceu mais que a quantidade.

Alguns indicadores da produção e do impacto dos artigos brasileiros publicados em revistas indexadas no *Science Citation Index* são mostrados nos Quadros 10 e 11. Os quadros mostram um notável avanço tanto no volume quanto na qualidade das publicações brasileiras em quase todas as áreas. Os quadros também demonstram que a Física ocupa

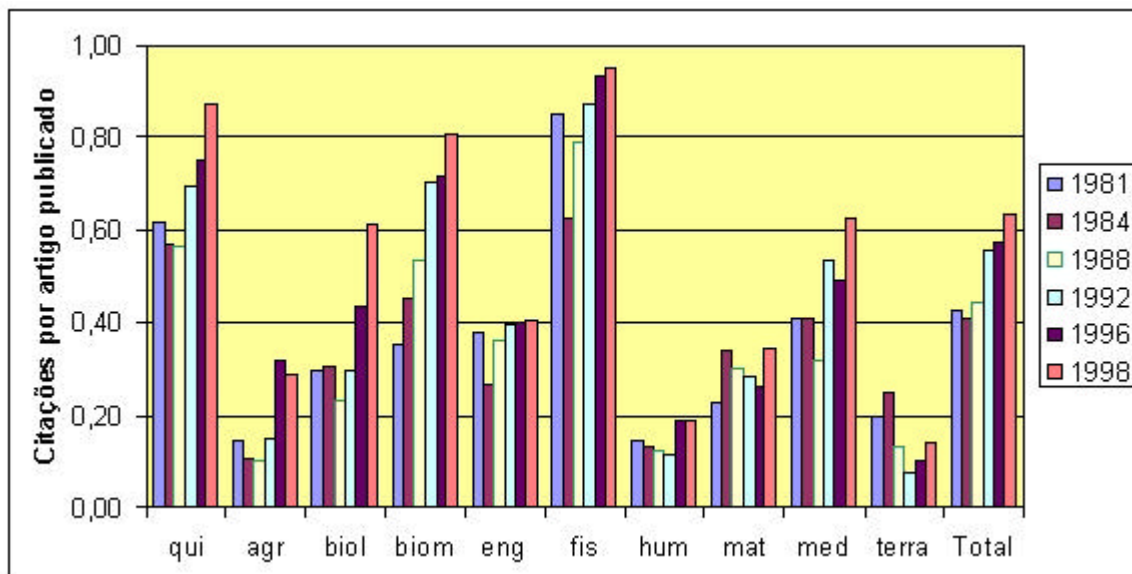
um papel de grande destaque na nossa Ciência. O Brasil publicou no ano 2000 2,04% dos artigos indexados do mundo e cada artigo recebeu em média quase 1,0 citação. Quando se considera que, na média mundial, os artigos de Física são muito menos citados que os de química e de todas as áreas biomédicas, o impacto dos artigos de Física revelado pelo Quadro 3 torna-se ainda mais expressivo.

O desempenho em pesquisa da Física brasileira levou-a a um grau de maturidade que a coloca na liderança do cenário científico nacional. Essa maturidade pode ser atestada por alguns dados de São Paulo: enquanto os números de bolsas da FAPESP de iniciação científica, mestrado e doutorado parecem ter alcançado regime estacionário na Física, as de pós-doutorado têm crescido e representam 25% do total. Também nos temáticos da FAPESP, projetos que requerem boa articulação científica, a Física tem papel de destaque: dos 21 de 1994, 4 são de Física (MR\$ 3 dos MR\$ 17 disponíveis), enquanto em 1999 esse número foi para 10 dos 65 temáticos (MR\$ 5,3 dos MR\$ 55,7 disponíveis). O mesmo destaque se verifica nos pedidos de auxílio e em projetos competitivos, como os de recuperação de infra-estrutura. Nacionalmente, o quadro não é diferente, como evidenciam os resultados do PRONEX, programa de núcleos de excelência: dos 55 projetos da área de Ciências Exatas e da Terra, 2 são de Astrofísica e 29 são de Física; desses, 18 são experimentais e 11 teóricos, distribuídos por praticamente todas as áreas de pesquisa listadas anteriormente.

| Ano | Artigos | | | Brasil/ Mundo, % | | |
|--|---------|-------|--------|------------------------|------|------|
| | 1981 | 1990 | 2000 | 1981 | 1990 | 2000 |
| Biologia e Bioquímica | 192 | 368 | 816 | 0,47 | 0,75 | 1,55 |
| Biologia Molecular e Genética | 86 | 143 | 297 | 1,00 | 0,99 | 1,31 |
| Ciência da Computação | 10 | 20 | 54 | 0,37 | 0,38 | 0,62 |
| Ciência dos Materiais | 27 | 52 | 335 | 0,23 | 0,29 | 1,28 |
| Ciências Agrárias | 117 | 390 | 504 | 0,73 | 2,56 | 3,07 |
| Ciências dos Animais e das Plantas | 230 | 200 | 837 | 0,67 | 0,48 | 1,87 |
| Ciências Espaciais | 43 | 86 | 180 | 0,84 | 1,38 | 1,95 |
| Ciências Sociais em geral | 45 | 102 | 187 | 0,26 | 0,53 | 0,74 |
| Clínica Médica | 319 | 818 | 1.514 | 0,34 | 0,64 | 0,89 |
| Direito | 1 | 1 | 0 | 0,06 | 0,05 | 0,00 |
| Ecologia/Meio Ambiente | 20 | 53 | 263 | 0,23 | 0,45 | 1,45 |
| Economia e Negócios | 6 | 6 | 31 | 0,09 | 0,07 | 0,31 |
| Educação | 4 | 4 | 8 | 0,15 | 0,15 | 0,30 |
| Engenharia | 81 | 151 | 551 | 0,32 | 0,42 | 1,08 |
| Farmacologia | 53 | 85 | 259 | 0,44 | 0,58 | 1,67 |
| Física | 310 | 569 | 1.784 | 0,69 | 0,88 | 2,04 |
| Geociências | 42 | 88 | 246 | 0,39 | 0,63 | 1,18 |
| Imunologia | 15 | 32 | 145 | 0,24 | 0,35 | 1,20 |
| Matemática | 51 | 89 | 185 | 0,61 | 0,98 | 1,42 |
| Microbiologia | 52 | 97 | 297 | 0,50 | 0,71 | 1,89 |
| Multidisciplinar | 113 | 35 | 116 | 1,13 | 0,36 | 1,05 |
| Neurociência e Ciência do Comportamento | 40 | 93 | 287 | 0,29 | 0,46 | 1,01 |
| Psicologia/Psiquiatria | 21 | 26 | 76 | 0,15 | 0,16 | 0,38 |
| Química | 174 | 273 | 1.406 | 0,29 | 0,35 | 1,42 |
| Total | 2.052 | 3.781 | 10.378 | 0,44 | 0,64 | 1,32 |

**Os físicos
brasileiros
participam de
2,04% dos artigos
indexados
publicados no
mundo**

Quadro 10 – Total de artigos brasileiros indexados na base de dados do ISI, segundo a área do conhecimento. (Dados levantados por Jacqueline Leta)



Quadro 11 – Citações/ano por artigo brasileiro nas diversas áreas do conhecimento. As citações foram contadas no ano da publicação e nos dois anos subsequentes, e divididas por 3 para se obter o número de citações por ano. (Dados levantados por Jacqueline Leta)

Para estabelecermos um referencial que permita analisar os dados do Quadro 11, compilamos os Fatores de Impacto médios das revistas cadastradas no *Journal of Citation Reports*, uma publicação anual do ISI que mostra o fator de impacto das revistas, classificadas segundo as áreas do conhecimento. O cálculo do fator de impacto do JCR expressa a seguinte relação: as citações dos artigos publicados nos anos N e N+1 ocorridas nos anos N+2. Por isso recalculamos o fator de impacto das publicações brasileiras segundo esta metodologia e por esta razão os dados do Quadro 12 são diferentes dos mostrados na coluna para o ano 1998. A comparação entre os fatores de impacto das publicações brasileiras e os fatores médios nas mesmas áreas no JCR é mostrada no Quadro 12

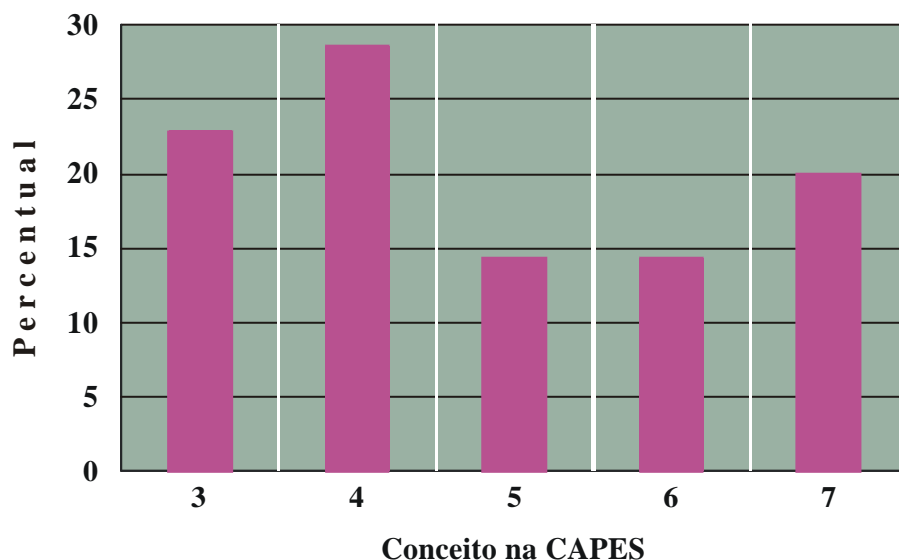
No Quadro 12, observa-se que no Brasil somente as publicações da área de Física, apresentam um fator de impacto superior à média das revistas da área. Algumas áreas, no entanto, mostram um fator de impacto bastante próximo ao valor do JCR, como por exemplo, as Ciências Agrárias e as Engenharias. Esse tipo de análise vem, portanto, confirmar que as áreas comportam-se de maneira bastante diversa quando se trata de produtividade e citação.

| Área | Impacto Brasil 1998 | Fator Impacto da Área no JCR |
|---------------|---------------------|------------------------------|
| C. Agrárias | 0,55 | 0,62 |
| C. Biológicas | 0,70 | 1,96 |
| C. Biomédicas | 1,11 | |
| C. Humanas | 0,22 | 0,77 |
| Engenharias | 0,49 | 0,50 |
| Física | 1,60 | 1,40 |
| Matemática | 0,36 | 0,52 |
| Medicina | 1,04 | 1,35 |
| Química | 1,03 | 1,32 |
| C. da Terra | 0,79 | 0,95 |

Fonte: Journal Citation Report e National Science Citation Reports 1981 – 2000
Elaborado por Jacqueline Leta e CHBrito Cruz.

Quadro 12 - Impacto medido das publicações brasileiras de 1998 e Fator de Impacto médio das revistas por área segundo o *Journal of Citation Reports*.

Existem no País 35 cursos de pós-graduação em Física e/ou Astronomia, dos quais 25 incluem o curso de doutorado. A distribuição percentual dos conceitos desses cursos, na avaliação da CAPES, é mostrada no Quadro 13. Considerando que os cursos que vão somente até o mestrado não podem ter conceito superior a 5, o quadro revela uma excelente conceituação para os cursos de Física e Astronomia..



Quadro 13 – Distribuição percentual dos conceitos na CAPES dos cursos de pós-graduação em Física e Astronomia

A maturidade e a qualidade da Física brasileira explicam sua inserção cada vez maior em grandes projetos internacionais como Gemini, SOAR e ESO, na Astrofísica, o projeto Auger e as várias colaborações com o CERN, Fermilab e Brookhaven, nas áreas nuclear e de partículas e campos, e justifica sua ousadia em lançar-se em projetos experimentais de porte no País, como o que visa detectar ondas gravitacionais. Além

disso, os físicos têm participado cada vez mais em projetos multidisciplinares, muitas vezes liderando grandes colaborações nacionais, como no caso do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), construído em sua quase totalidade no Brasil, que junto com o Laboratório Nacional de Astronomia (LNA), é um dos primeiros exemplos de laboratórios compartilhados por grupos de todo o País e da América Latina. Outro exemplo importante é a *www*, criada pelos físicos no CERN, cuja implementação no Brasil teve a participação decisiva de físicos brasileiros.

5.2 - A Física no Brasil tem gerado riqueza e desenvolvimento da economia

No Brasil, já há um histórico promissor do impacto econômico resultante de atividades de pesquisa na área de Física. É possível obter-se uma imagem impressionista dos impactos da Física feita no Brasil sobre o desenvolvimento econômico através de três efeitos:

- a - Empresas originadas de institutos e departamentos acadêmicos de Física;
- b - projetos de pesquisa cooperativa entre pesquisadores da área de Física e empresas;
- c - projetos acadêmicos que estimulem a empresa local a desenvolver produtos e tecnologias avançadas.

5.2a - Empresas originadas de institutos e departamentos acadêmicos de Física

Uma das maneiras de se documentar parte do impacto econômico da Física feita no País é acompanhando-se as empresas surgidas em torno de institutos e departamentos de Física, criadas por ex-alunos, professores ou técnicos de apoio. Mostramos a seguir dados obtidos num levantamento preliminar desse tipo. O levantamento foi feito solicitando-se aos departamentos e institutos de Física das principais universidades brasileiras que informassem sobre as empresas nascidas de suas organizações, criadas por alunos ali formados, professores ou técnicos. Foram consultados os institutos de Física da USP, USP-São Carlos, Unicamp e da UFRGS, e os departamentos de Física da UFMG, UFC e da UFPe. Recebemos respostas apenas do Instituto de Física Gleb Wataghin da Unicamp, do Instituto de Física de São Carlos da USP e do Departamento de Física da UFPe. Coincidentemente, estas estão entre as organizações na área de Física no Brasil com a maior intensidade de atividades experimentais.

Esse levantamento preliminar pôde identificar 11 empresas originadas do Instituto De Física da Unicamp, 8 originadas do Instituto de Física de São Carlos - USP e 2 originadas do Departamento de Física da UFPe (Quadro 14).

| Instituição/ Empresa | Início | Faturamento estimado em 2001 (R\$) |
|---|--------|------------------------------------|
| Instituto de Física Gleb Wataghin, Unicamp – 11 empresas | | 250.000.000,00 |
| Xtal Fibras Ópticas | 1982 | |
| Optron Micromecânica Ótica | 1983 | |
| Kom Lux Fibras Ópticas | 1985 | |
| Asga S/A | 1986 | |
| Agc Nettest | 1988 | |
| Fotônica Tecnologia Óptica | 1991 | |
| Unilaser Indústria Comércio Ltda | 1991 | |
| Valitech | 1996 | |
| Ecco Fibras e Dispositivos | 1997 | |
| Laserlab Com. e Assist. Téc. Ltda | 1997 | |
| Optolink Indústria Comércio Ltda | 1998 | |
| Instituto de Física de São Carlos, USP – 8 empresas | | 40.000.000,00 |
| Opto Eletrônica S.A. | | |
| MM Optics | | |
| Eyeteq Eq. Oftálmicos Ind. e Com. Ltda | | |
| DMC | | |
| KenderTec | | |
| Artec Tecnologia em Lentes Ltda | | |
| Semapo | | |
| Fotonmed Ltda. | | |
| Departamento de Física, UFPe – 2 empresas | | 40.000,00 |
| Claro Tecnologia | 1998 | |
| Optânica Optoeletrônica Orgânica Ltda | 1998 | |

Quadro 14 - Empresas originadas nos Institutos de Física Gleb Wataghin, Unicamp, e São Carlos, USP e no Departamento de Física da UFPe, seus anos de criação e estimativa de faturamento agregado por origem em 2001.

