CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO PARA UM BRASIL COMPETITIVO

Grupo de Trabalho da SBPC - CT&I para um Brasil competitivo:
Roberto Mendonça Faria (Coordenador)
Jacobus Willibrordus Swart
Jailson Bittencourt de Andrade
João Batista Calixto

Convidados:
Rubens Naves
Eduardo Pannunzio
Paulo Cesar Goulart De Miranda
Andrea Francomano Bevilacqua
Virgilio Augusto Fernandes Almeida
José Carlos Maldonado

SBPC
Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência

impa

CAPES 50 anos

Ministério da Educação

GOVERNO FEDERAL BRASIL PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes
Setor Bancário Norte, Quadra 2, Bloco L, Lote 06 - 70040-020 Brasília DF
www.capes.gov.br

Presidente da República: Dilma Rousseff

Ministro da Educação: Fernando Haddad

Secretário Executivo do MEC: José Henrique Paim Fernandes

Presidente da Capes: Jorge Almeida Guimarães

CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO PARA UM BRASIL COMPETITIVO

Autores
Grupo de trabalho da SBPC - CT&I para um Brasil competitivo: Roberto Mendonça Faria (Coordenador), Jacobus Willibrordus Swart, Jailson Bittencourt de Andrade e João Batista Calixto.
Convidados: Rubens Naves, Eduardo Pannunzio, Paulo Cesar Goulart De Miranda, Andrea Francomano Bevilacqua, Virgilio Augusto Fernandes Almeida e José Carlos Maldonado

Sociedades científicas ou instituições que subsidiaram a produção deste documento:
ABC, ABE, ABFM, FESBE, IMPA, SBA, SBBF, SBBq, SBC, SBCTA, SBEB, SBF, SBFTE, SBG, SBM, SBMac, SBMicro, SBMicrogiologia, SBBM, SBMO, SBPC, SBPMat, SBPqO, SBQ, SOBRAEP, SOBRAPO

Copidesque
José Roberto Ferreira

Publicado pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência - SBPC
Sede: Rua Maria Antonia, 294 - 4º andar Vila Buarque 01222 010 São Paulo SP
Unidade Administrativa: Rua da Consolação, 881 - 5º andar Consolação 01301-000 São Paulo SP
Telefone: 11 3355.2130 www.sbpcnet.org.br

Realização
Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES
Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência - SBPC

Apoio Institucional
Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada - IMPA
Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES
Ministério da Educação - MEC

Tiragem - 1ª edição: 4000 exemplares

Ficha Catalográfica
Elaborada por Maria José de Jesus Carvalho/Bibliotecária - CRB-8/5317

S13 Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência.
Ciência, tecnologia e inovação para um Brasil competitivo / Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. – São Paulo: SBPC, 2011.
196 f. : il.; 17,5 x 24 cm.
ISBN: 978-85-86957-17-8

Coordenação: Roberto Mendonça Faria
Organização: Gruupo de trabalho da SBPC - CT&I para um Brasil Competitivo
Colaboração: Rubens Naves *et al.*

1. Ciência e tecnologia 2. Inovações tecnológicas I. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência II. Faria, Roberto Mendonça III. Grupo de trabalho da SBPC - CT&I para um Brasil Competitivo IV. Naves, Rubens V. Título.

CDU 5/6

Apresentação

O propósito deste documento é dar uma contribuição ao desenvolvimento e à prosperidade do Brasil. Nos últimos anos o país obteve avanços notáveis nas áreas política, econômica e social. A estabilidade política, alcançada por meio da construção de uma democracia sólida, é uma das maiores conquistas de nossa história. Não menos importantes foram o controle da inflação e a consolidação do sistema macroeconômico, embora as taxas de crescimento tenham sido inferiores ao potencial do país. Na área social observam-se progressos surpreendentes. A inclusão econômica das classes menos favorecidas tem alterado favoravelmente a pirâmide social, e os índices de cobertura do ensino fundamental atingem hoje os do mundo desenvolvido. O Brasil é visto como uma nação que apresenta condições favoráveis para ser uma das mais desenvolvidas ao longo do século XXI. Entretanto, para que essa previsão se concretize, nós brasileiros temos muito que fazer. A qualidade da educação oferecida à população tem de melhorar substancialmente. Apesar da expansão observada nos últimos anos, a oferta de vagas no ensino superior ainda é pequena, e há um desequilíbrio desvantajoso na oferta de cursos, prejudicando as profissões científicas e tecnológicas. A base científica e tecnológica do país precisa ser ampliada, sobretudo para impulsionar a competitividade das empresas brasileiras e contribuir para a criação de um parque industrial sólido nos setores de alta e média-alta intensidade tecnológica.

O presente documento resulta de iniciativa da Capes e foi elaborado por um grupo de profissionais, a maioria pesquisadores acadêmicos, constituído pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC). Trata, especificamente, das dificuldades e dos desafios que o Brasil enfrenta para que sua indústria cresça e se torne competitiva no cenário nacional e internacional com a contribuição da ciência, da tecnologia e da inovação. Para isso foi necessário, em primeiro lugar, fazer-se uma análise das dificuldades que a indústria nacional enfrenta hoje, sobretudo nos setores de alta e média-alta intensidade tecnológica, e identificar as razões dessas dificuldades.

Notoriamente, o problema tem origem no frágil ensino de ciências e de matemática oferecido na educação básica, no reduzido número de escolas de ensino superior de engenharia e de ciências de boa qualidade, e no ainda restrito sistema de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I) do país. A tradição pouca inovadora da indústria brasileira, a ainda incipiente política de desenvolvimento industrial, as imperfeições nos marcos regulatórios e as deficiências na infraestrutura geral do país são pontos também abordados neste documento. Por outro lado, o Brasil tem mostrado nos últimos anos um desempenho extraordinário na formação de recursos humanos em nível de pós-graduação e na sua produção científica, e vem consolidando suas instituições de pesquisa. A indústria mostra-se consciente de sua situação pouco inovadora e inicia uma reação liderada por instituições como a Confederação Nacional da Indústria (CNI), as federações estaduais da indústria e a Associação Nacional de P&D das Empresas Inovadoras (Anpei). Nesse sentido, o documento é oportuno pela análise que faz do capital humano, físico e regulatório voltado à inovação, pelas recomendações específicas e pelas propostas gerais que apresenta, como a de uma política de Estado para fomentar e fortalecer setores estratégicos da economia brasileira e a criação de uma empresa direcionada para a realização de atividades de P,D&I que atendam às necessidades do setor industrial brasileiro.

Marco Antonio Raupp,
Presidente da SBPC (julho 2007/fevereiro 2011)

Em 2007 a Capes convidou um Grupo de Trabalho de físicos brasileiros para elaborar um estudo que teve como objetivo propor medidas que levassem a uma maior inclusão da física na vida do País. Desse trabalho resultou um documento denominado CIÊNCIA PARA UM BRASIL COMPETITIVO: O PAPEL DA FÍSICA. A repercussão do documento foi imediata e bem aceita em vários meios acadêmicos, empresariais e em instituições do governo ligadas ao fomento da ciência, da tecnologia e da inovação, resultando daí a concepção do Sibratec e o Programa Nacional de Pós-Doutorado (PNPD). A partir dessa experiência positiva, a Capes uma vez mais toma a iniciativa, decidindo ampliar esse estudo para todas as áreas do conhecimento que estão diretamente ligadas à inovação tecnológica. Para isso convidou a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) para coordenar a elaboração do documento. O resultado é este segundo trabalho, agora intitulado CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO PARA UM BRASIL COMPETITIVO. A iniciativa da Capes deu-se por dois motivos principais. O primeiro, ligado à preocupação natural que tem sobre a formação de recursos humanos nas áreas de Engenharias, Ciências Exatas, Farmácia e Ciências da Computação, cujos programas de pós-graduação mantêm um caráter marcadamente acadêmico. Como se sabe, a Pós-Graduação no Brasil teve um crescimento extraordinário, e as políticas desenhadas pelos sucessivos PNPGs foram essenciais a esse sucesso. Portanto, desde o final da década de 1970 o sistema de Pós-Graduação vem cumprindo um papel determinante na expansão do ensino superior do Brasil e da pesquisa científica no país. No entanto, a partir de agora a Pós-Graduação se defronta com a necessidade de estreitar seus laços com o desenvolvimento industrial brasileiro, através de programas que possibilitem formar empreendedores com sólido conhecimento para a inovação tecnológica.

O segundo motivo vem da preocupação da Presidência da Capes e de toda sua Diretoria Executiva com o desenvolvimento industrial do Brasil e de sua competitividade ao longo das próximas décadas. Nos últimos quinze anos, o Brasil vem

experimentando um desenvolvimento contínuo, o qual é fruto, de um lado, de condições econômicas muito favoráveis, e de outro, do crescimento da formação de recursos humanos em todos os níveis e da consolidação de seu sistema de Ciência e Tecnologia. O país vive, portanto, um momento em que as condições lhe permitem construir e solidificar setores industriais de média-alta e alta intensidade tecnológica, devendo ser um dos players de destaque na competitividade global já nas próximas décadas. Com efeito, o Brasil mostrou nas últimas décadas seu potencial competitivo nas áreas de energia renovável, agricultura, aeronáutica, automação bancária e na exploração de petróleo em águas profundas. Todavia, sua balança comercial nos diversos setores industriais vem perdendo competitividade ano a ano, e esse é o desafio que deve ser enfrentado nos próximos anos. O presente documento trata exatamente desse desafio, o qual se torna cada dia maior devido às rápidas mudanças tecnológicas e à acelerada competição comercial num contexto mundial cada vez mais inovador. A economia global é hoje conhecida como a "economia do conhecimento" e exige recursos humanos qualificados e com capacidade inovadora e mão de obra com boa escolaridade. Este documento dá contribuições ao avanço tecnológico e inovador do Brasil, através de recomendações e propostas factíveis, e procura encorajar todos os setores da sociedade a preparar o país para assumir em breve a posição de quinta economia mundial, com vigor e sustentabilidade. Esse avanço, que se coloca em curto e médio prazo, é essencial para que o Brasil assuma, em mais algumas décadas deste século, uma posição de efetiva liderança mundial, com uma sociedade moderna, mais rica e mais justa socialmente.

Jorge Almeida Guimarães,
Presidente da Capes

Agradecimentos

Por solicitação da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), este documento foi elaborado por um Grupo de Trabalho constituído pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC). Participaram dos trabalhos os professores doutores Roberto Mendonça Faria (coordenador), Jacobus Willibrordus Swart, Jailson Bittencourt de Andrade e João Batista Calixto, e o jornalista José Roberto Ferreira (copidesque).

Foram convidados, para contribuir com artigos em suas áreas de atuação, Rubens Naves e Eduardo Pannunzio (marco legal), Paulo C. Goulart De Miranda e Andréa Francomano Bevilacqua (parques tecnológicos), e Virgilio A. F. Almeida e José Carlos Maldonado (TICs).

Agradecemos a contribuição de todos os envolvidos.

SUMÁRIO

Apresentação. 3
Agradecimentos 7
Sumário. 9
Prefácio 11

Parte A - Educação e infraestrutura de C&T
Capítulo 1 - Introdução. 15
Capítulo 2 - Educação Básica. 25
Capítulo 3 - Educação Superior 37
Capítulo 4 - Pesquisa científica e Inovação Tecnológica 53
Capítulo 5 - Marco Regulatório 67
Capítulo 6 - Parques científicos e tecnológicos 79

Parte B - Setores Estratégicos
Capítulo 7 - Bens de capital 103
Capítulo 8 - Semicondutores e Eletrônica 115
Capítulo 9 - Químico 131
Capítulo 10 - Fármacos e Medicamentos 145
Capítulo 11 - Tecnologia da Informação e Comunicação. 159

Parte C - Proposições
Capítulo 12 - A inovação na indústria brasileira. 177
Capítulo 13 - Empresa Brasileira de Tecnologia e Inovação (Embrati) 183

Bibliografia Consultada 189
Autores: Grupo de Trabalho e Convidados 191

Prefácio

O Brasil de hoje está sensível ao tema da inovação e vive um momento ímpar em sua história. Tem uma democracia consolidada, uma boa estabilidade econômica e avança consideravelmente em direção a uma sociedade mais justa. Um salto significativo, e desejado, em direção à justiça social, que se faz necessária, e à melhora da qualidade de vida de toda a população não acontece por obra do acaso. Para que isso ocorra o país tem que enriquecer e, para isso, tornar seu parque industrial mais competitivo. O significado da inovação nos tempos atuais é algo complexo e envolve todo um sistema integrado no qual a pesquisa científica e o desenvolvimento tecnológico são componentes necessários, mas não suficientes desse complexo. A participação brasileira na produção científica mundial cresceu muito nos últimos anos e hoje atinge o índice de 2,7% de toda a produção científica oficialmente indexada. Por outro lado, o Brasil não tem conseguido estabelecer um vínculo entre a produção de conhecimento científico e tecnológico, hoje concentrado nas universidades, e a inovação tecnológica no setor empresarial. A prova disso é que enquanto o Brasil ocupa a 12ª posição no ranking internacional da produção científica, amarga a 28ª posição no ranking mundial de patentes, com apenas 0,1 % de registros de patentes internacionais. Esse panorama é um sinal de alerta ao Brasil, que apresenta a oitava economia do mundo (2% do PIB mundial), e principalmente à sua pretensão de tornar-se a quinta economia do planeta.

O título do documento aqui apresentado, **Ciência, tecnologia e inovação para um Brasil competitivo**, por si só define seu objetivo. Entretanto, a visão que se

pretende é ir além da discussão sobre a necessidade de se tornar as empresas brasileiras cada vez mais inovadoras para enfrentar a competitividade global. O documento procura analisar a educação no País, a infraestrutura em ciência e tecnologia, o marco regulatório para P,D&I, a estrutura de financiamento em inovação, e concluir que, apesar do papel insubstituível do setor privado na inovação industrial, o governo é o comandante maior desse processo. Para isso, os líderes da nação têm de assumir a responsabilidade de conduzir um processo intenso de desenvolvimento, com políticas de Estado bem elaboradas e executadas, que cubram desde a efetiva melhora da educação básica até o incentivo seguro ao desenvolvimento industrial inovador e, portanto, competitivo.

Os capítulos da Parte A do documento apresentam as recomendações que se seguem:

Capítulo 2 – Educação básica:

- Criar um sistema de dedicação exclusiva para professores da educação básica, com bom salário e um número não superior a 25 horas de aula semanais. Os professores da rede concorreriam a esse cargo por concurso público. Esses concursos ocorreriam todos os anos, com a inclusão de todos os professores no novo sistema, num prazo de 12 anos.