Comunicações Ópticas no Brasil: academia e empresas fazendo Ciência, tecnologia e desenvolvimento

O aumento contínuo da velocidade dos sistemas de transmissão de informações e telecomunicações deve-se ao uso da luz em sistemas de comunicações. Só com o uso de comunicações ópticas (baseadas em luz) é possível atingir hoje velocidades de transmissão de centenas de Gigabits por segundo. Isto se tornou possível a partir da descoberta de fibras ópticas com baixas perdas de luz, ocorrida nos anos 70. O Brasil entrou cedo nesta atividade, com a instalação do Projeto de Pesquisa em Sistemas de Comunicação por Laser no Instituto de Física da Unicamp em 1971, financiado pela Telebrás a partir de 1973.

Em 1977 foram fabricadas as primeiras fibras ópticas nos laboratórios do Instituto de Física Gleb Wataghin. Em 1978 a tecnologia começou a ser transferida para o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Telebrás, o CPqD, em Campinas. Este processo ilustra uma característica fundamental da transferência de tecnologia entre organizações - o sucesso do projeto se deveu à transferência de cientistas da Unicamp para o CPqD.

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

A Xtal Fibras Ópticas, (comprada recentemente pela Fiber Core. EUA), agora denominada Xtal Fibrecore Brasil, é hoje o maior fabricante de fibras ópticas no Brasil produzindo anualmente mais de 1.100.000 km de fibras ópticas - 35% das fibras comercializadas no País. O faturamento anual da empresa é superior a 45 milhões de dólares e 20% de sua produção é destinada à exportação.

O programa de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia para fabricação de fibras ópticas do Instituto de Física da Unicamp, do CPqD e da Abc Xtal tem todos os elementos essenciais do desenvolvimento tecnológico: a universidade gerando conhecimento fundamental competitivo internacionalmente e formando recursos humanos, o centro de pesquisas ligado à empresa desenvolvendo a tecnologia e a empresa prosseguindo continuamente no desenvolvimento da tecnologia empregando para isto os cientistas e engenheiros formados na universidade. Não sem razão este programa foi qualificado como¹ “*um dos poucos e talvez o melhor exemplo de programa de P&D bem sucedido, no País*”

¹ E. Krieger e F. Galembeck, “Síntese setorial: Capacitação para as Atividades de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico”, p. 63, in *Estado Atual e Papel Futuro da Ciência e Tecnologia no Brasil (EAPF)*, org. S. Schwartzmann (MCT, 1994) – disponível na Web em <http://www.mct.gov.br/publi/compet/krieger.pdf>.

Essas 21 empresas foram responsáveis por um faturamento de aproximadamente 290 milhões de reais em 2001. Este valor se compara favoravelmente com aquele determinado num estudo mais abrangente realizado pelo Grupo de Física do *National Science and Engineering Research Council* (NSERC) do Canadá em 1997, que identificou naquele país 12 empresas originadas dos auxílios à pesquisa concedidos pelo NSERC desde 1960, na área de Física⁷, cujo faturamento agregado era de 108 milhões de dólares. Deve ser levado em conta que no caso do presente levantamento estamos lidando com um espaço de tempo bem mais reduzido, cobrindo apenas os últimos 20 anos, diferentemente do caso canadense que levou em conta empresas criadas desde os anos sessenta.

Em todos estes casos aqui mencionados, os departamentos e institutos universitários tiveram um papel muito relevante na formação dos recursos humanos envolvidos, e, muitas vezes, no desenvolvimento do conhecimento necessário para o início das empresas. Geralmente as empresas, uma vez instaladas, passaram a desenvolver sua própria tecnologia, empregando egressos dos cursos de Física e mantendo a interação com seus departamentos de origem.

5.2b - Projetos de pesquisa cooperativa entre pesquisadores da área de Física e empresas

Outro indicador das conexões (e, implicitamente, do impacto) da Física feita no Brasil com o setor produtivo pode ser obtido analisando-se os projetos de pesquisa estabelecidos de maneira cooperativa entre pesquisadores de institutos e departamentos de Física e empresas. Dos 61 projetos que a Fapesp apóia no Programa de Inovação Tecnológica em Parceria (PITE), há 5 que envolvem institutos ou departamentos de Física. Um dos primeiros projetos em parceria ente universidade e empresa no Brasil foi o Programa de Comunicações Ópticas, estabelecido entre a Unicamp e a Telebrás em 1973. Este programa envolvia o Instituto de Física da Unicamp, além da Faculdade de Engenharia Elétrica (ver *Box*). Nessa área desenvolveu-se no País forte capacidade em departamentos e institutos de Física, como os da Unicamp, UFPe, PUC-RJ, USP-São Carlos e alguns outros. Medida disso são os sete projetos atualmente em andamento contratados pela *Ericsson Research* nessas instituições.

5.2c - Projetos acadêmicos que estimulem a empresa local a desenvolver produtos e tecnologias avançadas

Nesse caso trata-se de projetos com capacidade mobilizadora, que, além de perseguir seus resultados acadêmicos, apresentam desafios tecnológicos para a empresa local, principalmente na forma de desenvolvimento de componentes e instrumentação. A Fapesp tem adotado como política solicitar explicitamente, em projetos de grande

⁷ Paul S. Vincett, "Review of Canadian Academic Physics" (NSERC, 1997).

volume de recursos, que demonstrem esse tipo de resultado como elemento valorizador do projeto. Por exemplo, no projeto *Southern Observatory for Astronomical Research* (SOAR), que a Fapesp financia em parceria com o MCT e organizações internacionais, muito embora o telescópio deva ser instalado nos Andes chilenos, por razões técnicas, vários elementos do telescópio estão sendo desenvolvidos por empresas paulistas.

A cúpula do telescópio foi desenvolvida e construída num projeto coordenado pela Equatorial Sistemas de São José dos Campos, que é a contratadora principal (*prime contractor*) do projeto no Brasil e custou 1,8 milhões de dólares, equivalente à metade do valor investido pela Fapesp no projeto. A cúpula possui 20 metros de diâmetro e 14 metros de altura e será transportada para o Chile na forma de *kits*. Participaram do projeto as empresas Fibraforte (SJC), Metalúrgica Santin (Piracicaba) e Metalúrgica Atlas (SP). A importância da cúpula, além de proteger o telescópio de 4,2 metros de diâmetro, um dos maiores do mundo, foi proporcionar o desenvolvimento tecnológico de quatro empresas brasileiras que estiveram envolvidas na elaboração, fabricação e testes desse equipamento. O projeto é um bom exemplo da participação do Estado na compra de equipamentos de precisão e de tecnologia de ponta necessários à pesquisa científica, favorecendo o desenvolvimento de empresas brasileiras, principalmente as de pequeno porte.

No projeto Pierre Auger, outra importante colaboração internacional na área de Física, a Fapesp também estimulou os coordenadores a colocarem encomendas em empresas locais, mesmo que o equipamento deva ser instalado na região de Malargue, na província de Mendoza, na Argentina. Os produtos brasileiros já estão lá faz algum tempo. Desde o início do ano passado, a Alpina, uma empresa de São Paulo, envia os tanques Cerenkov, em viagens que não levam menos de duas semanas. A Schwartz, de Indaiatuba, fabrica as lentes corretoras, enquanto a Equatorial, de São José dos Campos, vai montar um dispositivo de 2,5 metros de diâmetro que permitirá a regulagem automática das lentes dos telescópios e os obturadores (*shutters*), que expõem o telescópio para observação noturna.

Outro grande projeto científico que colocou importantes desafios para a indústria local foi o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron - LNLS. Neste caso ainda há importantes desenvolvimentos a serem feitos e seria muito aconselhável que isso fosse realizado de acordo com um plano estratégico que privilegiasse a construção de partes, peças e instrumentação no Brasil. A experiência dos projetos SOAR e Auger mostra que há uma capacitação nacional para esse tipo de desenvolvimento, e o sistema de se designar um Contratador Principal industrial é muito efetivo para criar os laços empresariais desejados e que estimulem desenvolvimento tecnológico nacional.

RECOMENDAÇÃO:

Estabelecer no País Projetos Mobilizadores que estimulem o desenvolvimento de Ciência na academia e tecnologia na empresa. Como se vê pelos exemplos mencionados nesta seção, esses projetos podem muito bem ser em áreas fundamentais da Ciência. Uma possibilidade muito concreta na área de Física é o desenvolvimento das próximas etapas das instalações do LCLS que requererão instrumentação e partes que poderão ser desenvolvidas ou integradas por empresas no País. Há outras possibilidades nas quais físicos poderão dar contribuição relevante envolvendo Células de Combustível, Aeronáutica e Espaço, Comunicações Ópticas de Alta Velocidade (Terabits por segundo) e Materiais.

6 - FÍSICA BRASILEIRA: OPORTUNIDADES E LACUNAS

6.1 – Oportunidades para a Física brasileira: rumo a uma revolução científica e tecnológica

A identificação de áreas promissoras de pesquisa deve ser uma tarefa permanente da comunidade científica e das agências de financiamento. Ela pressupõe, no entanto, um apoio sólido e estável à demanda espontânea, e um esforço no sentido de estabelecer uma ampla base de pesquisa. A razão disso é muito clara: freqüentemente, previsões de novos desenvolvimentos não se confirmam, ao mesmo tempo que áreas novas e imprevistas florescem rapidamente. Previsões feitas nos Estados Unidos, há mais de uma década, sobre o desenvolvimento da Física nos dez anos seguintes, mostraram que a dinâmica do desenvolvimento científico vai muito além do que podem imaginar os que se esforçam para fazer prognósticos.

É portanto com essa devida nota de precaução que apontamos áreas que estão tendo um desenvolvimento acelerado nos últimos anos, e cujas implicações tanto em pesquisa básica quanto em aplicações tecnológicas parecem extremamente promissoras nos próximos anos. Merecem assim ações coordenadas, no sentido de equipar adequadamente laboratórios relacionados com esses temas e promover formação de pessoal, orientando estudantes e pesquisadores para que realizem estágios de doutoramento e pós-doutoramento nos melhores laboratórios dessas áreas.

Publicação recente do *National Research Council*, dos Estados Unidos da América (*Physics in a New Era: An Overview*, National Academy Press, Washington, DC, 2001) lista seis áreas da Física, consideradas altamente prioritárias pelo grau de desafio e potencial de desenvolvimento que encerram. Essas áreas são: (i) Desenvolvimento de tecnologias quânticas; (ii) Sistemas complexos; (iii) Aplicação da Física

na Biologia; (iv) Novos materiais; (v) Exploração do Universo; (vi) Unificação das forças da Natureza. É fundamental que nosso País reforce e desenvolva sua capacitação em todas essas áreas. Enfatizamos no entanto, na lista a seguir, quatro temas que, em nossa opinião, poderiam se beneficiar fortemente de um esforço coordenado por parte da comunidade científica e das agências de financiamento.

Novos materiais

Novos materiais serão descobertos, compreendidos e empregados amplamente em Ciência e Tecnologia. A descoberta de materiais como supercondutores em alta temperatura ou que apresentam novas estruturas cristalinas tem estimulado uma nova compreensão teórica e tem conduzido a aplicações tecnológicas. Entre os desafios que se colocam, podemos citar: a síntese e o processamento de materiais complexos compostos de diversos elementos; o papel da geometria molecular e do movimento em apenas uma ou duas dimensões; a incorporação de novos materiais e estruturas em tecnologias existentes; o desenvolvimento de novas técnicas para síntese de materiais, imitando por exemplo a auto-organização espontânea de sistemas biológicos; e o controle de vários processos fora do equilíbrio que afetam materiais em diversas escalas. Atenção especial tem sido dada aos materiais nanoestruturados, que são um dos mais importantes temas das nanociências, discutidas a seguir. Essa é uma classe muito ampla e diversificada de materiais, que inclui polímeros, heteroestruturas semicondutoras, metálicas, magnéticas ou híbridas, nanotubos de carbono, materiais catalisadores, e cerâmicas diversas.

Nanociências

As nanociências são talvez o tema que no momento mais captura o interesse dos cientistas e planejadores científicos em todo o mundo. Após dois anos de análise profunda sobre o potencial dessa área, o governo americano criou o *National Nanotechnology Initiative*, programa citado na introdução do presente relatório. Tal programa envolve oito ministérios e sete agências independentes do governo, e as dotações federais para o mesmo em 2002 são de US\$579 milhões, estando previstos US\$679 milhões para 2003. Acredita-se que as nanociências levarão a uma compreensão muito mais profunda do comportamento de vários sistemas que compõem a Natureza, incluindo os sistemas biológicos; na verdade, grande parte da Física Biológica pertence ao amplo domínio das nanociências. Prevê-se ainda que as nanociências levarão à descoberta e compreensão de novos e surpreendentes fenômenos de grande interesse, que por sua vez serão a base de inovações tecnológicas de grande impacto. O campo das nanociências é multidisciplinar, envolvendo a Física, a Química, a Biologia, as Agrociências, e outras ciências. Sua evolução tem apresentado um caráter crescentemente interdisciplinar, no qual os fenômenos químicos, biológicos etc. na escala nanoscópica são investigados a partir dos fenômenos físicos fundamentais. Assim, a pesquisa em nanociências

vem se tornando notadamente reducionista, o que segundo muitos acabará mantendo a Física no papel de liderança das ciências que ela tem exercido desde a revolução científica. A nanotecnologia será provavelmente a próxima grande revolução tecnológica da história, com implicações muito mais profundas que a da microeletrônica.

Tecnologias quânticas

A habilidade de manipular átomos e moléculas individuais levará a novas tecnologias quânticas com aplicações que vão do desenvolvimento de novos materiais à construção de instrumentos de medida de altíssima sensibilidade e à análise de moléculas biológicas. Essa nova tecnologia envolve tanto a construção de dispositivos quanto sua operação inteiramente no nível quântico. Experiências recentes levaram a estudos de sistemas de muitos átomos no mesmo estado quântico (condensados de Bose-Einstein), e à formação e utilização de estados entrelaçados de dois ou mais átomos ou fótons, com possíveis aplicações em computação quântica e criptografia quântica. Chips atômicos, que podem servir de base a uma nova geração de nanocircuitos, têm sido investigados em vários laboratórios. É possível também a aplicação dessas técnicas em Química controlada quanticamente, e na análise Física de moléculas biológicas, presas por campos de laser (pinças óticas). Já existem no Brasil alguns laboratórios que realizam experiências nessa área, com átomos frios, fótons emaranhados, pinças óticas e ressonância magnética nuclear. A complementação e modernização dos equipamentos desses laboratórios, bem como a formação de novos grupos, aumentará a competitividade de nosso País nessa área, na qual a inovação tecnológica é ainda incipiente, o que abre a possibilidade de ocupação de nichos por parte de países que se iniciam nesse tipo de atividade.

Aplicação da Física na Biologia

Os mecanismos biológicos essenciais dependem em última instância de interações físicas entre moléculas. Por isso mesmo, a Física está no centro das mais profundas descobertas no campo da Biologia, que adquirem caráter crescentemente reducionista. Entre os desafios atuais, podemos citar: a compreensão da estrutura geométrica de cadeias moleculares e de sua relação com as propriedades das proteínas; a biofísica da atividade elétrica celular subjacente ao funcionamento do sistema nervoso, do sistema circulatório e do sistema respiratório; a biomecânica dos motores responsáveis pelos movimentos biológicos; as propriedades mecânicas e elétricas do DNA e das enzimas essenciais para a divisão celular e todos os processos celulares. Abordagens teóricas desenvolvidas na Física estão sendo usadas para entender a Bioinformática, redes bioquímicas e genéticas, e a computação pelo cérebro.

6.2 - Programas Mobilizadores que unam academia e empresas para desenvolverem Ciência e tecnologias estratégicas

Programas Mobilizadores são um instrumento universalmente utilizado pelo Estado para estimular o desenvolvimento de empresas com base tecnológica e garantir que o conhecimento e a educação produzidos na academia encontrem o caminho do mercado, conforme foi demonstrado no Capítulo 4. As conexões entre a academia e a empresa poderiam ser estimuladas por Programas Mobilizadores (PM) que envolvam grandes projetos de interesse nacional e que incluam a academia e a empresa de tal sorte que se use a excelente base acadêmica construída no País ao longo das últimas décadas e ao mesmo tempo se criem condições para o desenvolvimento de empresas baseadas em tecnologias modernas. Esse é um tipo de ação que se vale justamente do instrumento “Política de Encomendas Tecnológicas” discutido no Capítulo 4 para estimular o desenvolvimento de empresas e de tecnologia. Para isso sugerimos que se estabeleçam mecanismos para o detalhamento de PM nas seguintes áreas:

- a) *Upgrades* do LNLS – linhas de luz e aceleradores: o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, uma das grandes realizações da ciência e da técnica brasileiras, precisará de substanciais *upgrades* ao longo dos próximos 10 anos para manter sua competitividade. Esses *upgrades* vêm sendo feitos sem um plano estratégico que maximize o benefício para o País, em termos de desenvolvimento de tecnologia e de oportunidades empresariais. Propomos um Programa Mobilizador destinado a desenvolver esses *upgrades* através de uma empresa nacional que atue como contratador principal e que subcontrate outras, no País (preferencialmente) ou fora para desenvolver os equipamentos necessários. Já há empresas no Brasil que teriam interesse nesse tipo de contrato, como se viu pela experiência dos projetos SOAR, *Auger* e na Missão Espacial Completa Brasileira. Seria natural que tal programa fosse estabelecido e financiado por meio de uma parceria entre o MCT e a Fapesp, agência que tem apoiado alguns dos *upgrades* recentes do LNLS.
- b) Instrumentação avançada para medicina e odontologia: há uma importante base acadêmica instalada na área de aceleradores de partículas, ressonância magnética, imageamento, e lasers e materiais para odontologia. Hospitais públicos compram equipamentos dessa natureza com alguma frequência. Um PM nessa área deveria articular o poder de compra do Estado com o desenvolvimento de empresas nacionais, ou até mesmo a instalação no País de empresas estrangeiras, nessas áreas, incluindo necessariamente atividades de P&D para desenvolvimento de tecnologia e inovação. Seria natural que um PM dessa natureza fosse desenvolvido e financiado em parceria entre MCT, Ministério da Saúde e agências estaduais de financiamento à pesquisa.

Programas Mobilizadores são um instrumento universalmente utilizado pelo estado para estimular o desenvolvimento de empresas com base tecnológica e garantir que o conhecimento e a educação produzidos na academia encontrem o caminho do mercado

Programas Mobilizadores: Upgrade do LNLS, Instrumentação avançada para saúde, Telecomunicações e Energia Renovável

- c) Telecomunicações: este é um campo no qual a Física no Brasil tem dado importantes contribuições, especialmente na área de comunicações ópticas. Um PM nesta área deveria envolver pesquisadores acadêmicos e empresas nascentes de equipamentos para comunicações, para desenvolverem tecnologias avançadas para comunicações em altas velocidades. Está em discussão na Fapesp um programa desta natureza, o TIDIA, e seria muito desejável que houvesse uma articulação com o MCT para que se pudesse implantar uma iniciativa de abrangência nacional, até porque há competência estabelecida em vários departamentos acadêmicos de universidades fora de São Paulo que poderia ser usada com sucesso. Um PM dessa natureza poderia construir um *Testbed* para comunicações em velocidades de terabits por segundo, usando equipamentos desenvolvidos por empresas nacionais (já há algumas em Campinas, Recife, São Carlos, São José dos Campos). Tal PM pode ser organizado em parceria com grandes empresas multinacionais que já produzam certos componentes e equipamentos e se interessem em testá-los ou demonstrá-los.

7 - FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS

Esta questão se insere no problema mais abrangente da formação de recursos humanos para a Ciência e a Tecnologia. A crescente fragmentação do conhecimento em especialidades cada vez mais pontuais e restritas gerou problemas que pedem uma revisão de todo processo educacional e especialmente do ensino universitário. No 1º Congresso Mundial da Transdisciplinaridade, realizado em 1994 em Portugal, Julie T. Klein apresentou um recorte do conhecimento que distinguia 8.530 disciplinas reconhecidas. Segundo Evando Mirra, ex-presidente do CNPq, esta Agência classifica a pesquisa em 868 campos e especialidades. Mesmo que especializações tão minuciosas sejam realmente necessárias, é necessário e urgente que a formação do especialista se assente em uma base científica muito mais ampla, capaz de dar ao estudante uma boa visão dos fundamentos científicos da sua especialidade

Em geral, amplos espectros de especialidades se apóiam essencialmente na mesma base científica. Por isso, o bom domínio dos fundamentos científicos da sua atividade qualifica o especialista para interagir de forma eficiente com outros da mesma grande área do conhecimento. Tal capacidade de diálogo e interação é cada vez mais importante no cenário de fragmentação crescente das especialidades. Exatamente por isso, as empresas estão priorizando em suas contratações o profissional com sólida formação científica, por um lado capaz de rapidamente dominar alguma especialidade para a qual seja designado, e por outro mais apto para entender a função e o significado do seu trabalho na atividade global da empresa e de interagir com os colegas cuja atividade seja complementar à sua.

Amplos espectros de especialidades se apóiam na mesma base científica. Por isso, as empresas preferem o profissional com sólida base científica

7.1 – Flexibilização dos cursos

É importante flexibilizar o ensino de modo a facilitar migrações entre as áreas durante a graduação ou no ingresso da pós-graduação. Em alguns casos, tais migrações são indispensáveis. Por exemplo, um advogado de patentes necessita de uma formação interdisciplinar que somente pode ser obtida se seu curso de graduação for realizado em Ciências Naturais ou Engenharia. Advogados com tal formação, atualmente inexistentes no Brasil e extremamente valorizados nos países centrais, são essenciais para que o País participe de fato do jogo de vida ou morte da propriedade intelectual. Essa flexibilização seria facilitada por um currículo mais formativo também no ciclo profissional.

Devem ser incentivados novos cursos em que as fronteiras entre físicos, químicos, matemáticos, engenheiros e biólogos sejam rompidas, e que levem à formação de profissionais de alto nível e visão mais abrangente, aptos para enfrentar os desafios da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico no mundo atual. Áreas importantes, como a nanotecnologia, a Física Biológica, a robótica e a Engenharia Biomédica, seriam altamente beneficiadas por esses novos métodos de formação.

Em particular, a melhor integração das Ciências Físicas e das Engenharias é fundamental para nosso avanço tecnológico. Tal integração tem de ser feita dentro de uma estratégia para imprimir um ritmo muito mais rápido de desenvolvimento à Engenharia no Brasil. Constata-se que a nossa Engenharia não acompanhou o notável desenvolvimento das ciências que o País experimentou nas últimas três décadas. Estratégias no âmbito do ensino universitário para corrigir esse problema são discutidas no próximo capítulo. O CNPq está presentemente formulando o Plano de Ação para as Engenharias para sanar tal deficiência. Tal plano me rece irrestrito apoio do governo.

RECOMENDAÇÕES:

Priorizar a formação, frente à informação, nos cursos universitários e formar graduados com sólida formação científica e visão abrangente da sua grande área.

Criar novos cursos de caráter interdisciplinar envolvendo cooperação entre docentes cientistas e engenheiros.

Flexibilizar a re-opção de área do estudante em todos os níveis da graduação e no ingresso na pós-graduação.

7.2 – Treinamento de pessoal no Exterior

O notável crescimento da competência científica no Brasil verificado nas últimas quatro décadas foi essencialmente gerado pelo contato com os

Devem ser incentivados novos cursos em que as fronteiras entre físicos, químicos, matemáticos, engenheiros e biólogos sejam rompidas

centros de ciência na Europa e EUA. De longe, o mais importante gerador desse crescimento foram os programas de doutoramento e pós-doutoramento de brasileiros nesse centros, financiados principalmente pelo CNPq e pela CAPES. Após criar internamente um sistema de pós-graduação cuja dimensão e qualidade cresce de forma incomum, o País vem desativando rapidamente seu programa de pós-graduação no Exterior. As bolsas de doutorado quase já não existem, e as de pós-doutorado são claramente em número insuficiente para atender à demanda. Para muitos, ainda é cedo para tal restrição. Ainda por algumas décadas, o Brasil deveria continuar enviando um número considerável de excelentes estudantes para doutoramento nos melhores centros do mundo, e permitir que grande parte de seus recém-doutores realizassem estágios de pós-doutorado nesses centros. Essa Comissão compartilha esse ponto de vista. Pondera, entretanto, que deveríamos ser muito exigentes quanto à qualidade dos centros para onde encaminhamos nossos jovens: eles devem ser treinados em centros onde haja não somente cientistas de excelente nível, mas também grande circulação de cientistas eminentes.

RECOMENDAÇÃO:

Continuar enviando número significativo de excelentes estudantes para programas de doutorado nos melhores centros de Física do mundo, e a maioria dos nossos recém-doutores para pós-doutorado nesses centros.

7.3 – Bolsas de pós-graduação

Conforme mencionado na seção 2.3, o valor das bolsas de pós-graduação no País dadas pelo CNPq e pela CAPES estão bem abaixo dos valores da FAPESP, o que contribui para o desequilíbrio regional na distribuição de estudantes de pós-graduação. É importante corrigir essa discrepância, elevando os valores das bolsas das agências federais, tanto para a pós-graduação, como para pós-doutoramento no País.

Por outro lado, ocorreu nos últimos anos uma redução significativa no número de bolsas de mestrado, sem que isso fosse compensado por um aumento na duração do doutorado, para quem entra diretamente nesse programa. A falta de bolsas de mestrado tem levado cursos de pós-graduação a admitir estudantes diretamente no doutorado, o que em princípio só seria recomendado para estudantes excepcionais. O número de bolsas de doutoramento em Física também não tem acompanhado o crescimento da demanda. Neste ano de 2002 a quota de bolsas de doutorado é 10% inferior à quota de 2001. Deve ser destacado que as quotas de bolsas de pós-graduação, tanto de mestrado quanto de doutorado, não são definidas pelos Comitês Assessores do CNPq.

O apoio a estudantes de pós-graduação em forma de Taxa de Bancada, uma iniciativa do CNPq muito bem aceita pelos programas, foi descontinuado de forma repentina. A CAPES mantém o PROAP, um

Os programas de doutoramento e pós-doutoramento de brasileiros no Exterior foram o principal gerador de competência científica no Brasil.

As bolsas de pós-graduação precisam ser atualizadas em valores e nas quotas para os programas. É também importante a re-implementação das Taxas de Bancada do CNPq

programa semelhante e bem sucedido. A FAPESP também mantém um programa semelhante, no âmbito da chamada Reserva Técnica, que disponibiliza recursos para utilização por seus bolsistas. Seria importante a recuperação da Taxa de Bancada do CNPq, permitindo apoiar a participação em congressos, aquisição de equipamentos, reparos ágeis de instrumentos, aquisição de bens de consumo etc, necessários para o desenvolvimento do projeto de pós-graduação dos bolsistas do CNPq.

RECOMENDAÇÕES:

Devem ser aumentados os valores das bolsas de pós-graduação e de pós-doutoramento no País, atingindo-se pelo menos os valores pagos pela FAPESP.

O número de bolsas de mestrado e doutorado deve ser aumentado, para atender à demanda atual dos cursos de pós-graduação no País.

Deve ser recuperado o programa de Taxa de Bancada para apoio às atividades de estudantes de pós-graduação necessárias para o desenvolvimento de seus projetos.

8 – NECESSIDADE DE FORMAR UM NOVO TIPO DE ENGENHEIRO COM BASE CIENTÍFICA SÓLIDA

A Engenharia no Brasil atingiu alto nível em vários campos, como por exemplo as Engenharias Civil, Elétrica, Eletrônica, Materiais, Mecânica e Química. A Engenharia Civil brasileira está entre as mais avançadas. Na tecnologia do concreto armado o Brasil se situa entre os países de vanguarda, o que permite às vezes soluções arrojadas. A Engenharia Mecânica também é das mais adiantadas, com sucessos que chamam a atenção do resto do mundo, por exemplo nas construções para exploração do petróleo em águas profundas, e na indústria aeronáutica. Em Engenharia Eletrônica há formação de profissionais competentes que operam em diversas áreas, desde controle industrial até telecomunicações.

Além de formar bons profissionais nesses setores, temos necessidade de um novo tipo de engenheiro com formação científica sólida, que possa atuar em novas áreas, educado em um ambiente de estimulante pesquisa científica e tecnológica. Há já exemplos de cursos com esse espírito, como o de Engenharia Física da Universidade Federal de São Carlos. A formação desses engenheiros deveria ser feita simultaneamente com a elaboração de planos de pesquisa em campos que se prestariam a novas aplicações de Física. A implantação desse programa deveria ser feita em associação estreita com os Institutos de Física, de Matemática e de Química, para a organização dos cursos, a escolha dos temas de pesquisa e criação de laboratórios. Para viabilizar a convivência do estudante num ambiente de pesquisa e também torná-los mais atraentes, esses cursos

Temos necessidade de um novo tipo de engenheiro com formação científica sólida, que possa atuar em novas áreas, educado em um ambiente de estimulante pesquisa científica e tecnológica

deveriam ser beneficiados com generosas cotas de bolsas de iniciação científica.

Um fato importante no Brasil a favor de um programa dessa natureza é que, na maioria das universidades do País, na escolha entre Engenharia, Física, Matemática e Química os melhores alunos, em média, preferem as Escolas de Engenharia. Devido ao contato das Escolas de Engenharia com empresas, um programa dessa natureza, além de ter influência nas próprias escolas, poderia contribuir para educar industriais sobre a necessidade de pesquisa tecnológica.

RECOMENDAÇÃO:

Incentivar, através de ações conjuntas do MCT e do MEC, na forma de editais, a criação de novos cursos de Engenharia voltados para a pesquisa e o desenvolvimento, com sólida base científica e interdisciplinar. Essas ações visariam financiar os programas selecionados através de bolsas de Iniciação Científica para seus estudantes e recursos para laboratórios didáticos.

9 – EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA

O papel crescente da tecnologia na sociedade moderna pede atenção para dois problemas. Um deles, obviamente, é o de formar quadros profissionais capazes de manter o avanço da tecnologia e das ciências que lhe dão base. Para isso, além do esforço educativo em C&T nas universidades, é indispensável que se dedique especial atenção à formação científica nas escolas primária e secundária. O segundo problema a ser enfrentado pela sociedade tecnológica é a preparação do cidadão para viver em ambientes cada vez mais afetados pela tecnologia. Os dois problemas pedem ações distintas, como descrito a seguir.

9.1 – Educação e divulgação científica para a população

Arthur Clark chamou atenção para o fato de que qualquer tecnologia suficientemente avançada é indistinguível da mágica. Naturalmente, *suficientemente avançada* refere-se à capacidade de entendimento de quem é exposto a ela. O fato apontado por Clark tem enormes implicações nesta era em que a tecnologia avança rapidamente enquanto a população não está sendo preparada para compreendê-la minimamente. O cidadão cientificamente leigo vê-se imerso em um ambiente de mágica que lhe transmite insegurança e ansiedade. Esse fato tem sido reconhecido como um sério obstáculo para o pleno exercício da cidadania, e sua solução é vista por muitos como mais complexa que a própria geração da tecnologia.

O despreparo da população para a convivência em um ambiente tecnológico é uma séria limitação para a plena realização da democracia. Com efeito, as decisões de assumir ou não os riscos envolvidos em cada grande inovação, como por exemplo o uso da energia nuclear ou de

Preparar toda a população para viver em ambiente altamente tecnológico pode tornar-se um problema mais complexo que a geração da tecnologia

alimentos transgênicos, devem ser legitimadas pela população como um todo, e seu despreparo para isso a deixa com um sentimento de impotência no exercício da cidadania.

Por essas razões, os países tecnologicamente desenvolvidos estão iniciando programas de longo prazo e muito abrangentes para dar uma educação mínima em Ciência e Tecnologia a toda a população. O Brasil não pode deixar de atuar intensamente e com visão de longo prazo com esse mesmo objetivo. Tais ações requerem colaboração entre o MCT e o MEC, além do envolvimento de outros ministérios.