- Plano de carreira com avaliação que leve em conta cursos de especialização.

- Aproximar os professores da rede de ensino pública às universidades, através de programas de mestrado e/ou aperfeiçoamento específicos, para elevar o grau de conhecimento na área de atuação do professor e também de técnicas educacionais. Para isso, deve haver um incentivo, diminuindo a carga didática no período, que pode ser de dois anos, e uma bolsa especial de estudo.

- Estimular os pesquisadores das universidades com programas de pós-graduação a orientarem professores da rede de ensino pública.

- Estabelecer uma conexão entre ciência e educação.

- Investir na criação de cursos de licenciatura em ciências, física e química.

- Introduzir disciplinas de informática no currículo escolar.

- Ampliar a rede de escolas técnico-profissionalizantes.

- Aumentar o número de bolsas de Iniciação Científica Júnior para estimular jovens talentosos da rede pública.

Capítulo 3 – Educação superior:

- Duplicar, em dez anos, a oferta de cursos de graduação em engenharias, física, química e na área de fármacos e medicamentos.

- Duplicar, em cinco anos, os cursos de licenciatura em física e química.

- Traçar uma política enérgica para aumentar a qualidade dos cursos e, ao mesmo tempo, diminuir a elevada evasão dos cursos de engenharias e ciências exatas.

- Continuar a política de expansão do sistema nacional de pós-graduação.

- Alterar o sistema de avaliação da pós-graduação, para dar maior flexibilidade aos programas.

- Incentivar a criação de programas de pós-graduação em áreas estratégicas para a inovação, ainda carentes no Brasil. Se for necessário, importar pesquisadores experientes para avançar em áreas carentes, mas estratégicas.

- Fortalecer o programa de mestrado profissional e estendê-lo ao doutorado profissional.

- Estimular os pesquisadores das universidades com programas de pós-graduação a orientarem professores da rede de ensino pública.

- Incentivar programas de pós-graduação em parcerias com empresas e estimular a fixação de mestres e doutores nas empresas.

- Estimular a formação de redes regionais e/ou nacionais de programas de pós-graduação em temas específicos, por tempo determinado.

Capítulo 4 – Pesquisa científica e inovação tecnológica:

- Expandir o sistema de ICTs do Ministério de Ciência e Tecnologia e também de outros Ministérios (da Saúde, do MDIC, da Defesa, etc.).

- Criar mecanismos para que as grandes empresas, sobretudo as multinacionais, criem centros de P,D&I no Brasil.

- Manter a política de aumentar a porcentagem do PIB em C,T&I.

- Aperfeiçoar e consolidar o Sibratec.

Capítulo 5 – Marco regulatório:

- Maior autonomia para as universidades, instituições de ciência e tecnologia e agências de fomento estatais, bem como para as fundações de apoio – especialmente no que se refere ao estabelecimento de normas de contratações e parcerias –, em troca de maior rigor no controle dos resultados alcançados.

- Adoção de presunção de legitimidade das escolhas e decisões do agente público ou do agente privado que administre recursos de origem pública, as quais poderão ser impugnadas pelos órgãos de controle apenas no caso de literal violação de dispositivo de lei ou contrato.

- Estímulo à celebração de termos de ajustamento de conduta pelos órgãos de

controle, reservando-se a aplicação de penalidades para os casos em que houver comprovada fraude ou má-fé do agente.

- Regulamentação da previsão de margem de preferência, nas compras governamentais, para produtos manufaturados e para os serviços nacionais resultantes de desenvolvimento e inovação tecnológica realizados no País.

- Previsão da possibilidade de a empresa abater dispêndios com pesquisa tecnológica e desenvolvimento de inovação em períodos posteriores ao da apuração do Imposto de Renda e da CSLL, em caso de prejuízo ou lucro insuficiente.

- Criação de incentivos fiscais para micro, pequenas e médias empresas que invistam em pesquisa e desenvolvimento tecnológico, independentemente do regime de tributação adotado.

- Simplificação e agilização dos procedimentos de acesso à biodiversidade, revendo-se a legislação para promover um melhor equilíbrio entre os interesses socioambientais e os do desenvolvimento científico e tecnológico.

- Integração das diversas iniciativas governamentais e não governamentais de aperfeiçoamento do marco regulatório da ciência, tecnologia e inovação, com a definição e implementação de uma agenda comum prioritária.

A Parte B do documento consiste de capítulos que descrevem a situação de alguns setores industriais estratégicos ao País: bens de capital, semicondutores e eletrônica, fármacos e medicamentos, químico, e tecnologia da informação e comunicação. Esses setores são considerados de alta e média-alta intensidade tecnológica, que, além de vitais ao desenvolvimento de qualquer país, compõem o segmento mais deficitário da balança comercial brasileira.

A Parte C é composta somente por dois capítulos: Inovação na indústria brasileira e Embrati. O primeiro desses dois capítulos propõe ao governo brasileiro que institua um órgão que tenha poder político e decisório suficiente para traçar e implantar uma política de Estado que propicie o desenvolvimento industrial necessário para que o Brasil alcance a meta de ser a quinta economia do planeta ainda nesta década, de forma vigorosa e sustentável. Para isso, essa política deve priorizar os setores industriais discutidos na parte B deste documento. O capítulo final propõe a criação da Empresa Brasileira de Tecnologia e Inovação (Embrati), que seria para a indústria o que representa a Embrapa para a agropecuária. A Embrati ficaria subordinada a um ministério (MCT ou MDIC), e seria composta por unidades de pesquisa decentralizadas (UPDs), cada uma com um perfil temático, conforme as necessidades definidas por um Conselho Superior (CS), instaladas em diferentes regiões do País e, segundo seu tema de pesquisa e obedecendo às vocações locais.

Parte A

Educação e infraestrutura de C&T

Capítulo 1
Introdução

A história da inovação na indústria brasileira não é de muito sucesso. Irineu Evangelista de Souza (Barão de Mauá) foi um nome solitário no empreendedorismo brasileiro do século XIX. Nessa época a ciência e o desenvolvimento industrial efervesciam na Europa, e pesquisas tecnológicas nos EUA plantavam as sementes de grandes corporações industriais que se projetariam ao longo de todo o século XX. No Brasil, em fins do século XIX e início do XX, o padre gaúcho Roberto Landell de Moura foi vítima do despreparo das instituições brasileiras, públicas e privadas. Ele foi um gênio na área de telecomunicações e pioneiro em diversas invenções de transmissão e recepção de ondas eletromagnéticas, inclusive as do rádio, antes mesmo do italiano Guglielmo Marconi. Em 1904, Landell de Moura registrou três patentes no Escritório de Patentes dos Estados Unidos, e mesmo assim não obteve nenhum apoio do governo brasileiro. Pelo contrário, chegou a ser ridicularizado. Marconi, por outro lado, recebeu condecorações do governo italiano e foi laureado com o Prêmio Nobel de Física em 1909. Não há dúvida que o fato de ser brasileiro foi desvantajoso ao padre Moura. Tivesse sido ele cidadão estadunidense ou europeu, estaria hoje imortalizado. Isso porque os EUA, já naquela época, eram um estado com mentalidade inovadora, e junto com a Europa ditavam os caminhos industriais do século XX.