9.2 – Educação científica no ensino básico

No Brasil, as deficiências nos programas de educação em ciências nas escolas primária e secundária são muito mais graves que as verificadas no ensino universitário. Tradicionalmente, nosso ensino de ciências é essencialmente livresco, e nossos jovens têm muito pouca oportunidade de tomar contato com os fenômenos da Natureza e de assimilar os métodos empíricos da investigação científica. Mais recentemente, o quadro tem se agravado porque o ensino básico é predominantemente exercido por escolas particulares pouco interessadas em realizar os investimentos para instalação de laboratórios. As conseqüências são múltiplas e graves: além de perdermos a oportunidade de atrair jovens talentosos para as carreiras científicas e tecnológicas, ficam prejudicados não somente o futuro cientista ou engenheiro, mas também o cidadão que utiliza os produtos da tecnologia em seu cotidiano.

A situação pede urgentes medidas envolvendo o governo federal, através do MEC e MCT, e também as prefeituras e governos estaduais. Uma ação realmente efetiva nesse campo deveria ser coordenada na forma de Programa Mobilizador, no qual empresas brasileiras desenvolveriam *kits* de laboratórios sob encomenda do poder público para equipar todas as escolas públicas e privadas. A valorização, no exame vestibular, do conhecimento dos métodos empíricos estimularia a adesão das escolas privadas ao programa.

No momento está sendo preparado no CNPq um programa de educação científica cujo foco principal é preparar nossa população para participar eficientemente do avanço da C&T. Uma Comissão de alto nível propôs o Programa Nacional de Educação em Ciências e Matemática⁶, cuja implantação será um importante passo para os objetivos visados.

RECOMENDAÇÕES:

Criar um programa de longo prazo de alfabetização científica da população brasileira.

Implementar com urgência o Programa Nacional de Educação em Ciências e Matemática, e considerar sua ampliação, dentro de um Programa Mobilizador.

10 - ESTRUTURA DE APOIO

O apoio governamental à pesquisa no País envolve um elenco de agências, com seus programas, estratégias e modalidades de ação, e também unidades de pesquisa diretamente subordinados ao MCT ou a outros ministérios, cada uma com missão bem definida. Apesar de termos um foco na Física, grande parte do que diremos se aplica também às outras Ciências e às Engenharias.

10.1 - Financiamento

O financiamento à pesquisa nas universidades e institutos de pesquisa no Brasil vem passando por profundas transformações. No período mais dinâmico de construção da infra-estrutura de pesquisa, financiado pelo FNDCT, a Finep promoveu, através dos chamados Projetos Institucionais, a instalação de laboratórios de pesquisa, oficinas de suporte e bibliotecas em dezenas de departamentos de Física espalhados pelo País. Os departamentos que lograram obter esse tipo de apoio se desenvolveram de forma muito diferenciada, e passaram a desenvolver pesquisa de relevância internacional, tanto em Física teórica quanto em Física experimental. Os outros em geral evoluíram com muito menos vigor, ou sua pesquisa tornou-se essencialmente teórica. O CNPq, através de seu financiamento à demanda espontânea, o denominado *sistema de balcão*, complementava o apoio promovido pela Finep, e para muitos departamentos era a única fonte de financiamento. No Estado de São Paulo, a Fapesp atuava vigorosamente também no apoio à demanda espontânea, complementando o apoio da Finep, que se destinava principalmente às universidades estaduais paulistas. Estimulados pelo sucesso da atuação da Fapesp, vários estados criaram agências de fomento (FAPs) inspiradas no modelo paulista, cujas histórias têm sido marcadas por instabilidades decorrentes da irregularidade dos aportes financeiros que os respectivos estados destinam a elas. Esse conjunto de FAPs tem em média evoluído positivamente, e sua consolidação é vista como essencial para o desenvolvimento do País em C&T.

O PADCT, programa visando a realização de pesquisa em temas eleitos para o desenvolvimento tecnológico das nossas empresas, teve seu impacto reduzido pelo pequeno interesse das empresas nos resultados das pesquisas apoiadas pelo programa. Uma vez que na época do PADCT o FNDCT já perdia seu fôlego, o PADCT acabou tendo como seu resultado mais importante a manutenção da pesquisa experimental em vários grupos anteriormente consolidados pelo FNDCT.

Em 1996, foi criado o PRONEX, com mecanismos de avaliação (participação de consultores internacionais) e acompanhamento

**Os departamentos
que obtiveram apoio
institucional da Finep
passaram a
desenvolver pesquisa
de relevância
internacional, tanto
em Física teórica
quanto em Física
experimental**

inovadores. O PRONEX atendia uma antiga reivindicação da comunidade científica, de aumento do prazo de financiamento, de modo a permitir um planejamento a mais longo prazo das atividades de pesquisa dos grupos financiados. Desde então, foram beneficiados com esse programa 206 grupos, nas áreas de Ciências Exatas e da Terra, Ciências da Vida, Ciências Humanas e Sociais e Tecnologia, localizados em 14 unidades da federação e em cerca de 40 instituições de pesquisa, dentre universidades públicas federais, estaduais e privadas, institutos públicos federais e estaduais de pesquisa, além de outros tipos de instituição. Esse programa tornou-se praticamente a única fonte de financiamento para diversos grupos de pesquisa, cujos objetivos e áreas de atuação não se enquadram no âmbito do PADCT. Permitiu assim o desenvolvimento no Brasil de pesquisas de qualidade, mas não substituiu, pelas suas características, o programa de demanda espontânea do CNPq e o apoio institucional provido pelo FNDCT. Assim, pesquisadores competentes, com atuação isolada (e merecedores de bolsas de produtividade em pesquisa do CNPq), bem como grupos que, por diversas razões, não se enquadraram nos editais desse programa, ficaram sem apoio para a realização de suas pesquisas. Além disso, o cronograma de desembolsos foi bastante prejudicado, tendo a duração inicial de quatro anos sido estendida para seis anos. Essas dificuldades devem ser sanadas, e o programa continuado, sem prejuízo da manutenção e desenvolvimento de outras formas de apoio à pesquisa.

Recentemente, o MCT criou um mecanismo engenhoso para aumentar os recursos destinados ao apoio à pesquisa no Brasil, os Fundos Setoriais. Tais fundos provêm de fontes diversificadas, que por sua vez se beneficiarão das pesquisas para as quais se destinam as suas contribuições. Se bem conduzidos, os Fundos Setoriais criarão um círculo virtuoso no qual a pesquisa e suas fontes de financiamento se fortalecerão mutuamente, criando um mecanismo estável de financiamento de C&T e de inovação tecnológica. Os Fundos Setoriais têm ainda a virtude de integrar quatro ministérios (MCT, MEC, Ministério das Comunicações, e Ministério das Minas e Energia) em sua gestão, o que por um lado implica em um envolvimento mais abrangente do Estado no programa e por outro potencializa a apropriação mais eficiente dos resultados. Outro aspecto positivo do complexo embutido nos Fundos Setoriais é que alguns dos fundos reservam cotas mínimas substanciais para as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, o que é um passo importante para a desconcentração da C&T no território nacional. Uma parte dos recursos será destinada ao FNDCT, com destaque para o Fundo de Infraestrutura, que lhe destinará 20% dos seus recursos.

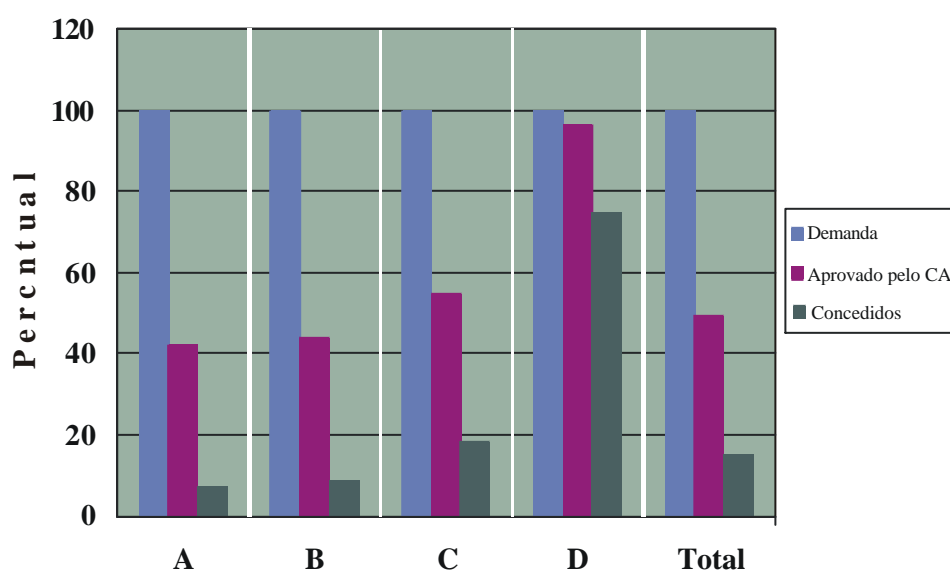
Sendo a Física a mais básica das ciências, e exatamente por isso a que se conecta de forma mais abrangente com o conjunto das ciências naturais e das tecnologias, é de se esperar que a Física brasileira será muito fortemente beneficiada pelos Fundos Setoriais. Entretanto, para que isso ocorra, é importante que os Comitês Gestores dos diversos fundos incluam nos programas, na sua amplitude, a cadeia do conhecimento associada ao tema contemplado por cada respectivo Fundo. Deve ser

apoiado um amplo espectro de pesquisas, procurando-se não apenas incrementar as tecnologias atuais, mas também buscar alternativas inovadoras, que freqüentemente se alimentam dos resultados de fronteira da pesquisa básica. Isto já deveria ficar exposto nas chamadas ou editais referentes aos programas. Na verdade, sem isso não somente a Física mas todas as ciências podem vir a usufruir menos dos Fundos e conseqüentemente também contribuir menos para suas metas. Esta Comissão sabe que a diretoria do CNPq tem insistido nessa questão, e pretende aqui afirmar seu apoio à tese da cadeia ampla do conhecimento.

RECOMENDAÇÃO:

Enquadrar a respectiva cadeia do conhecimento como beneficiária de cada Fundo Setorial.

Outro aspecto do novo cenário de financiamento em que os Fundos Setoriais constituem, de longe, a maior fonte de dinheiro para a pesquisa é que os recursos destinados a apoiar a demanda espontânea permanecem extremamente defasados em relação às necessidades de uma comunidade científica que cresce rapidamente, em número e qualidade. Exemplo disso ocorreu na Física e Astronomia na última edição do Edital Universal do CNPq. De uma demanda de R\$ 11.384.816,00, o Comitê Assessor de Física e Astronomia do CNPq aprovou no mérito R\$ 5.619.693,00 sendo concedidos pelo CNPq apenas R\$ 1.682.558,00 correspondendo a 15% da demanda total e apenas 30% da demanda qualificada pelo CA. A compressão ocorreu em todas as faixas de aplicação, como demonstrado no Quadro 15. É particularmente preocupante que na faixa A apenas três projetos, de um total de 47 submetidos, tenham sido aprovados para toda a Física brasileira, correspondendo ao atendimento financeiro de apenas 7% da demanda. Igualmente, na faixa B apenas 9% da demanda foi atendida.



Quadro 15 - Percentual de concessão de recursos nas faixas: A (até R\$ 100.000,00), B (até R\$ 50.000,00), C (até R\$ 25.000,00) e D (até R\$ 10.000,00).

A dificuldade de financiamento e um excesso de dirigismo acabam por cercear de forma danosa as iniciativas individuais, que sempre foram um dos maiores dinamizadores da Ciência e seguramente a maior fonte das grandes inovações científicas. A pesquisa científica tem de visar a inovação, que nem sempre tem origem em planos pré-estabelecidos. Assim, recomendamos enfaticamente que parte substancial dos Fundos seja destinada à busca descompromissada do conhecimento, cujo apoio seja decidido unicamente por critérios de qualidade. O CNPq, pela experiência que tem nesse sentido, deveria administrar editais universais que permitissem a aplicação desses recursos segundo a sistemática de análise baseada em Comitês Assessores (CAs). Recursos deveriam ser alocados também para a implementação de um sistema de *grants*, que dá grande agilidade à utilização de recursos para a pesquisa, e contribui para reduzir a burocracia e simplificar o processo de análise dos CAs.

RECOMENDAÇÕES:

Agências federais de financiamento devem dar uma alta prioridade ao apoio estável e adequado a grupos pequenos e investigadores individuais trabalhando na fronteira da Ciência. Deve ser substancialmente fortalecido o apoio à demanda espontânea por parte do CNPq, que para isso deveria contar com recursos oriundos dos Fundos Setoriais. Um atendimento adequado à demanda espontânea implicaria disponibilizar já em 2003 recursos da ordem de R\$200 milhões. Além do apoio à compra de equipamentos para os laboratórios de pesquisa, deve ser criado um programa de *grants* individuais.

Deve ser garantido um amplo espectro de financiamento, que inclua além das redes de pesquisa, e o apoio individual e a grupos pequenos, programas de longo prazo para grupos consolidados (como o PRONEX, que deve ser continuado), programas para grupos emergentes, e o apoio institucional às universidades e instituições de pesquisa.

10.2 – Bolsas de produtividade em pesquisa

Em 1977 o CNPq instituiu um programa de apoio a pesquisadores com produção científica qualificada através da concessão de bolsas hoje conhecidas como bolsa de produtividade em pesquisa (BPPq). Esse programa alcançou enorme sucesso, tendo introduzido um esquema de classificação dos bolsistas em seis níveis, de 2C a 1A, que refletem diferentes graus de maturidade científica e de contribuição ao desenvolvimento científico e tecnológico. Tal sistema de classificação tornou-se um referencial de qualidade, passando a ser adotado em várias instâncias, dentro e fora do âmbito do CNPq.

Ao longo de pouco mais de 20 anos, esse programa foi um dos mais fortes estímulos ao crescimento da atividade científica no País, sendo visto pelos pesquisadores como um dos únicos mecanismos existentes de premiação ao trabalho científico e também como um sistema de aferição da qualidade da produção científica. Como resultado, houve um salto no volume de publicações em revistas internacionais ocorrido no Brasil, como foi mostrado no Quadro 10.

No entanto, enquanto a comunidade científica brasileira cresceu a taxas aceleradas nas últimas décadas, o mesmo não se passou com o total de bolsas disponíveis, que manteve-se praticamente constante nos últimos cinco anos. Hoje esse programa inclui um total de cerca de 7800 bolsistas, para um número estimado de cerca de 30.000 pesquisadores. A principal consequência desse descompasso não foi um aumento saudável nos níveis de competitividade, mas uma crescente descaracterização dos objetivos dessa que pode ser considerada uma das mais bem sucedidas iniciativas no apoio à Ciência brasileira. Na verdade, a necessidade de apresentar indicadores excepcionais para a obtenção e manutenção da bolsa passou a inibir o envolvimento em pesquisas de maior audácia ou que necessitam de maior tempo de execução, o que pode estar tendo reflexos deletérios na qualidade e principalmente na originalidade da nossa pesquisa.

Não se deve perder de vista que os problemas acima mencionados afetam de modo particular os pesquisadores mais jovens. Com pouco menos de 650 bolsas disponíveis para a Física e Astronomia e uma produção de 182 doutores/ano, a situação só não se tornou mais crítica por conta das restrições para contratação de novos docentes que as universidades públicas e os institutos de pesquisa federais vêm enfrentando. A dimensão do problema fica clara quando se considera que somente nos últimos quatro anos o número de doutores formados em Física é superior ao número total de bolsas de produtividade disponível nesta área. A análise das solicitações de bolsa do PROFIX na área de Física e Astronomia deixou clara a alta qualificação de uma grande parcela desses novos doutores que ainda se encontram excluídos do mercado de trabalho. A retomada dos processos de contratação incorporará às universidades e aos institutos de pesquisa um número de pesquisadores muito superior ao que está sendo atendido pelo PROFIX, levando a uma possível situação de crise. Em análises recentes de aplicações de bolsas de produtividade e pesquisa o Comitê Assessor de Física e Astronomia tem selecionado um número de propostas altamente qualificadas que superam o número de bolsas disponíveis em cerca de 30 – 40% .