O Brasil de hoje é muito diferente, possuindo um parque industrial vigoroso que está entre os dez maiores do mundo. Entretanto, sua vocação inovadora ainda está muito aquém do necessário. A cada três anos, desde o ano 2000, o Instituto Brasileiro de

Geografia e Estatística (IBGE) divulga dados coletados pela Pesquisa de Inovação Tecnológica (Pintec), a qual apresenta o retrato das atividades de inovação e de P&D por setor industrial das empresas brasileiras. Essa pesquisa, que conta com o apoio da Finep, tem como objetivo acompanhar a evolução da inovação e da competitividade das empresas nacionais. Esses dados são úteis a órgãos e instituições do governo federal e dos governos estaduais e a entidades empresariais (CNI, federações de indústrias e associações de diferentes setores industriais), e servem de base à elaboração de políticas e estratégias relacionadas ao desenvolvimento industrial brasileiro. Uma análise detalhada dos dados do último triênio (2006 a 2008) mostra que a indústria brasileira avançou pouco em termos de competitividade em relação aos períodos anteriores. Os dados mostram que no período de 2003 a 2005 cerca de 34% das empresas pesquisadas (mais de 100 mil) realizaram algum tipo de inovação; esse índice subiu para 38% no triênio seguinte. A preocupação com a questão da inovação é pertinente, pois trata-se de um elemento crucial ao futuro do Brasil, que pretende ser uma grande nação no século XXI. Pretensão essa que esbarra na tradição pouco inovadora da indústria nacional, na distância entre os centros de pesquisa e as indústrias, e na ainda insuficiente formação de recursos humanos para desenvolver ciência, tecnologia e inovação.

O Brasil de hoje está sensível ao tema da inovação e vive um momento ímpar em sua história. Tem uma democracia consolidada, uma boa estabilidade econômica e avança consideravelmente em direção a uma sociedade mais justa. Um salto significativo, e desejado, em direção à justiça social, que se faz necessária, e à melhora da qualidade de vida de toda a população não acontece por obra do acaso. Para que isso ocorra o país tem que enriquecer e, para isso, tornar seu parque industrial mais competitivo. O significado da inovação nos tempos atuais é algo complexo, e envolve todo um sistema integrado no qual a pesquisa científica e o desenvolvimento tecnológico são componentes necessários, mas não suficientes desse complexo. A participação brasileira na produção científica mundial cresceu muito nos últimos anos, e atinge o índice de 2,7% de toda a produção científica oficialmente indexada. Por outro lado, o Brasil não tem conseguido estabelecer um vínculo entre a produção de conhecimento científico e tecnológico e a inovação tecnológica no setor empresarial. A prova disso é que enquanto o Brasil ocupa a 12ª posição no ranking internacional da produção científica, amarga a 28ª posição no ranking mundial de patentes, com apenas 0,1% de registros de patentes internacionais. Este panorama é um sinal de alerta para o Brasil, que apresenta a oitava economia do mundo (2% do PIB mundial), e principalmente à sua pretensão de se tornar a quinta economia do planeta.

1.1 Balança comercial brasileira

O documento Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), elaborado no âmbito dos ministérios da Fazenda e do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior em 2007, teve como propósito traçar políticas para promover o crescimento econômico e a competitividade de longo prazo da economia brasileira. Entre os desafios colocados na PDP estão o de elevar a capacidade de inovação e de preservar a robustez da balança de pagamentos. Depois de vários anos em déficit, a balança comercial brasileira reagiu e mostrou um desempenho vigoroso a partir de 2001, atingindo um pico de superávit de cerca de US$ 46 bilhões em 2006, mas desde então o desempenho do comércio exterior vem perdendo fôlego (Figura 1). Em 2010, a balança comercial fechou com um saldo pouco superior a US$ 20 bilhões. Entretanto, o que mais preocupa é que boa parte da queda na balança brasileira deve-se ao setor industrial, que vem perdendo competitividade, sobretudo nos segmentos de alta, média-alta e média-baixa intensidade tecnológica.

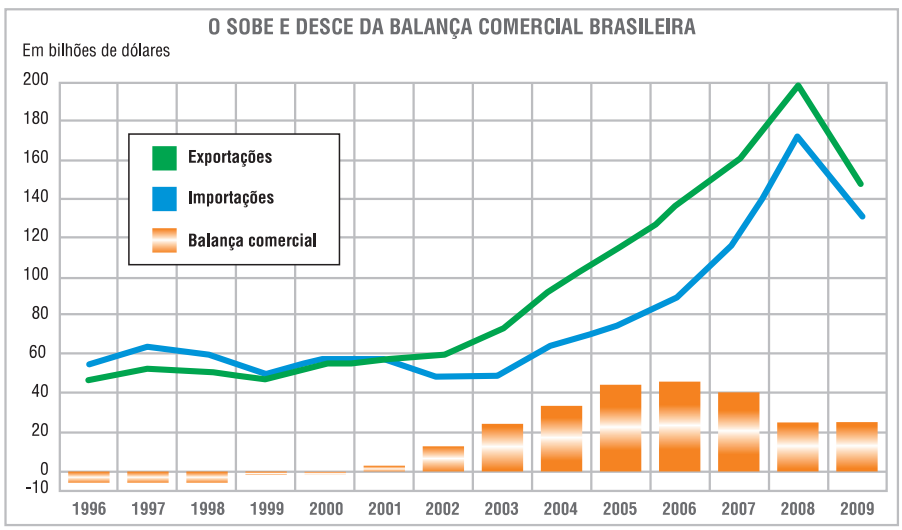


Figura 1 - Balança comercial brasileira de 1996 a 2009.

Fonte: *Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior*

Diante dos avanços obtidos na estabilidade política brasileira, nos fundamentos de sua economia e no admirável avanço científico (*capítulo 4*), era de se esperar que a indústria brasileira estivesse bastante inovadora e competitiva. Todavia, esse ainda não é o caso. As exportações brasileiras melhoraram muito na primeira década do século XXI, em contraste com a década anterior, mas a situação de produtos que exigem alto conhecimento tecnológico não é das melhores. No primeiro trimestre de 2010 o superávit da balança comercial brasileira foi de apenas US$ 895 milhões. A situação melhorou no segundo trimestre, e a balança comercial no primeiro semestre de 2010 fechou com saldo de US$ 11.673 milhões. No entanto, foram os bens de baixo valor agregado (commodities), como a extração mineral e a agropecuária, que sustentaram esse valor positivo. O desempenho dos setores industriais mencionados acima continua preocupante. Segundo análise do Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (Iedi) (http://www.iedi.org.br), no primeiro semestre de 2010 os produtos de alta intensidade tecnológica tiveram um déficit (recorde) de US$ 12,4 bilhões; o setor de média-alta intensidade tecnológica também apresentou déficit recorde: US$ 16,1 bilhões. O de média-baixa intensidade tecnológica apresentou déficit de US$ 3,4 bilhões. O único setor industrial a apresentar superávit foi o de baixa intensidade tecnológica, US$ 17,5 bilhões, e ajudou a alavancar o saldo positivo do semestre. Foram os produtos sofisticados dos setores de eletrônica, farmacêutico, químico, automóveis e equipamentos os maiores responsáveis pelo mau desempenho da balança no período. A faixa de média-baixa intensidade tecnológica é também preocupante, pois pela primeira vez desde 1989 experimentou déficit, devido principalmente à queda constante no saldo dos produtos metálicos.

O gráfico da Figura 2 mostra a evolução da balança comercial da indústria por setor de intensidade tecnológica desde 1989. Apesar do crescimento do seu comércio exterior, esse gráfico mostra a perda da competitividade da indústria brasileira, sinal negativo para o desenvolvimento do país para as próximas décadas. A Figura 3 apresenta os dados desses segmentos de 2008 até junho de 2010. Dados do Banco Mundial mostram que o comércio internacional de produtos de alto teor tecnológico aumentou de 33% em 1976 para 64% em 2003, o que atesta a importância cada vez maior dos produtos de alta e média-alta intensidade tecnológica no comércio entre as nações. A tendência de crescimento dos produtos manufaturados dentro do comércio mundial indica que a comercialização dos produtos de baixa intensidade tecnológica é a que menos cresce. Esta tendência é confirmada por um estudo feito pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), entre os anos de 1997 e 2007, sobre o crescimento do comércio desses quatro setores industriais. Nesse

período, o crescimento do comércio, no interior dos países da OECD, dos produtos de baixa intensidade tecnológica foi de 18%, dos de média-baixa foi de 20%, de média-alta, de 39 %, e dos de alta, de 23%. Em resumo, o século XXI está sendo pautado pela economia do conhecimento. Portanto, nesse cenário a situação do Brasil para as próximas décadas é de desvantagem em relação aos países desenvolvidos e a vários dos países em desenvolvimento.

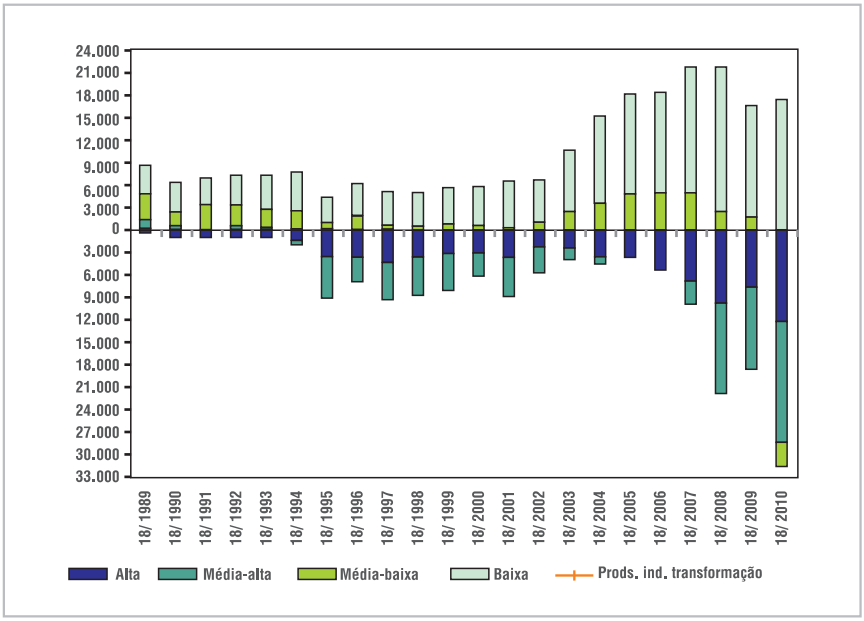


Figura 2 - Balança comercial brasileira de produtos da indústria de transformação por intensidade tecnológica – US$ milhões (FOB).

Fonte: *Thomson Reuters. National Science Indicators (NSI)*

A OECD classifica os setores em quatro grupos principais de intensidade tecnológica:
- **alta intensidade tecnológica:** setores aeroespacial; farmacêutico; de informática; eletrônica e telecomunicações; instrumentos;
- **média-alta intensidade tecnológica:** setores de material elétrico; veículos automotores; química, excluído o setor farmacêutico; ferroviário e de equipamentos de transporte; máquinas e equipamentos;
- **média-baixa intensidade tecnológica:** setores de construção naval; borracha e produtos plásticos; coque, produtos refinados de petróleo e de combustíveis nucleares; outros produtos não metálicos; metalurgia básica e produtos metálicos;
- **baixa intensidade tecnológica:** outros setores e de reciclagem, madeira, papel e celulose; editorial e gráfica; alimentos, bebidas e fumo; têxtil e de confecção, couro e calçados.

OECD Science, Technology and Industry – Scoreboard 2009 (ISBN 978-92-64-06371-6)

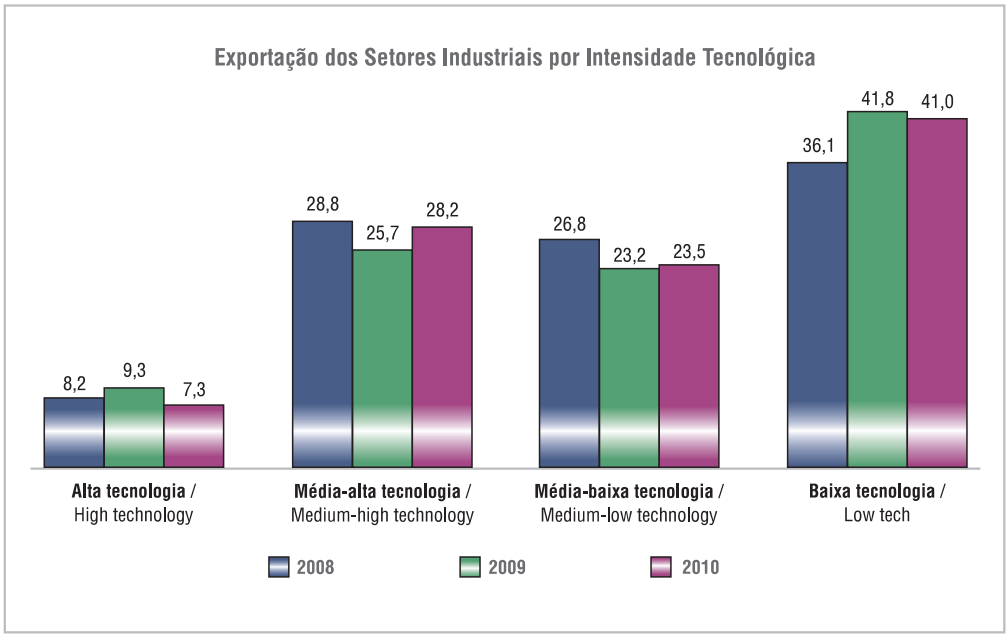


Figura 3 - Balança comercial brasileira 2008, 2009 e janeiro a junho de 2010.

Fonte: *Fuente / Source:* SECEX / MDIC

Outro dado preocupante para o país é o da evolução do poder aquisitivo do brasileiro em relação aos países da OCDE (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico). O gráfico da Figura 4 mostra que a renda *per capita* do Brasil, que foi de 43% da dos países da OCDE em 1980, caiu continuamente ao longo dos anos e era de apenas 29% em 2005. A história da humanidade mostra que o desenvolvimento sustentável de uma nação e o bem-estar de sua população só são alcançados através do conhecimento científico e tecnológico. O domínio desse conhecimento conduz à inovação dos seus meios de produção e, consequentemente, à riqueza do país e de seu povo. O Brasil tem de caminhar nessa direção para reverter o cenário que se coloca adverso, principalmente para o futuro da sua indústria. Para isso, tem que gerar, e fortalecer, um parque industrial em setores tecnologicamente avançados em áreas consideradas estratégicas e, concomitantemente, investir na melhora de seu capital humano e de seu capital físico.