Deve-se destacar que o programa de BPPq tem ótima relação custo-benefício: com um dispêndio de R\$80 milhões/ano obtém-se um enorme aumento de desempenho no complexo de pesquisa acadêmica no Brasil, cujo custo anual é de bilhões de reais.

**O Programa de BPPq
custa apenas R\$ 80
milhões/ano, mas gera
enorme aumento no
desempenho da pesquisa
acadêmica no Brasil, cujo
custo anual é de bilhões
de reais.**

RECOMENDAÇÃO:

É urgente uma expansão no programa de BPPq em cerca de 40%.

10.3 - Oportunidade para os jovens

A idade média dos físicos lotados tanto nos institutos do MCT quanto nas universidades é próxima de 50 anos. Esta média é extremamente alta e demonstra que novas gerações têm tido pouca oportunidade de emprego, e que as lideranças estão envelhecendo, o que é grave: a Ciência precisa de jovens. Ruinosas conseqüências surgirão no futuro se medidas adequadas não forem tomadas em pouco tempo. Obviamente, a capacidade atual do Estado para absorver o grande número de cientistas que estão se formando nas diversas áreas é muito limitada. Entretanto, o Governo tem amplo poder para induzir a absorção de parte muito significativa desse contingente por empresas e instituições de ensino superior privadas. A situação atual revela que, se por um lado o País desenvolveu nas últimas quatro décadas um dos mais bem sucedidos programas de pós-graduação em todo o mundo, por outro lado não desenvolveu esquemas eficientes para utilização dos quadros gerados nesse programa. A plena utilização desses quadros pressupõe, por outro lado, o aparecimento de empresas ativas em inovação tecnológica, com programas de pesquisa e desenvolvimento. Essa questão é analisada em detalhe no Capítulo 3 e na Seção 5.2.

11 – COLABORAÇÕES INTERNACIONAIS

Cada vez mais se realiza pesquisa científica e tecnológica em colaborações internacionais, em campos variados, entre eles: Biologia, Arqueologia, Informática, Ciências Espaciais e no caso particular da Física, experimental e teórica, em Física de Partículas Elementares, Física Nuclear, Física da Matéria Condensada, Física Atômica e Molecular, Ótica, Astronomia, Astrofísica, Cosmologia, Gravitação, Radiação de Luz Síncrotron e suas aplicações, pesquisas sobre novos tipos de energia, como a fusão nuclear, pesquisas sobre novos tipos de aceleradores para aplicações médicas ou industriais.

As colaborações internacionais se fazem entre pesquisadores individualmente, ou entre grupos ou laboratórios de países diferentes, ou com criação de laboratórios especializados por vários países que se associam. Os europeus possuem laboratórios possantes, que contribuem fortemente para o alto nível da Ciência na Europa. Como exemplo, o CERN dedicado à Física de Partículas Elementares, a European Space Agency, que dirige o European Space Observatory com telescópios situados no Chile, o Projeto JET, para estudo da fusão nuclear, o European Synchrotron Radiation Facility, para estudos e aplicações da radiação síncrotron.

11.1 - Importância das colaborações internacionais

As colaborações internacionais apresentam méritos significativos. Elas dedicam-se sempre a assuntos da mais avançada vanguarda da Ciência e esta é a característica principal, que justifica a sua própria existência. Essa é a razão fundamental pela qual todos os países cientificamente avançados, grandes e pequenos, encorajam colaborações internacionais entre pesquisadores, individualmente, e também se associam a grandes colaborações internacionais. Aqueles que ficam fora dessas colaborações se excluem automaticamente dos campos de pesquisa aos quais elas se dedicam, e podem criar lacunas na evolução da Ciência para as gerações futuras.

As considerações a seguir aplicam-se aos casos de colaborações envolvendo grandes projetos, que envolvem um número grande de pesquisadores de diversos países.

1. Como a pesquisa de ponta tem de ser feita obrigatoriamente com tecnologia de ponta, colaborações internacionais utilizam essas tecnologias e freqüentemente criam novas, introduzindo-as nas indústrias. Por exemplo, da verba anual do CERN (450 milhões de dólares) aproximadamente a metade é utilizada na construção de equipamento para experimentos e para aceleradores, e vai para a indústria européia.
2. Devido ao trabalho conjunto de cientistas, engenheiros e técnicos de países diferentes, colaborações internacionais criam ambientes salutarés de troca de experiências, fermentação de idéias e estímulo intelectual. As decisões sobre qual experimento fazer, qual equipamento construir e como testá-lo, os contatos com as indústrias, a tomada de dados e a interpretação dos resultados são elaborados com inúmeras discussões.
3. Cada grupo tem de terminar em data fixa e em plenas condições de funcionamento a sua parte no trabalho, cuja qualidade é sujeita a controle permanente, devido à constância de intercâmbio. Erros e atrasos e não são admitidos.
4. A subdivisão do trabalho e das responsabilidades permite um ganho de tempo de muitos anos na realização dos experimentos.
5. O financiamento subdividido entre vários países permite a realização de projetos que um país só teria dificuldade ou até impossibilidade de realizar, mesmo entre os países ricos.

11.2 – Responsabilidades

O Brasil começou a participar de colaborações internacionais com anos de atraso. Isso é devido em grande parte às condições do País, mas também à incompreensão e falta de iniciativa da própria comunidade científica, que não procurou obter informações precisas sobre condições de participação.

Um grupo somente poderá participar de colaboração internacional se as agências de fomento à pesquisa do País assumirem a responsabilidade de participar do financiamento desde o início até o fim. Além da confiabilidade do grupo, fica em foco também a confiabilidade do País.

Para poder assumir responsabilidade, as agências de fomento precisam ter estrutura adequada. Como o Brasil tem participado até agora em poucas colaborações internacionais, é normal que os órgãos como o MCT, o CNPq, FAPs e outros, embora mostrem interesse em financiar, não tenham ainda estrutura necessária para o bom andamento dos trabalhos dos grupos brasileiros. A experiência adquirida por esses grupos deverá auxiliar os órgãos financiadores a criar as estruturas indispensáveis. É então fundamental um diálogo entre os responsáveis pelas agências e os pesquisadores, na busca de soluções para as dificuldades encontradas até agora pelos diversos grupos. No entanto, algumas deficiências são bem conhecidas, a saber:

Julgamento do interesse científico de um projeto - Comissões de especialistas são indispensáveis para julgar o interesse científico dos projetos internacionais. Nessas comissões deveria haver participação de especialistas estrangeiros.

Comissões de acompanhamento de projetos - Os experimentos aprovados deveriam ser acompanhados com frequência, não somente de 3 em 3, ou de 4 em 4 anos. O acompanhamento precisa também de informações sobre a evolução dos trabalhos nos outros grupos da colaboração. A Comissão encarregada do acompanhamento seria o elemento de contato entre o grupo e o órgão de financiamento.

Continuidade do apoio - Devemos enfatizar que a continuidade de apoio pelos órgãos financiadores é o elemento mais importante para trabalhar em colaboração, seja em grupo, seja individualmente. Ele precisa ser garantido em todas as fases do experimento. Em todos os experimentos, não somente em colaborações internacionais, há às vezes necessidade de se melhorar alguma parte, acarretando em geral pequenas despesas. O grupo que não contribuir para a melhoria pode ficar em situação embaraçosa, especialmente porque são envolvidas pequenas somas: o problema é mais de organização do que financeiro.

Apoio às viagens - A continuidade de apoio às viagens é fundamental, para todos os tipos de colaboração. Não é possível participar de colaborações internacionais sem viajar. No caso de experimentos, a

presença é necessária em todas as fases: nas discussões iniciais, na instalação do experimento, nos testes, na tomada de dados e na interpretação dos resultados. É preciso levar em consideração que as viagens em colaborações internacionais têm peculiaridades. Além daquelas que podem ser programadas com antecedência, surge necessidade de viagens que não estavam previstas, para as quais a autorização deve ser dada em poucos dias e não depois de meses. O grupo deveria ter uma verba anual garantida para viagens, ou o órgão financiador deveria ter estrutura que lhe permitisse responder rapidamente a uma solicitação de viagem.

11.3 - Posição do Brasil no panorama internacional

Dois fatores colocam o Brasil em posição favorável para participação em colaborações internacionais: o número de físicos bem formados aumenta continuamente, e a indústria atingiu bom grau de desenvolvimento. É realista a constituição de grupos brasileiros que possam se impor em colaborações internacionais em igualdade de condições com outros grupos. A indústria brasileira tem condições de participar da construção de equipamento. Quatro empresas participam na construção de detectores de partículas para o Projeto Auger, e vários detectores bastante sofisticados foram construídos para experiências realizadas no Fermilab e no CERN. A participação não tem sido maior por falta de financiamento. Outro progresso tecnológico importante do qual o País se beneficiaria é o desenvolvimento espetacular da Informática Científica, por exemplo na elaboração dos programas GRID. Alguns desses programas serão cruciais para participação em experiências futuras, e quem não os tiver não terá condições de participar.

11.4 – Custo

É preciso não confundir o custo da infra-estrutura dos laboratórios onde são instaladas as experiências com o custo da participação nas experiências. Por exemplo, em Física de Partículas Elementares, o funcionamento do CERN é pago por 19 países europeus e o do Fermilab pelo governo americano. Mas nas experiências realizadas no CERN colaboram mais de 100 países, que dividem entre si o custo dos detectores, e no Fermilab o mesmo acontece com grupos estrangeiros. Em qualquer país o custo de participação nas experiências, por físico e por ano, não é mais elevado do que o custo de experiências em outros campos da Física, e é inferior a alguns.

11.5 – Formas de Colaboração Internacional

Além de promover a participação em projetos de colaboração internacional, há outros mecanismos adequados para aumentar a inserção da Física brasileira na Ciência mundial e para propiciar maior atividade de nossos físicos na fronteira da Física. Um dos mais importantes é estimular a participação ativa dos físicos brasileiros em congressos internacionais. Isto é feito rotineiramente pelo CNPq e pela CAPES

através dos auxílios individuais julgados nos processos de fluxo contínuo. Ocorre que atrasos em julgamentos e critérios condicionantes, como o limite de uma viagem internacional a cada dois anos, independentemente da importância do evento e do nível do pesquisador, frequentemente prejudicam a participação de físicos brasileiros em conferências importantes. O critério inflexível de uma viagem a cada dois anos contribui para desestimular os pesquisadores dos estados onde não há fundações de apoio que possam financiar as viagens nos outros anos. É aconselhável realizar uma avaliação dos instrumentos de apoio para a participação em eventos internacionais, de modo a melhorar sua eficiência e sua atuação equilibrada em todo território nacional.

Outro mecanismo importante para aumentar a inserção da Física brasileira na Ciência mundial e proporcionar a colaboração internacional, principalmente de pesquisadores jovens e estudantes de pós-graduação, é através da realização, no Brasil, de conferências, *workshops*, escolas e cursos. Com relação a esses últimos cabe destacar o potencial de duas instituições, Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) e Centro Internacional de Física da Matéria Condensada (CIFMC) da UnB. O primeiro tem tradição, boas instalações Físicas, e uma localização privilegiada no Rio de Janeiro. O segundo tem larga experiência na realização de conferências e escolas, já tendo promovido um grande número delas. O CIFMC foi criado com essa finalidade e no momento passa por um processo de revitalização, porém com enormes dificuldades financeiras por conta da drástica redução no fomento da pesquisa básica ocorrida nos últimos anos.

Por sugestão do Comitê Assessor de Física e Astronomia do CNPq, uma Comissão composta por Lívio Amaral, Paulo Murilo C. Oliveira e Sílvio R. A. Salinas fez avaliação do CIFMC, em procedimento que incluiu visita e análise de documentos. Em seu relatório, datado em 07/02/2001, a Comissão recomendou que o CNPq oferecesse um apoio diferenciado, nos termos estabelecidos no texto do relatório, às atividades do CIFMC enquanto centro promotor de eventos de alto nível na área da matéria condensada. Endossamos essa recomendação da referida Comissão.

RECOMENDAÇÃO:

O CNPq deve dar ao CIFMC um apoio diferenciado para realização de eventos internacionais de alto nível

12 – CONSOLIDAÇÃO E AMPLIAÇÃO DOS CENTROS DE PESQUISA FEDERAIS, ESTADUAIS E PRIVADOS

Nos países centrais os sistemas de C&T são constituídos pelas universidades e por centros de pesquisa ou institutos tecnológicos públicos e privados. Os centros e institutos tecnológicos empregam mais de 30% dos pesquisadores daqueles países e desempenham importante papel em P&D sobre temas específicos e na interface com empresas. No Brasil, por outro lado, o grande progresso observado nas últimas décadas

na pesquisa nas universidades não encontrou a contrapartida desejável nos institutos e nas empresas. Com exceção de alguns centros do MCT, da EMBRAPA, da FIOCRUZ, do CEPES, do CEPEL, os institutos quase não têm atividades de P&D devido principalmente à quantidade insuficiente de pesquisadores e à falta de objetivos e missões específicas. Será importante promover uma criteriosa avaliação das missões e do desempenho dos atuais institutos e centros de pesquisa federais, visando redefinir seus objetivos para torná-los mais úteis nas respostas às demandas da sociedade, estudar a criação de novos centros para atender a demandas específicas e criar programas de incentivo à melhoria e ampliação dos institutos estaduais atuando em setores tecnológicos estratégicos. Também será importante criar, via indução e parceria com o setor privado, novos modelos de institutos de pesquisa tecnológica, integrados a setores e segmentos industriais, assim como projetos mobilizadores conduzidos por estes centros, visando estimular a pesquisa própria ou em parceria com grupos universitários.

13 - O INMETRO DEVE SER CONSOLIDADO COMO UM CENTRO DE PESQUISA DE ALTO NÍVEL CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

A metrologia, definida como Ciência da medição, objetiva prover confiança às medições, bem como desenvolver novos e melhores processos de medição. Trata-se de uma atividade multidisciplinar, solidamente baseada em Física, e com grande impacto nas mais variadas áreas, como indústria, comércio, saúde e meio ambiente.

A estrutura metrológica de um país requer a existência de um Instituto Metrológico Nacional (IMN) que cuide da realização, guarda e disseminação de padrões de medição, bem como de sua harmonização com instituições congêneres de outros países. Essas instituições devem possuir uma sólida base científica, especialmente em Física, obtida por envolvimento em programas de pesquisa de alto nível, como forma de garantir a necessária proximidade com a fronteira do conhecimento e reconhecimento internacional. Isto pode ser ilustrado com o NIST, o IMN norte-americano, que conta com mais de 850 doutores, sendo dois deles laureados com o Prêmio Nobel de Física.

Dentro deste espírito, o Brasil deve fortalecer o seu IMN, que é o Inmetro, de forma a rapidamente torná-lo uma instituição de excelência em pesquisa científica e tecnológica. É importante destacar que o Inmetro forte e com alto nível científico será um *locus* natural e muito eficaz para implantar a tão necessária interação entre pesquisa básica e o setor produtivo, como ocorre normalmente nos países desenvolvidos.

RECOMENDAÇÃO:

Consolidar rapidamente o Inmetro como um centro de excelência de pesquisa em metrologia e áreas afins. Esta recomendação insere-se

dentro do preconizado no *Livro Verde de Ciência, Tecnologia e Inovação*, no capítulo 4.

14 – É NECESSÁRIO REDUZIR OS DESEQUILÍBRIOS REGIONAIS EM C&T

O desequilíbrio federativo no Brasil se manifesta de várias formas e é reflexo de nossa formação histórica. O poder central, freqüentemente movido por interesses de grupos ou facções representativos das forças politicamente mais fortes, tem sido incapaz de implantar políticas para diminuir as desigualdades regionais acumuladas e refletidas na disparidade de indicadores estratégicos.