Este documento defende a tese de que, para recuperar o "terreno perdido", o Brasil precisa investir com urgência em educação de qualidade em todos os níveis

(Capítulos 2 e 3), ampliar a formação de engenheiros, químicos, físicos e profissionais nas áreas científicas e tecnológicas (Capítulo 3), e aumentar sua capacidade científica, tecnológica e de inovação (Capítulo 4). Além disso, é preciso criar uma política de desenvolvimento industrial de Estado que seja ousada e estimule a inovação nas indústrias brasileiras, criando condições para florescer no Brasil um parque industrial vigoroso nos setores de eletrônica e de tecnologia da informação, de química fina, farmacêutico, e de bens e equipamentos (Capítulos da parte B). Nos anos 1960 o Brasil e a Coreia do Sul tinham o mesmo PIB *per capita*. Hoje, o da Coreia é três vezes superior ao do Brasil, resultado de sua política de desenvolvimento impulsionado pelo conhecimento.

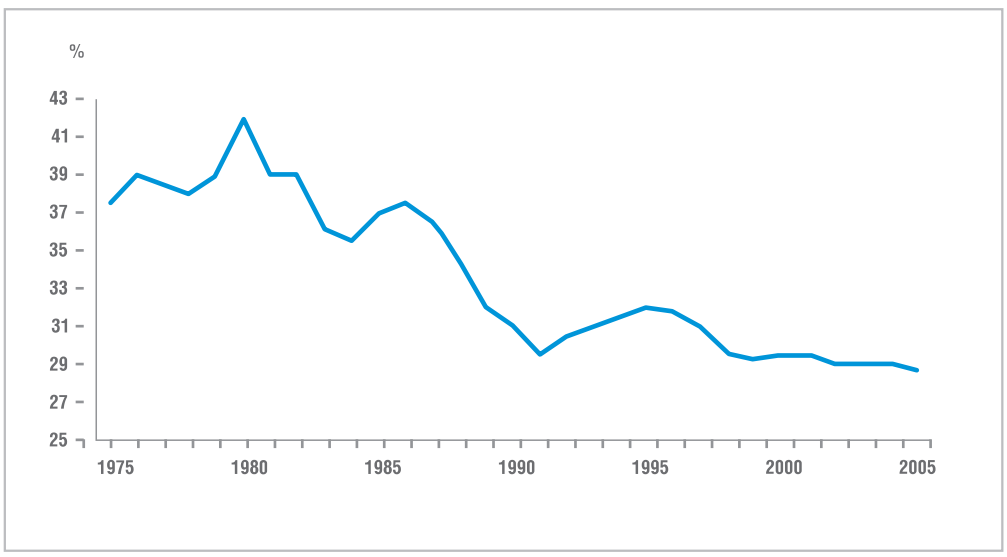


Figura 4 - Renda *per capita*: Brasil x OCDE (em PPC).

Fonte: OCDE (2006)

1.2 Inovação no Brasil

A análise acima aponta um cenário pouco favorável ao desenvolvimento sustentável e acelerado do País. Mais do que no século XX, as economias dos países ao longo do século XXI enfrentarão uma competitividade baseada no conhecimento científico e tecnológico. É importante ressaltar que o avanço que o Brasil obteve em alguns setores foi devido a investimentos em pesquisa, tecnologia e inovação tecnológica. O papel da Embrapa e de outros centros de pesquisa voltados ao agronegócio foi essencial para o sucesso competitivo desse setor. A competitividade da Embraer começa com a criação do Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial (CTA) e do Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA), há quase 60 anos, e de um parque de pesquisa voltado à aeronáutica em São José dos Campos. As pesquisas sobre exploração em águas profundas, lideradas pelo Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes), projetaram o Brasil como importante polo petrolífero, e tornou-os o país autossuficiente em petróleo. Portanto, o Brasil já deu provas de sua vocação inovadora. Para que isso ocorra em outros setores industriais estratégicos para o país é necessário traçar uma política inteligente, ágil, robusta, de curto, médio e longo prazo. Nessa direção já foram dados os primeiros passos. O governo elaborou em 2004 o documento sobre política industrial denominado Política Industrial e Tecnológica e de Comércio Exterior, PITCE, e criou a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), cuja primeira missão seria a de promover e executar a política industrial do país. A PITCE colocou como objetivo o "aumento da eficiência econômica e do desenvolvimento e difusão de tecnologias com maior potencial de indução do nível de atividade e de competição no comércio internacional". E elegeu como áreas estratégicas a serem fomentadas as de semicondutores, de software, de fármacos e medicamentos, e de bens de capital. Como portadoras de futuro, destacou a nanotecnologia, a biotecnologia, a biomassa e energias renováveis. Em 2007, o governo federal lançou o segundo documento sobre a política industrial, denominado Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), cujo objetivo central é dar sustentabilidade à expansão industrial. O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) tem realizado eventos e elaborado documentos sobre inovação que visam contribuir com a busca de soluções para o país. Essas iniciativas tiveram sequência com a elaboração da Lei de Inovação e da Lei do Bem. A Financiadora de Estudos e Projetos, Finep, do Ministério da Ciência e Tecnologia, vem lançando constantemente editais de financiamento a pesquisas tecnológicas e de inovação, estimulando parcerias entre setores industriais e laboratórios de pesquisa, e algumas fundações estaduais de amparo

à pesquisa têm programas permanentes com o mesmo objetivo. Não menos importante tem sido a atuação do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), que conta com linhas de financiamento para apoiar a inovação na indústria brasileira. Entretanto, para enfrentar o desafio da competitividade ao longo do século XXI, muito ainda há que ser feito, e com rapidez.

O setor privado também tem mostrado sua preocupação com o futuro do desenvolvimento industrial brasileiro e a competitividade global, e tem sido dinâmico na busca de propostas e soluções. A Confederação Nacional da Indústria (CNI), a maior entidade representativa da indústria brasileira, elaborou em 2005 um estudo denominado Políticas Públicas de Inovação no Brasil: a Agenda da Indústria. Em continuação a esse documento, junto com o Banco Mundial, a CNI produziu em 2008 um extenso estudo sobre a competitividade do Brasil, o qual foi publicado com o título Conhecimento e Inovação para a Competitividade. Em 2010, lança seu mais recente trabalho: Indústria e o Brasil: uma Agenda para crescer mais e melhor. Não menos importantes têm sido as contribuições dadas através de estudos e eventos sobre inovação realizados pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp), pela Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (Firjan), pela Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (Fiemg), pela Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras (Anpei), e por outras entidades industriais.

Todo esse trabalho até agora feito mostra que os órgãos do governo e os mais representativos setores privados estão conscientes da necessidade urgente da inovação tecnológica no seio da indústria nacional. Entretanto, para que haja sucesso no alcance das metas necessárias, há que se colocar em prática, o mais cedo possível, uma política industrial que caminhe em paralelo com a de ciência e tecnologia, e que ambas sejam bem articuladas, ágeis e complementares. Além disso, essa política deve contemplar a ampliação do nosso parque industrial, inserindo nele as áreas estratégicas definidas na PITCE. Para isso, é necessário[1] ampliar e fortalecer a infraestrutura de pesquisa no País,[2] fomentar as atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação no setor empresarial, e principalmente[3] investir na educação de qualidade em todos os níveis de ensino. Aspectos também importantes para a geração de riqueza, como políticas de incentivo à exportação, taxas alfandegárias, entraves burocráticos e trabalhistas são igualmente importantes.

1 Estudo da ANPEI: Como alavancar a inovação tecnológica nas empresas. jun. 2004.
2 SBRAGIA, R.; STAL, E.; CAMPANÁRIO, M. A.; ANDREASSI, T. Inovação: como vencer esse desafio empresarial. São Paulo: Clio Editora, 2006.
3 FAZZIO, A.; CHAVES, A. S.; MELO, C. P.; ALMEIDA, R. M.; FARIA, R. M.; SHELLARD, R. C. Ciência para um Brasil Competitivo – o papel da Física. Estudo encomendado pela Capes. Local: Editora, ano 2007.

1.3 Descrição do presente documento

O presente documento junta-se a outros recentemente escritos[4] com o objetivo de analisar as dificuldades que a indústria brasileira enfrenta para se tornar competitiva nos cenários atual e que se projeta ao longo do século XXI. Em cada capítulo, além das análises, apresenta sugestões para superação das dificuldades identificadas, sempre em busca do desenvolvimento sustentável da indústria brasileira para as próximas décadas.

A parte A deste documento procura mostrar que o crescimento e a melhora da qualidade do capital humano e do capital físico em P&D do Brasil são de crucial importância para a formação de uma base sólida para o desenvolvimento industrial do país e, consequentemente, para colocá-lo num patamar de desenvolvimento que lhe permita competir no mercado internacional. Também são apresentados o estágio atual do marco regulatório em ciência, tecnologia e inovação no Brasil, bem como sugestões de mudanças para auxiliar, e não prejudicar, o seu desenvolvimento industrial. Há também um capítulo sobre a importância dos parques de alta tecnologia para o progresso do país. Os capítulos da parte B descrevem sumariamente a situação de determinados setores industriais estratégicos para o desenvolvimento brasileiro, setores esses de alta e média-alta intensidade tecnológica. A parte C é composta de dois capítulos propositivos. Um que enfatiza a necessidade de políticas robustas e eficazes que promovam o desenvolvimento dos setores elencados na parte B do documento. O último capítulo propõe a criação de uma empresa de pesquisa, desenvolvimento e inovação voltada à indústria do país.

4 RODRIGUEZ, A.; DAHLMAN, C.; SALMI, J. Conhecimento e Inovação para a Competitividade, CNI e Banco Mundial. 2008.

Parte A

Educação e infraestrutura de C&T

Capítulo 2
Educação Básica

No mundo contemporâneo, um Estado democrático deve garantir aos seus cidadãos a educação como direito social. Mais do que isso: tem de oferecer ensino de qualidade em todos os níveis da formação escolar. O Brasil conquistou avanços significativos na área da educação ao longo da segunda metade do século XX, sobretudo em sua última década, e continuou obtendo conquistas no primeiro decênio do século XXI. Segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD-IBGE 2007), a taxa de escolarização da faixa entre 7 e 14 anos passou de 86,6% em 1992 para 97,7% em 2007, o que representou a inclusão de 27 milhões de estudantes no sistema educacional. Cerca de 90% das crianças que ingressam no ensino fundamental finalizam a quarta série (antigo ensino primário) e a população de estudantes matriculados nas séries seguintes vem aumentando ano a ano. Um estudo feito pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) mostrou que a escolaridade média dos jovens com 15 anos ou mais saltou de menos de quatro anos no início dos anos 1980 para 6,5 anos no final dos anos 1990 (http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=627150).

Esses avanços, porém, têm sido de ordem quantitativa: a cada ano aumenta o número de brasileiros na escola. No entanto, a qualidade da educação básica oferecida pelo sistema público no Brasil (União, Estados e Municípios) está longe das aspirações de um país que pretende ser desenvolvido e resolver seus imensos problemas sociais. Para formar cidadãos livres e independentes é necessário oferecer-lhes a oportunidade

de contribuir para que seu país seja rico e que também seja justo na distribuição de sua riqueza. Isso só é possível com a existência de um sólido sistema de ensino de qualidade em todos os níveis.

Não é objetivo deste documento abordar todos os aspectos da educação oferecida pelo Estado e pelas instituições privadas à população brasileira. Por outro lado, do ponto de vista da formação de recursos humanos para um Brasil competitivo, este capítulo pretende analisar alguns aspectos importantes relacionados ao ensino das ciências, de matemática e de informática na educação básica. A importância específica dessas áreas deve-se ao fato de que elas formam a base do desenvolvimento tecnológico da nação e abrigam conhecimentos fundamentais para a realização da inovação na indústria. A boa formação em matemática e em ciências é fator essencial não apenas para produzir cientistas, engenheiros e tecnólogos, mas também para fomentar uma força de trabalho nas áreas técnicas capacitada para usar, adaptar e difundir novas tecnologias. A informática, por sua vez, sabidamente é um instrumento indispensável no mundo contemporâneo e globalizado. Nenhuma empresa, escola, sistema de comunicação e mesmo residência pode acompanhar o progresso sem o uso de um computador. Portanto, a informática faz obrigatoriamente parte do conjunto de conhecimentos necessários à inovação.

Um dos gargalos que dificultam a entrada definitiva do Brasil na chamada "Economia do Conhecimento" é a fraca preparação do seu capital humano nas áreas tecnológicas. Além disso, a solução dos grandes desafios do século XXI, como a preservação do meio ambiente e a oferta de energia, água e alimentos, exigirá cada vez mais o domínio das ciências básicas e a aplicação de seus conhecimentos. Para tanto, partimos do pressuposto de que o crescimento econômico de um país está diretamente associado à interação entre o seu capital físico e o seu capital humano. Investimentos eficientes nesses dois fatores têm como resultado o crescimento do país e a prosperidade da população. Quanto mais eficiente for essa interação, mais rápido será o crescimento. Tal interação pode ser medida pela Produtividade Total dos Fatores (PTF) – índice que revela a eficiência do uso do conhecimento sobre os meios de produção. Durante o período que ficou conhecido como o "Milagre Brasileiro" (meados dos anos 1960 até meados de 1970), o fator PTF foi um elemento essencial para o crescimento marcante da economia do país. A partir do início dos anos 1980, entretanto, o fator PTF no Brasil vem caindo acentuadamente. O fator PTF brasileiro em 1975 foi considerado 7% superior ao dos Estados Unidos, mas em 2003 caiu para 73% do americano, conforme dados da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). O desempenho eficiente do profissional gera ganhos em todos os níveis da

cadeia produtiva e é a força motriz da capacidade inovadora da indústria. Portanto, para retomar o seu desenvolvimento com vigor e sustentabilidade, um dos maiores desafios do Brasil de hoje é melhorar a qualidade da educação oferecida à população em todos os seus níveis. Este capítulo trata especificamente desse desafio na educação básica, e o capítulo seguinte, na educação superior.

2.1 Aspectos da educação básica no Brasil

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação (Lei 9.394/96), em seus artigos 21 e 44, estabelece que o sistema educacional brasileiro é organizado em dois níveis: a educação básica e a educação superior (Figura 1). A educação básica abrange a educação infantil, o ensino fundamental e o ensino médio. O nível superior compreende os cursos sequenciais de graduação e de pós-graduação. Segundo o Censo Escolar de 2009, a população estudantil na educação básica era composta por cerca de 7 milhões de alunos na infantil, 31,5 milhões na fundamental e, aproximadamente, 8,3 milhões no ensino médio. Dados desse Censo mostraram também que o número total de professores no ensino infantil era de cerca de 370 mil; no ensino fundamental, 1,38 milhão; e no médio, 460 mil (Tabela 1). Somente 67,8% dos docentes haviam feito curso superior completo, e dentre os que lecionavam física, química e matemática, a maioria não tinha formação específica na área.