No caso do setor de C&T, o País enfrentou na década de 90 uma crise ímpar com a efetiva desativação do FNDCT e dos mecanismos de fomento regular do MCT, contribuindo para o aumento das disparidades entre os grupos das regiões mais e menos favorecidas. Isso porque a escassez de recursos federais acirrou a competição pelo financiamento das atividades de pesquisa, fazendo com que os grupos mais novos dessas regiões tivessem enorme dificuldade em ter seus projetos aprovados frente aqueles dos grupos já estabelecidos das regiões mais desenvolvidas. Ocorre que, fazer hoje o discurso do prêmio à competência estabelecida e ignorar as origens das diversidades apontadas, na distribuição competitiva dos recursos federais, é cristalizar uma situação de injustiça histórica. Por outro lado é importante reconhecer os esforços realizados por alguns estados brasileiros no apoio ao desenvolvimento de sistemas estaduais de C&T.

Pior, muitos pesquisadores e estudantes de graduação e pós-graduação das regiões menos favorecidas, nos últimos anos têm sido atraídos para estados que contam com fundações estaduais de fomento consolidadas, estabelecendo um processo contínuo de drenagem de talentos e competências e contribuindo para agravar o quadro de disparidades e comprometer o futuro da Federação. É preciso reconhecer que o pleno desenvolvimento de um país com a dimensão e diversidade do Brasil só poderá ser alcançado através de um grande esforço para diminuir as desigualdades regionais em todos setores, dentre eles o de C&T. Sem esse esforço a tendência natural será no sentido de crescente concentração dos recursos humanos e materiais para pesquisa nas regiões mais desenvolvidas

É forçoso reconhecer que os estados brasileiros têm exercido políticas muito heterogêneas para o apoio ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia e para sua efetiva inserção em uma sociedade do conhecimento.

As desigualdades hoje observadas no cenário de C&T entre as regiões e estados brasileiros refletem em parte o diferencial de investimentos realizados ao longo da história. Em alguns casos muito desses investimentos tem sido feito com recursos estaduais. O principal exemplo disso é o Estado de São Paulo que há 40 anos mantém uma

agência de financiamento como a FAPESP, com financiamento contínuo e procedimentos rigorosos para seleção de projetos. Atualmente o Estado de São Paulo aplica – com estabilidade e continuidade - mais de 10% de sua receita tributária em ensino superior e pesquisa, mantendo 3 grandes universidades muito ativas em pesquisa (USP, Unicamp e Unesp), a Fapesp e 20 institutos de pesquisa estaduais (como o Instituto Agrônomo de Campinas, criado ainda no segundo império, o IPT, o Instituto Butantã e outros).

Um grave problema nesse contexto é o descumprimento pelos estados brasileiros – com a exceção de SP – dos seus próprios dispositivos constitucionais que determinam o apoio às FAPs estaduais. O Quadro 16 mostra os valores devidos, pelos dispositivos constitucionais estaduais, e os valores efetivamente repassados para as Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa, para os 6 estados que têm as principais FAPs no País: São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Pernambuco e Distrito Federal.

| Estado | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | Total |
|--|--------|---------|---------|---------|---------|----------------|
| S.Paulo valor devido | 77.037 | 141.732 | 181.573 | 184.598 | 190.280 | 775.220 |
| FAPESP valor transferido | 77.037 | 139.895 | 178.650 | 187.271 | 188.204 | 771.057 |
| Em % do devido | 100,0% | 98,7% | 98,4% | 101,4% | 98,9% | 99,5% |
| Minas Gerais (b) valor devido | 90.048 | 23.405 | 42.500 | 48.403 | 55.567 | 259.923 |
| FAPEMIG valor transferido | 8440 | 17.700 | 36.672 | 22.557 | 32.800 | 118.169 |
| Em % do devido | 9,4% | 75,6% | 86,3% | 46,6% | 59,0% | 45,5% |
| Rio de Janeiro (c) valor devido | 15.842 | 79.716 | 219.343 | 158.989 | 204.280 | 678.170 |
| FAPERJ valor transferido | 3448 | 6787 | 13.927 | 17.933 | 14.471 | 56.566 |
| Em % do devido | 21,8% | 8,5% | 6,4% | 11,3% | 7,1% | 8,3% |
| Rio G. do Sul (d) valor devido | 24.463 | 40.034 | 45.977 | 46.948 | 52.771 | 210.193 |
| FAPERGS valor transferido | 5121 | 5071 | 10.500 | 10.717 | 13.644 | 45.053 |
| Em % do devido | 20,9% | 12,7% | 22,8% | 22,8% | 25,9% | 21,4% |
| Pernambuco (e) valor devido | 6872 | 17.000 | 11.349 | 10.948 | 10.728 | 56.897 |
| (FACEPE valor transferido | 1425 | 1700 | 2625 | 3135 | 2187 | 11.072 |
| em % do devido | 20,7% | 10,0% | 23,1% | 28,6% | 20,4% | 19,5% |
| Distrito Federal (f) valor devido | 9782 | 9155 | 10.325 | 8267 | 17.753 | 55.282 |
| FAP DF valor transferido | 9528 | 4158 | 1921 | 4692 | 3777 | 24.076 |
| Em % do devido | 97,4% | 45,4% | 18,6% | 56,8% | 21,3% | 43,6% |

(a) Na revisão este quadro foi atualizado para 1998.

(b) Percentual modificado a partir de 1995; ver nota-rodapé “f”, quadro 2.

(c) Além das transferências do Estado obteve recursos do governo federal e de rendas próprias, não incluídos no transferido e somando, entre 1994 e 1998, R. 32.655.000,00

(d) Como em (c), somando R. 15.364.000,00

(e) Como em (c), somando R. 7.489.000,00

(f) Como em (c), somando R. 6.080,00.

Quadro 16 - Recursos devidos e repassados por 5 estados e DF às suas fundações de amparo à pesquisa, entre 1994 e 1998, valores em R\$ 1000^(a) (Fonte: “Necessidade e Estratégias da Descentralização: O Papel das Fundações e Fundos de Amparo à Pesquisa” Alberto Carvalho da Silva (1998)).

No Quadro 16 verifica-se que, de 1994 a 1998, o descumprimento das constituições pelos governos dos estados de MG, RJ, PE e RS, e do Distrito Federal, resultaram numa redução do investimento em C&T nessas regiões correspondente a R\$ 1,1 bilhão. Este valor, acumulado

num período de apenas quatro anos, demonstra uma importante origem das desigualdades regionais em C&T no País.

**Quadro 17 - Gasto Público Social em Educação por Responsabilidade do Gasto
Administração Direta + Indireta – 1995**

| Regiões e Unidades Da Federação | (1) Governo Federal | (2) Governos Estaduais | (3) Governos Municipais | (1+2+3) Total | (2+3) Total por Estado | (2+3) em % do PIB estadual |
|------------------------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------|------------------------------|----------------------------------|
| Norte | 335 139 | 855 777 | 331 862 | 1 522 778 | 1 187 639 | 3,65% |
| Rondônia | 31 439 | 76 285 | 15 892 | 123 616 | 92 177 | 2,12% |
| Acre | 17 438 | 83 717 | 39 520 | 140 675 | 123 239 | 8,42% |
| Amazonas | 69 471 | 212 790 | 90 272 | 372 533 | 303 062 | 3,43% |
| Roraima | 14 211 | 34 323 | 6 685 | 55 219 | 41 008 | 5,37% |
| Pará | 195 911 | 280 674 | 110 081 | 586 666 | 390 755 | 2,63% |
| Amapá | 4 942 | 49 169 | 17 270 | 71 381 | 66 439 | 5,65% |
| Tocantins | 1 667 | 118 819 | 52 142 | 172 628 | 170 961 | 15,1% |
| Região Norte | 61 | 0 | 0 | 61 | | |
| Nordeste | 1 070 497 | 2 410 392 | 1 472 294 | 4 953 183 | 3 882 686 | 4,55% |
| Maranhão | 96 406 | 232 192 | 147 205 | 475 803 | 379 397 | 5,71% |
| Piauí | 62 927 | 158 211 | 75 322 | 296 460 | 233 533 | 7,23% |
| Ceará | 109 655 | 341 521 | 262 060 | 713 236 | 603 581 | 5,14% |
| Rio Grande do Norte | 132 469 | 153 839 | 94 133 | 380 441 | 247 972 | 4,07% |
| Paraíba | 173 581 | 172 361 | 106 644 | 452 586 | 279 005 | 5,61% |
| Pernambuco | 195 138 | 301 633 | 216 009 | 712 780 | 517 642 | 3,35% |
| Alagoas | 80 053 | 100 569 | 70 799 | 251 421 | 171 368 | 4,36% |
| Sergipe | 45 148 | 133 436 | 59 695 | 238 279 | 193 131 | 3,92% |
| Bahia | 133 734 | 650 487 | 440 427 | 1 224 648 | 1 090 914 | 3,89% |
| Região Nordeste | 41 386 | 166 143 | 0 | 207 529 | | |
| Sudeste | 1 554 104 | 6 933 305 | 4 753 088 | 13 240 497 | 11 686 393 | 3,15% |
| Minas Gerais | 568 719 | 1 666 140 | 1 030 970 | 3 265 829 | 2 697 110 | 4,62% |
| Espírito Santo | 93 492 | 220 851 | 174 889 | 489 232 | 395 740 | 3,02% |
| Rio de Janeiro | 731 649 | 941 008 | 843 548 | 2 516 205 | 1 784 556 | 2,61% |
| São Paulo | 160 245 | 4 105 306 | 2 703 681 | 6 969 232 | 6 808 987 | 2,95% |
| Sul | 833 020 | 1 681 148 | 1 494 053 | 4 008 221 | 3 175 201 | 2,95% |
| Paraná | 173 570 | 735 335 | 637 325 | 1 546 230 | 1 372 660 | 3,47% |
| Santa Catarina | 162 589 | 384 863 | 313 145 | 860 597 | 698 008 | 3,31% |
| Rio Grande do Sul | 496 861 | 560 950 | 543 583 | 1 601 394 | 1 104 533 | 2,35% |
| Centro-Oeste | 590 765 | 1 458 174 | 373 444 | 2 422 383 | 1 831 618 | 4,04% |
| Mato Grosso do Sul | 54 779 | 151 972 | 112 735 | 319 486 | 264 707 | 3,26% |
| Mato Grosso | 107 145 | 269 669 | 116 276 | 493 090 | 385 945 | 5,06% |
| Goiás | 85 375 | 233 950 | 44 433 | 463 758 | 378 393 | 2,55% |
| Distrito Federal | 343 466 | 802 583 | 0 | 1 146 049 | 802 583 | 5,44% |
| Não Regionalizável | 1 253 456 | 403 933 | 181 976 | 1 839 365 | | |
| Total Brasil | 5 636 982 | 13 742 729 | 8 606 717 | 27 986 427 | 22 349 446 | 3,46% |

Gasto Público Brasileiro em Educação: 4,33% do PIB do País

Fonte - IPEA

Historicamente os estados têm priorizado de formas muito distintas os investimentos em, por um lado, educação superior e pesquisa e, por outro, educação básica. Isso pode ser visto pela comparação entre o Quadro 16 e o Quadro 17, que expõe os gastos em educação em todos os níveis nas diversas Unidades da Federação. Por exemplo, os governos do Nordeste em média gastam 4,55% do PIB em educação, muito mais do que se gasta nas regiões Sudeste e Sul, quase tudo em educação básica.

Esse contraste tem relação com realidades econômicas e demográficas muito distintas acima e abaixo de, aproximadamente, a cidade de Belo Horizonte. Ao norte temos altas taxas de natalidade, o que significa mais crianças para serem educadas, e famílias sem recursos para educar seus filhos em escolas privadas. Ao Sul temos proporcionalmente menos crianças e famílias mais abastadas, desinteressadas do ensino básico que o poder público tem oferecido. Esse desinteresse limita a pressão para que os governos aumentem seus gastos em educação básica.

Esses dados que acabamos de expor pedem uma análise muito mais profunda do que poderíamos fazer neste relatório, e a formulação de políticas a longo prazo visando à diminuição dos desequilíbrios regionais em C&T deveria ser precedida de tal análise. Apesar dessa ressalva, julgamos que alguns fatos se exibem com clareza suficiente para que possam ser reconhecidos em nossa análise muito preliminar. Um deles é que, apesar de iniciativas locais serem importantes para se progredir no sentido da diminuição das desigualdades regionais, a intervenção do Governo Federal é indispensável para que resultados importantes apareçam em prazos aceitáveis. Em especial, a falsa e amplamente difundida idéia de que os estados pobres têm desleixado completamente da educação do seu povo tem de ser revista. O fato real é que, apesar da relativa priorização dos gastos em educação nessas regiões, eles são muito inferiores aos necessários para uma alteração significativa do quadro atual.

RECOMENDAÇÕES:

É necessário criar mecanismos diferenciados para a atração e a fixação, principalmente nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, de novos grupos e pesquisadores, sendo oferecidas condições especiais de apoio para a manutenção da infra-estrutura dos pesquisadores ativos que aí continuam a manter suas atividades, através de projetos individuais ou de apoio a grupos emergentes. Também será importante a incorporação do componente de C&T nos órgãos de desenvolvimento regional, como SUDENE, SUDAM e BNB, assim como estabelecer uma grande articulação entre o Governo Federal e os estados visando aperfeiçoar e/ou desenvolver os sistemas estaduais de C&T, apoiando a elaboração de estudos para a definição de estratégias de desenvolvimento local e financiando programas e projetos conjuntos em regime de contrapartida.

É importante criar novos institutos de pesquisa vinculados ao MCT ou a outros ministérios, como forma de aproveitar potencialidades locais e contribuir para diminuir as desigualdades regionais no País. A viabilidade e a importância desses institutos pode ser ilustrada com dois exemplos emblemáticos, ambos da Embrapa: o Centro de Pesquisa de Agricultura do Cerrado, em Planaltina – DF, que contribuiu de forma decisiva para criar no País a melhor tecnologia do mundo no cultivo da soja e para alargar a fronteira agrícola do Brasil, e o Centro de Pesquisa do Trópico Semi-Árido, em Petrolina – PE, que possibilitou que a região se tornasse um importante pólo de fruticultura irrigada. Estes exemplos inspiram a criação de outros institutos, por exemplo, na área de Tecnologia Florestal, na Amazônia, em Recursos Hídricos, Oceanografia, Ciências da Terra, ou Fontes Renováveis de Energia, no Nordeste.

15 – PROPOSTAS PARA A ATUAÇÃO DO CBPF

Fundado em 1949, o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) teve, incontestavelmente, papel histórico importante na evolução da Física brasileira a partir da década de 1950, época em que havia poucos centros de pesquisa de vanguarda em Física no País. É importante lembrar que o sucesso do laboratório foi devido fundamentalmente a dois fatores. Um foi a centralização de suas atividades em campos importantes que estavam em plena expansão tanto na parte experimental quanto na teórica, e correlatos - Física Nuclear, Raios Cósmicos e Física de Partículas Elementares. Outro, devido aos seus campos de atividade, o CBPF era ponto de circulação de eminentes físicos estrangeiros do maior prestígio internacional, que lá passavam períodos variando de algumas semanas a um ano, e era, portanto, ponto de circulação de idéias. Esses dois fatores, especialmente o segundo, fizeram que o CBPF se tornasse importante pólo de atração de físicos de outros estados do Brasil e da América Latina - muitos dos quais fizeram lá a sua formação - e fosse escolhido para sede do Centro Latino-Americano de Física (CLAF).

A recuperação desse papel proeminente do CBPF será importante para a Física brasileira. Essa recuperação, no entanto, poderá ser atingida somente se forem satisfeitas certas condições que analisaremos a seguir.

A análise dos relatórios das comissões que avaliaram o CBPF nos últimos anos, de pareceres de consultores internacionais, e de indicadores da CAPES e do CNPq, permitem à Comissão concluir que o CBPF tem um desempenho na pesquisa e na pós-graduação comparável a bons departamentos de Física no Brasil. De fato, sua pós-graduação recebeu conceito 6 na última avaliação da CAPES (a nota 7, máxima possível, foi obtida por sete instituições na área de Física e Astronomia: o curso de Astronomia do IAG/USP, e os cursos de Física da UFPE, da UFMG, da USP, da USP/SC, da UNICAMP e da UFRGS; no Estado do

Rio de Janeiro, além do CBPF, têm nota 6 os cursos de Física da UFRJ e da UFF) e 38 de seus 65 pesquisadores possuem atualmente bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq. Esses números indicam que uma fração de seus pesquisadores comparável com a de outros bons programas de pós-graduação nas universidades brasileiras, mantêm uma boa produtividade, especialmente se considerarmos, conforme comentado em outra seção deste relatório, a severa compressão desse sistema de bolsas no momento atual.

15.1 - A pesquisa e a pequena carga didática

O CBPF tem um caráter singular na Física brasileira, uma vez que é uma instituição voltada apenas para a pesquisa e a pós-graduação, sem atividades de ensino de graduação. Essa é outra razão que leva naturalmente a uma exigência maior com relação ao nível de seus pesquisadores e ao impacto de seus programas de pesquisa e de pós-graduação, uma vez que os cursos de Física universitários com avaliações equivalentes ou superiores às do CBPF têm, além de suas atividades de pesquisa, papel importante na formação de recursos humanos em diversas áreas do conhecimento.

A carga didática média dos pesquisadores do CBPF é bem inferior à de seus colegas universitários; além disso, nos últimos cinco anos, apenas uma fração reduzida do quadro do CBPF envolveu-se com os cursos ministrados nessa instituição. Por isso mesmo, a manutenção de seu caráter singular justifica-se apenas na medida em que o CBPF tenha missões específicas e um papel de grande destaque na Física brasileira.

Essas considerações implicam que os padrões a serem perseguidos por essa instituição deveriam ser especialmente elevados: ela deveria almejar alcançar o nível mais alto na avaliação de seu programa de pós-graduação pela CAPES e ter um quadro de pesquisadores equiparados aos melhores cientistas do País. Em particular, o percentual de pesquisadores com bolsa de produtividade em pesquisa deveria ser substancialmente maior do que aquele nos melhores cursos de Física do Brasil. É injustificável, dada a sua situação singular, que o CBPF abrigue em seus quadros, como ocorre atualmente, pesquisadores com baixa produtividade e sem nenhuma carga didática e de orientação de jovens, ainda que esse não seja o caso da maior parte do quadro dessa instituição.

15.2 - Posição do CBPF na Física brasileira atual

É exatamente o sucesso e a expansão da pesquisa em Física no Brasil, com o aparecimento de vários centros de excelência, conforme pretendido pelos fundadores do CBPF, que têm levado a questionamentos recorrentes sobre seu perfil atual, levantados por diversas comissões que analisaram essa instituição nos últimos anos.

Fundado em 1949, o CBPF desempenhou durante muitos anos um papel fundamental no desenvolvimento da Física brasileira... A recuperação de um papel de grande destaque para o CBPF no cenário da Física brasileira é importante para o desenvolvimento dessa Ciência no País.

A Comissão julga que a recuperação de um papel de grande destaque para o CBPF no cenário da Física brasileira é importante para o desenvolvimento dessa Ciência no País. Isso daria ao CBPF o *status* de laboratório nacional digno de representar a Física brasileira. Para que isso ocorra, é necessária a implementação de algumas medidas de grande profundidade, envolvendo tanto a reorganização institucional quanto a missão do Centro. Essas medidas deverão ter por objetivo:

– Consolidar o CBPF como centro de excelência, a nível internacional, em algumas áreas importantes da Física.

– Fazer com que o Centro seja uma instituição ágil, com um intenso programa de pós-doutoramento, com grande circulação de cientistas do País e do Exterior, e que abrigue com freqüência, periodicamente em certos casos, importantes encontros científicos, incluindo programas temáticos de durações diversas.

Esses objetivos somente poderão ser atingidos se forem satisfeitas duas condições básicas, sem as quais nenhuma mudança fundamental será possível:

a) uma reestruturação da instituição com implementação de novas medidas;

b) vontade política forte, à altura do apoio necessário a um laboratório nacional que seja representativo da Física brasileira, para implementação e consolidação da nova estrutura, e para financiamento adequado e contínuo.

A seguir, diferentes aspectos das transformações propostas para o CBPF serão abordados. Cumpre observar que o fato de ser o Centro comparável aos bons departamentos de Física de nossas universidades recomenda cuidados especiais na implementação dessas transformações, de modo a não prejudicar os grupos produtivos e o clima acadêmico da instituição.

15.3 - Reorganização institucional e gerencial do CBPF

O CBPF deve sofrer uma reorganização institucional que preserve o núcleo de excelência, que torne viável e agilize a contratação de cientistas visitantes de elevada competência (eventualmente com salários diferenciados), e que permita a redução do quadro de pesquisadores, acompanhada de revitalização de certas linhas de pesquisa e criação de outras. A Comissão sugere que o CBPF seja dirigido por um Comitê Científico formado por maioria de membros externos, incluindo estrangeiros. Esse Comitê definiria as áreas de atuação do Centro (algumas serão aqui sugeridas) bem como os critérios de admissão de pesquisadores e técnicos na nova estrutura. O formato institucional mais adequado deveria ser analisado cuidadosamente, de modo a permitir a

O CBPF deve sofrer uma reorganização institucional que preserve o núcleo de excelência, que torne viável e agilize a contratação de cientistas visitantes de elevada competência, e que permita a redução do quadro de pesquisadores, acompanhada pela criação de novas linhas de pesquisa e revitalização de outras.

realização desses objetivos e garantir ao mesmo tempo a transparência e o controle adequado de sua administração. A escolha do quadro jurídico para essa reestruturação é da alçada do MCT. Para dois outros institutos do MCT, o LNLS e o IMPA, a escolha foi de transformá-los em Organização Social - e certa experiência foi adquirida com esse tipo de instituição - mas certamente há outras alternativas. No processo de definição do novo quadro do CBPF, aqueles que não fossem selecionados teriam a opção de se transferir para outro órgão federal, pedir demissão, ou ficar em carreira em extinção.

15.4 - A reestruturação da pesquisa e do corpo científico

O MCT alocaria recursos financeiros e vagas para o novo CBPF contratar lideranças jovens para as áreas selecionadas e para montar/expandir laboratórios e instalações. O corpo científico permanente do CBPF seria relativamente pequeno, e uma parte importante das posições seria reservada para contratos temporários, de forma a dinamizar a circulação de pessoas e tornar o Centro ágil na eventual adoção de novas linhas de pesquisa.

15.5 - A pós-graduação

O CBPF foi a primeira instituição a organizar cursos de pós-graduação em Física no Brasil, e essa atividade pioneira ajudou muito em estabelecer importante elo e colaboração com outros estados do Brasil e com a América Latina. Ainda hoje mais da metade dos estudantes são provenientes de outros estados ou países..

Por outro lado, o ensino de pós-graduação, em princípio, não é indispensável para a atuação de qualquer instituto do MCT. Os similares no mundo não têm atividade acadêmica convencional nem concedem títulos acadêmicos, sendo, entretanto, freqüentemente local muito adequado para trabalhos de teses a serem defendidas em universidades. Entretanto, o MCT deveria adotar uma política uniforme sobre esse item para todas as suas unidades de pesquisa, justificando apropriadamente eventuais exceções. Sem tal política, a extinção do atual programa do CBPF, com conceito seis (6) na CAPES, não é recomendada. Mantida a pós-graduação ela deve ser focalizada nas áreas de excelência do Centro, para diferenciá-la das outras pós-graduações.

Devemos ressaltar que a atividade de ensino é estimulante para o pesquisador. Não raro, idéias para trabalho surgem na preparação de cursos de pós-graduação ou de perguntas inteligentes formuladas por estudantes. Mantida a pós-graduação no CBPF reestruturado, é desejável que a totalidade de seu quadro esteja envolvida freqüentemente com atividades didáticas e de orientação de jovens.

15.6 – Sugestões de áreas a serem priorizadas no CBPF

Para identificar áreas em que o CBPF deveria focalizar sua atuação, ou cujo enfoque deveria ser alterado, a Comissão baseou-se em pareceres de físicos da mais alta eminência no cenário internacional sobre alguns dos grupos já atuantes no Centro: Física Experimental de Altas Energias, Cosmologia e Gravitação, Sistemas Complexos, Ciências dos Materiais e Caos Quântico. A premência do tempo previsto para os trabalhos e as amplas atribuições da Comissão não permitiram uma análise mais extensa dos diversos grupos de pesquisa do CBPF, o que deveria ser feito pelo Comitê Científico encarregado de reestruturá-lo. Sugerimos que tal Comitê utilize, para seu trabalho de reestruturação do Centro e de formulação de políticas de apoio aos diversos grupos, os pareceres de consultores que obtivemos, além de pareceres adicionais que possa considerar necessários. As recomendações que se seguem são baseadas nesses pareceres, em outros indicadores levantados por membros da própria Comissão, e em considerações, apresentadas em outras seções deste relatório, sobre áreas cujo desenvolvimento é considerado importante para a Ciência brasileira.

A Comissão julga que a caracterização da missão do CBPF deve incluir a priorização de algumas linhas de pesquisa experimentais. Concretamente, priorizar uma linha experimental significa formular um plano de longo prazo para o desenvolvimento e consolidação da mesma, disponibilizando recursos humanos e materiais, e viabilizando as colaborações internacionais necessárias para a realização dos projetos correspondentes. Isso não significa que devam ser coibidas outras áreas de pesquisa que têm apresentado resultados meritórios. A manutenção de um espectro diversificado de pesquisas de boa qualidade é importante para a formação de recursos humanos realizada no Centro, na medida em que prossiga seu programa de pós-graduação. Consideramos, no entanto, que as outras linhas meritórias de pesquisa desenvolvidas no CBPF devem competir por recursos em igualdade de condições com grupos de outras instituições, não se justificando apoios especiais, que devem ser reservados para projetos que necessitem de ações coordenadas de longo prazo, e cujo desenvolvimento ajude a caracterizar a missão da instituição.

Além da priorização das linhas experimentais mencionadas a seguir, recomendamos uma reorientação da linha de Cosmologia e Gravitação, que há muitos anos tem tido um papel proeminente no CBPF. Os consultores chamaram a atenção para a desconexão entre os trabalhos desse grupo e os presentes dados observacionais de Astrofísica. Com base nesses pareceres, recomendamos que essa linha de pesquisa sofra uma reorientação de enfoque, com a incorporação de novos pesquisadores de competência reconhecida em Astrofísica observacional. Os experimentos em Cosmologia e em Gravitação sendo feitos em colaborações internacionais, recomendamos que o grupo se

associe rapidamente a uma dessas colaborações, com escolha judiciosa de alguma que não esteja demasiadamente avançada. Isto exige uma atuação coordenada do CBPF com o MCT.

A seguir, listamos algumas das áreas experimentais que poderiam ser priorizadas no Centro, e as justificativas para nossa recomendação.

Física de Altas Energias

O trabalho do grupo de Física Experimental de Altas Energias no CBPF recebeu apreciações altamente positivas de seis eminentes especialistas estrangeiros da área. Todos os consultores foram unânimes em afirmar que o referido grupo tem dado contribuições de alto mérito para a área no âmbito das colaborações internacionais das quais participa. A qualidade do trabalho desse grupo está no mesmo nível que a de seus colegas americanos e europeus atuantes no Fermilab e no CERN.

Esse deve ser um dos grupos prioritários. Para que ele mantenha e consolide sua participação nesses trabalhos, é necessário um apoio diferenciado, que viabilize a presença dos pesquisadores nos experimentos associados a colaborações internacionais, e que promova a construção no País, eventualmente através de projetos mobilizadores, dos equipamentos necessários. A indústria brasileira tem condições de participar da construção de boa parte desses equipamentos.

Física dos Materiais

O CBPF tem tradição e uma considerável infraestrutura laboratorial para pesquisa de materiais. A continuação dessa atividade tem interesse estratégico para a Cidade do Rio de Janeiro, posto que esta concentra alta capacidade em Física Teórica da Matéria Condensada e relativamente pouca pesquisa experimental nessa área. Recomendamos que a pesquisa em Física dos Materiais seja priorizada e revitalizada no CBPF. Para tal, é necessário que sejam contratados alguns jovens experimentais de competência reconhecida internacionalmente, que possam ocupar novas posições de liderança na Física Experimental de Materiais dentro do Centro e realizar pesquisa de impacto internacional. Nesse esforço, os materiais nano-estruturados, de grande interesse na Ciência atual e foco de interesse de vários teóricos do Rio, devem ser priorizados.

Física na Biologia

Deve também ser considerada a possibilidade de serem contratados novos pesquisadores, de competência reconhecida internacionalmente, para a área de Física na Biologia, pois esse campo é incipiente no País e de grande importância na Ciência atual. A contratação de novos pesquisadores deveria ser acompanhada da criação das condições necessárias para sua pesquisa, o que exige uma ação coordenada do MCT e do CBPF.

Note-se que o programa PROFIX, implantado recentemente pelo CNPq, ajudou a identificar jovens pesquisadores de excelente formação em Ciência dos Materiais e em aplicações de Física na Biologia, que poderiam contribuir para o esforço coordenado do CBPF nessas duas áreas.

RECOMENDAÇÃO:

O CBPF deve sofrer uma reorganização institucional que preserve o núcleo de excelência, que torne viável e agilize a contratação de cientistas visitantes de elevada competência, e que permita a redução do quadro de pesquisadores, acompanhada pela criação de novas linhas de pesquisa e revitalização de outras. Sugerimos a priorização da pesquisa experimental em Altas Energias, Ciência dos Materiais (com ênfase em materiais nano-estruturados) e Física na Biologia. Para o desenvolvimento dessas duas últimas linhas, deverão ser contratados jovens pesquisadores de competência reconhecida internacionalmente. Propomos para a linha de Cosmologia e Gravitação uma reorientação de enfoque, incorporando pesquisadores de competência reconhecida em AstroFísica observacional.

16 – PROGRAMA NACIONAL DE ENERGIA POR FUSÃO

Durante o andamento dos trabalhos, a Comissão recebeu do Dr. João E. Steiner, Secretário de Coordenação das Unidades de Pesquisa – MCT, solicitação para opinar sobre duas propostas encaminhadas pelo Dr. Luiz Carlos Moura Miranda, Diretor do INPE:

- a) Inclusão do Brasil no “Acordo de Implementação de Cooperação em Toróides Esféricos”;
- b) Criação de um “Programa Nacional de Energia por Fusão.

Julgamos que ambas as propostas são de grande relevância para o País. Entretanto, qualquer opinião sobre elas exige um exame minucioso que não podemos realizar, não somente pela exigüidade do tempo mas também porque os aspectos técnicos envolvidos escapam à nossa capacidade. Assim, recomendamos que seja criada uma Comissão de Especialistas especificamente para análise das referidas propostas.

APÊNDICE

A FÍSICA DE ALTAS ENERGIAS NO CBPF

1 – Considerações preliminares

Antes de abordarmos a questão da Física de Partículas Elementares ou Física de Altas Energias no CBPF, julgamos necessárias algumas considerações sobre como é visto esse campo da Física no Brasil. A Física de Altas Energias é um dos campos da vanguarda da Física. Nos últimos 60 anos aprendemos mais sobre a estrutura íntima da matéria do que em toda a história anterior da humanidade. É interessante observar que a Física em São Paulo nasceu com esse campo, experimentalmente com estudos sobre raios cósmicos e teoricamente com modelos sobre produção de partículas e teoria de campos, ambos impulsionados por Gleb Wataghin. Seria lamentável se o Brasil, com população de 170 milhões de habitantes, uma centena de universidades, pesquisa em Física em plena expansão e tantos físicos com boa formação, não participasse desse movimento intelectual no atual período da história da Ciência. No entanto, há ausência de informações a respeito das atividades nesse campo, que leva frequentemente a idéias erradas, que se propagam como idéias preconcebidas e chegam a criar, em certos meios no País, objeções e até oposição a este campo da Física.

A primeira falta de informação é sobre os avanços tecnológicos produzidos pela Física de Altas Energias. A necessidade de concepção e construção de novos detectores não somente leva as indústrias aos limites de tecnologia existente, mas também a introduzir novas tecnologias. Por exemplo, 50 por cento da verba do CERN vão para a indústria européia. Por outro lado, devido à necessidade de colher muitos dados e de transmitir informações a laboratórios situados em todo o mundo os físicos de altas energias são pioneiros em Informática. Não é por acaso que o *web* foi inventado no CERN. Os novos sistemas GRID de tomada e transmissão de dados estão tendo grande impulso na Física de Altas Energias, considerada como referência de projetos seguros, que não podem falhar.

Podemos perguntar se a indústria brasileira poderia participar desse desenvolvimento. A resposta é sim, a indústria brasileira já tem um desenvolvimento que permite a construção aqui de muito equipamento, em igualdade de condições com o exterior. A segunda falta de informação é sobre o custo da participação em experimentos. Abordaremos este assunto na seção 6, Financiamento

2 – Origens da Física de Altas Energias no CBPF

A origem da Física de Altas Energias no CBPF é ligada à idéia de Leon Lederman de abrir o Fermilab à América Latina. Depois de discutir com vários físicos latino-americanos, Lederman propôs a organização de uma primeira reunião no México, em 1982. Um segunda reunião, realizada

A pesquisa em Física de Altas Energias gera importantes avanços na tecnologia industrial e na Informática. O web foi inventado no CERN

no Rio de Janeiro em 1983, despertou grande interesse, dela participando cerca de 100 pessoas, físicos de 12 instituições brasileiras e vários eminentes estrangeiros, entre eles Leon Lederman, Robert Wilson, fundador e primeiro diretor do Fermilab e Herwig Shopper, diretor do CERN.

Quatro físicos que tinham feito doutorado em Física teórica e já tinham uma boa produção nesse campo decidiram se converter à Física experimental: três do CBPF, Alberto Santoro, João Carlos dos Anjos e Moacyr Gomes e Souza, os três tendo feito o doutorado em Paris, e Carlos Escobar, da USP, que tinha feito o doutorado em Cambridge. Numa reunião em que estavam presentes esses quatro físicos, o diretor do CBPF, Roberto Lobo, o vice-diretor, Ramiro Porto Alegre Muniz, Jayme Tiomno e Roberto Salmeron, Lederman se propôs a pagar os salários dos quatro durante um ano. Isto foi feito, e depois foi prorrogado por um segundo ano.

Os dois anos que passaram no Fermilab foram decisivos para a sua conversão para a Física experimental. Com boa formação em Física, aprenderam rapidamente as técnicas experimentais utilizadas em Altas Energias. Os conhecimentos em Física teórica situou os quatro em situação privilegiada nas colaborações. Na mesma reunião no Rio em que Lederman facilitou a ida dos quatro para o Fermilab, o diretor do CERN ofereceu o pagamento de salário de um homem-ano para físicos brasileiros. O primeiro a ir para o CERN nessas condições foi Ronald Cintra Shellard, da PUC do Rio, também físico teórico que se converteu à Física experimental. Shellard trabalhou no CERN no experimento Delphi, em colisões elétron-pósitron do acelerador LEP.

Carlos Escobar iniciou o grupo de altas energias da USP, que começou trabalhando nos mesmos experimentos em que trabalhava o grupo do CBPF e depois passou a integrar outras colaborações no Fermilab. Atualmente na Unicamp, Carlos Escobar é coordenador de um grupo de cerca de 20 físicos brasileiros no Projeto Auger, um dos mais importantes experimentos atuais sobre raios cósmicos, que utiliza avançadas técnicas experimentais da Física de Altas Energias. Ronald Shellard é um dos principais físicos do Projeto Auger na elaboração de programas para aquisição de dados.

3 - A evolução do grupo do CBPF

3.1 - Primeira fase

Experimento E691 - Os quatro teóricos que foram para o Fermilab tinham trabalhado em teoria da Física do charme. Sabiamente escolheram então participar de um experimento sobre fotoprodução de charme, código E691. Nesse experimento, participaram da tomada de dados, aprenderam as técnicas utilizadas em Altas Energias e participaram da interpretação dos resultados. Um fato muito importante, dois físicos do Fermilab, Thomas Nash e Steve Braker, estavam

começando a construir um supermicrocomputador especial para tomada de dados e processamento paralelo de grande número de eventos a grande velocidade, que denominaram ACP (*Advanced Computing Program*). O ACP era mais adaptado para processamento paralelo e muito mais barato que os computadores comerciais, cada unidade custava cerca de 2000 dólares apenas. Um experimento pode então ter centenas de ACPs a baixo custo.

Alberto Santoro compreendeu o alcance desse programa de computação, trabalhou no ACP, trouxe o projeto para o CBPF, interessou engenheiros eletrônicos, técnicos e físicos a trabalharem nele, e fez um plano para produção de ACPs pela indústria nacional. Com apoio de Jayme Tiomno e Roberto Salmeron a esse plano, o Ministro da Ciência e Tecnologia Renato Archer aprovou uma verba de 1,2 milhões de dólares, que seriam utilizados na maior parte em indústria nacional. A FINEP se interessou e apoiou o programa, mas devido a problemas orçamentários conseguiu liberar somente 300.000 dólares, o que não podia deixar de limitar sensivelmente a ambição do projeto, cortando praticamente a possibilidade de assumir compromissos com a indústria.

No CBPF Alberto Santoro, com engenheiros e programadores passou a trabalhar num ACP de segunda geração, chamado ACP2, e se tornou o coordenador do ACP2 no Fermilab, não somente no CBPF. Os 300.000 dólares iniciais foram o único financiamento que o grupo teve durante quatro anos.

3.2 - Segunda fase

Na primeira fase, os quatro físicos participaram do experimento E691, que estava iniciando quando chegaram ao Fermilab. Numa segunda fase passaram a trabalhar como grupo autônomo dentro da comunidade, participando dos experimentos em todos os níveis, discussões sobre qual experimento fazer, sua planificação, instalação no laboratório, tomada de dados, interpretação dos resultados. Na segunda fase participaram de quatro experimentos:

1. E769, sobre produção de charme em colisões de feixes de píons, káons e prótons com alvos de hidrogênio, berílio, alumínio, chumbo.
2. E791, um novo experimento sobre fotoprodução de charme, no qual a utilização do ACP2 permitiu obter um número de eventos elevado, cerca duas ordens de grandeza superior à estatística de todos os experimentos anteriores juntos, de maneira que seus resultados passaram a ser praticamente os dados oficiais de fotoprodução de charme.
3. E831, fotoprodução de charme, atualmente em final de análise.

4. Dzero - Este é o mais importante dos experimentos nos quais o grupo do CBPF colabora; estuda produção de partículas em colisões próton-antipróton à energia de 2TeV, a maior energia disponível atualmente em feixes de hádrons.

3.3 - Resultados obtidos

O grupo participou da publicação de mais de 100 artigos em *Physical Review* e *Physical Review Letters*. Foram feitas no Brasil dezenas de teses de doutorado e de mestrado em Física e em Engenharia. Esses trabalhos são descritos ou têm as referências no Relatórios Anuais de Atividades do CBPF.

Entre os resultados obtidos, o mais espetacular foi a descoberta do quark top, o último quark previsto que ainda não tinha sido detectado, uma das importantes descobertas em Física de Altas Energias dos últimos anos. Para essa descoberta o grupo deu uma contribuição essencial, devido à sua especialização na Física do charme. O top se desintegra em partículas que contêm o quark b, que por sua vez se desintegra em quark c (charme).

Na procura do top é necessário identificar inicialmente o quark c, depois o b que se desintegra em charme, e finalmente chegar ao top que se desintegra em b. A identificação do charme, essencial, foi feita pelo grupo do CBPF. Em reconhecimento ao trabalho feito no CBPF, a descoberta do top foi anunciada no mesmo dia, simultaneamente no Fermilab, em Paris e no Rio de Janeiro. Os trabalhos do grupo no Dzero são coordenados por Alberto Santoro, e Moacyr Gomes e Souza tem responsabilidade na parte de programação no Fermilab. Os físicos do CBPF que participaram da descoberta do quark top ficarão com seus nomes na história da Física.

Um resultado interessante, embora não tenha a importância da descoberta do quark top, foi obtido numa análise de eventos do experimento E831 por Ignácio Bediaga, Jussara Miranda, Alberto Correa dos Reis e João Carlos dos Anjos, devido ao conhecimento que têm sobre a Física do charme. Comprovaram a existência do méson sigma, procurado sem sucesso em vários experimentos há 30 anos. A importância dessa comprovação é que o méson sigma estava faltando para completar um dos nonetos de mésons leves.

3.4 - Influência na formação de pessoas e de colaborações no Brasil

A partir das atividades no experimento E769, dezenas de pessoas foram formadas pelo grupo no Brasil em Física de Altas Energias ou em tecnologia utilizada nesse campo. No próprio CBPF outros físicos teóricos se converteram à Física experimental, físicos jovens foram formados em Altas Energias e engenheiros se juntaram ao grupo. Colaborações com a UFRJ, a UERJ e o IFT da UNESP formaram nessas instituições físicos experimentais em Física de Altas Energias, ou estimularam teóricos a se converter à Física experimental. O grupo

Na descoberta do quark top, o grupo do CBPF deu, entre outras, uma contribuição essencial: a identificação do quark charme, um dos produtos da desintegração do top.

iniciou em tecnologias modernas engenheiros e técnicos, que trabalharam no Rio e no Fermilab. Alguns desses engenheiros continuam trabalhando em instrumentação para Altas Energias, alguns estão desenvolvendo projetos para empresas, outros criaram suas empresas, e outros estão trabalhando em computação em universidades e institutos de pesquisa. O trabalho desses engenheiros é apreciado no Fermilab. Um exemplo significativo e muito raro: o próprio Fermilab propôs (isto é, os brasileiros não pediram nem sugeriram) que o nome de Mário Vaz, que não é físico, é professor de Engenharia Eletrônica na Escola Politécnica da UFRJ, fosse incorporado aos nomes dos físicos nas publicações do experimento Dzero. Trabalharam ou trabalham no grupo engenheiros do CEFET, que são formadores de técnicos.

3.5 - Fase atual

Dzero - Alberto Santoro propôs que a colaboração Dzero estudasse fenômenos difrativos em colisões próton- antipróton às energias do Fermilab. A proposta foi aceita, e o grupo do CBPF ficou com a responsabilidade de construir suportes especiais para detectores, que devem ser instalados na câmara de vácuo do acelerador, trabalho delicado para posicionar os contadores junto ao feixe com precisão de miliradianos. São os chamados Potes Romanos (*Roman Pots*). Foram construídos 18, com aço especial, nas oficinas do LNLS, graças à cooperação de Cylon Gonçalves de Silva e Ricardo Rodrigues. O LNLS fez trabalho da mesma qualidade que os realizados no Fermilab ou no CERN.

Temos agora um exemplo das dificuldades que o grupo encontra. Os 18 *Roman Pots* estão no Fermilab, mas até agora o grupo não conseguiu financiamento de 90.000 reais para comprar as fotomultiplicadoras necessárias para completar o espectrômetro. Colaborações em experimentos no LHC - Físicos do CBPF estão em contato para participação em experimentos a serem realizados com o acelerador *Large Hadron Collider* (LHC) do CERN, que será terminado em aproximadamente 5 anos.

Um grupo coordenado por Alberto Santoro está em discussões com os responsáveis pelo experimento CMS (*Compact Muon Solenoid*). Formaria-se um consórcio com a participação de CBPF, UERJ, UFRJ, UNESP e UFBa.

Outro grupo, coordenado por Ignácio Bediaga, Jussara Miranda e Alberto Correa dos Reis, está em discussões para trabalhar no experimento LHCb, em colaboração com a UFRJ.

Os dois grupos foram convidados para construir equipamento no Brasil para os dois experimentos. Os experimentos seriam importantes para a Física brasileira. No entanto, os grupos não podem assumir responsabilidade porque não têm garantia de financiamento. Trata-se de uma situação grave, porque não há no MCT nem no CNPq uma

estrutura para que projetos dessa importância e desse porte sejam julgados cientificamente e tecnologicamente num tempo razoável, com decisão claramente anunciada, seja aprovando, seja recusando. Os contatos com a colaboração CMS começaram há mais de 2 anos.

Um grupo do CBPF participa do Projeto Auger sobre raios cósmicos de altíssimas energias, para o qual recebeu auxílio do PRONEX. Os líderes são João Carlos dos Anjos, Ronald Shellard, que é um dos responsáveis pelos programas de aquisição de dados do experimento, e Ademarlaudo Barbosa, que tem função importante na instalação e testes dos computadores Cherenkov a água.

4 - Financiamento

Com os 300.000 dólares recebidos da FINEP em 1985 o grupo trabalhou 4 anos sem receber nenhum outro financiamento. A soma das quantias recebidas depois dos 4 anos até o presente é da ordem de outros 300.000 dólares. A IBM fez uma doação de 80.000 dólares, em computadores e programas. O total da verba recebida pelo grupo em 16 anos foi então da ordem de 700.000 dólares. Mas essa quantia foi insuficiente. Solicitações de verbas em muitas ocasiões não foram atendidas, e o Fermilab teve de pagar material que deveria ter sido pago pelo CBPF, e de custear viagens e estadias de brasileiros. Uma estimativa realista é, para que o grupo pudesse trabalhar com tranquilidade em igualdade de condições com outros grupos que trabalham no Fermilab, que o financiamento deveria ter sido o dobro, 1.400.000 dólares.

Várias dezenas de pessoas trabalharam em diferentes períodos do projeto. Fazendo a hipótese de que em média trabalharam 15 pessoas por ano (hipótese pessimista, na verdade foram mais de 15), o total de 1.400.000 dólares em 16 anos corresponde a cerca de 6000 dólares por físico por ano. Criou-se um mito no Brasil de que a Física de Altas Energias é muito mais cara do que os outros campos da Física. Esses dados provam o contrário.

5 - Opiniões de responsáveis do Fermilab

Pedimos opiniões sobre a qualidade do trabalho dos físicos do CBPF a seis especialistas estrangeiros em Física de Altas Energias de reputação internacional. Todas as opiniões são elogiosas e consideram que a qualidade do trabalho dos físicos do CBPF é igual à dos trabalhos dos físicos americanos e europeus que freqüentam o Fermilab.

6 - Conclusões

1 - Os físicos do CBPF que trabalham em Altas Energias no Fermilab:

1. são respeitados no Fermilab e internacionalmente;

Seis especialistas estrangeiros em Física de Altas Energias elogiaram o trabalho dos físicos do CBPF, considerando seu trabalho no mesmo nível que o dos americanos e europeus que freqüentam o Fermilab

2. souberam escolher judiciosamente os experimentos nos quais participaram;
3. tiveram sucesso em suas iniciativas, nenhum dos trabalhos em que se lançaram deixou de ter resultados, apesar de não terem recebido todo o apoio desejado;
4. tiveram boa produção científica;
5. têm planos importantes para o futuro em colaborações no LHC do CERN e deveriam ser apoiados para participação nesses experimentos.

2 - O trabalho desse grupo em Altas Energias é exemplo de discernimento, iniciativa e determinação.

3 - O desenvolvimento do grupo de Altas Energias do CBPF deveria ser considerado um caso de estudo para os órgãos de fomento à pesquisa, para que, analisando as dificuldades encontradas pelo grupo durante 16 anos, possam criar estruturas que facilitem o trabalho de brasileiros em colaborações internacionais no futuro, com garantia de continuidade no apoio.