Tabela 1 - Censo escolar de 2009. Dados parciais.

Nível de Ensino	Número de Docentes
Infantil	369.698
Fundamental	1.377.483
Médio e Profissional	461.542

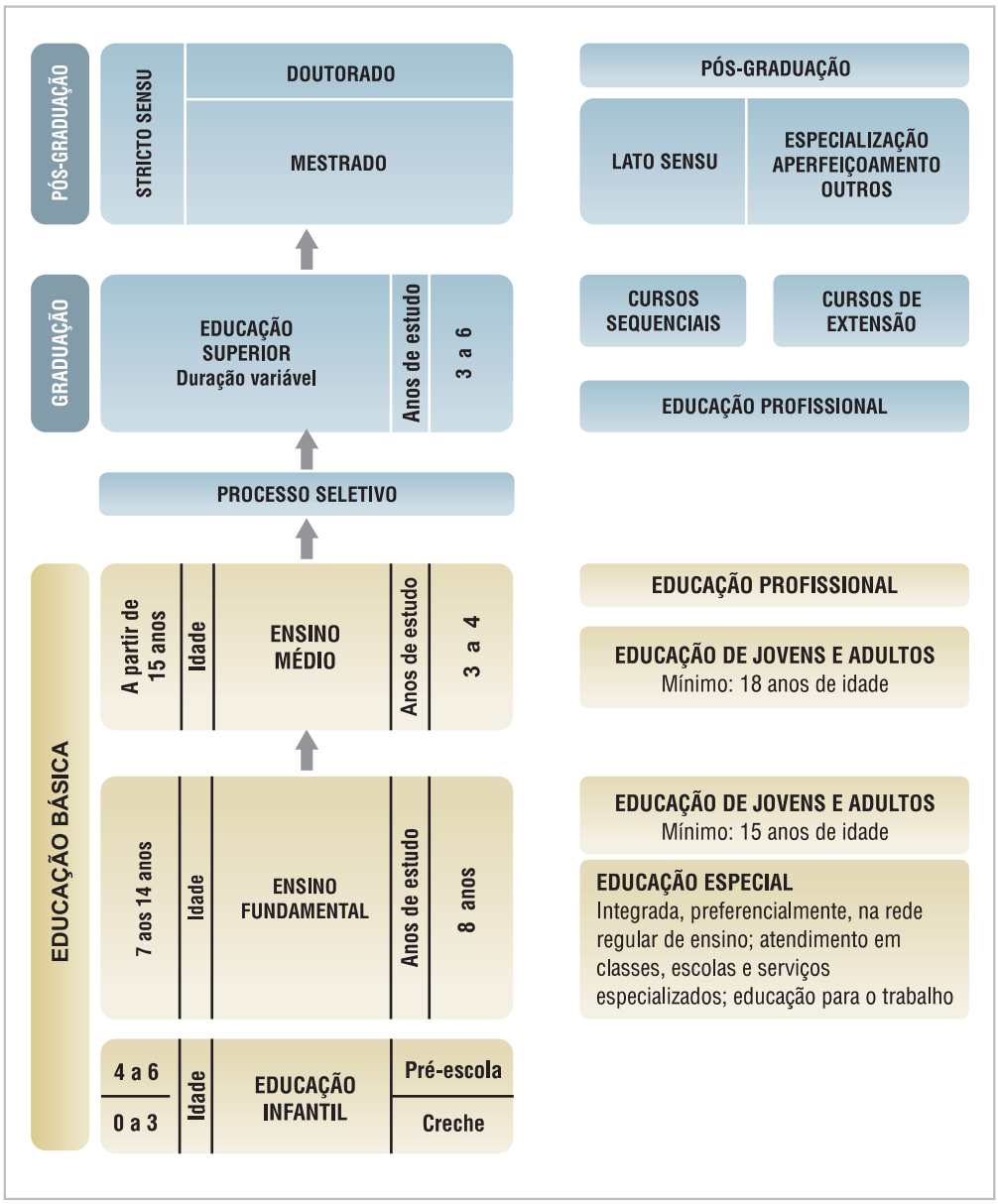


Figura 1 - Organização e Estrutura da Educação Brasileira.

2.1.1 Creche e pré-escola

A educação básica começa na creche e pré-escola, esta para crianças de quatro e cinco anos de idade. O Censo da Educação mostra que em 2009 havia cerca de 1,2 milhão de crianças matriculadas nas creches e 3,7 milhões em unidades governamentais de pré-escola. Levando-se em conta que a partir dos seis anos as crianças já se matriculam no ensino fundamental, podemos considerar que esses números são muito bons. Entretanto, o Brasil precisa investir mais na formação de professores especializados para a pré-escola, inclusive porque são poucas as instituições que capacitam profissionais para a educação infantil. Uma das maneiras de solucionar esse problema seriam os incentivos diretos do Ministério da Educação, que já conta com programas financiados pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento e Manutenção da Educação Básica (Fundeb). O professor para a educação infantil pode ser formado não só por meio de cursos presenciais, mas também por um amplo programa de cursos a distância ou semipresenciais.

No que diz respeito ao ensino de ciências e matemática na pré-escola, existem muitas experiências positivas, que devem ser incentivadas e ampliadas. A curiosidade natural da criança é um elemento precioso para o aprendizado dos mecanismos básicos de muitos fenômenos naturais. Por meio de jogos e brincadeiras, visitas a museus e centros de ciências, passeios a praças, parques, zoológicos, fazendas etc., as crianças podem aprender muito sobre a natureza, satisfazendo sua curiosidade. Hoje, programas de televisão e a internet fornecem muitas informações às crianças e podem ser usados como instrumentos auxiliares ao aprendizado das ciências. Jogos de memória e de raciocínio são muito úteis ao desenvolvimento intelectual das crianças e devem ser estimulados na pré-escola.

2.1.2 Panorama dos ensinos fundamental e médio

O quadro dos ensinos fundamental e médio oferecidos aos brasileiros é preocupante. Segundo dados do *Anuário de 2007,* feito pelo Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (Dieese) (http://www.dieese.org.br/anu/anuario2007.pdf), cerca de 12% da população brasileira com 15 anos ou mais era analfabeta (10% segundo a PNAD 2007), e 30% era considerada analfabeta funcional (capaz de ler textos, mas não de interpretá-los). Portanto, apesar do sucesso da inclusão da grande maioria das crianças e jovens na

escola e da diminuição da evasão, o nível de escolaridade do brasileiro e a qualidade do ensino estão muito aquém do razoável. A Figura 2 mostra um estudo do BID, realizado em 2006, sobre a escolaridade média da população com 15 anos ou mais de vários países nos anos 1960 e 2000. Enquanto a média de escolaridade em 2000 nos países da OCDE e na China estava em torno de 11 anos, no Brasil era de cinco anos (em 2010, subiu para 6,5 anos, segundo dados do próprio BID), ficando abaixo da média de países da América do Sul e do México e equivalente à de países da América Central e do Caribe. Além disso, somente 55% dos brasileiros entre 25 e 29 anos completavam o ensino médio, contra 90% nos EUA e 95% na Coreia do Sul.

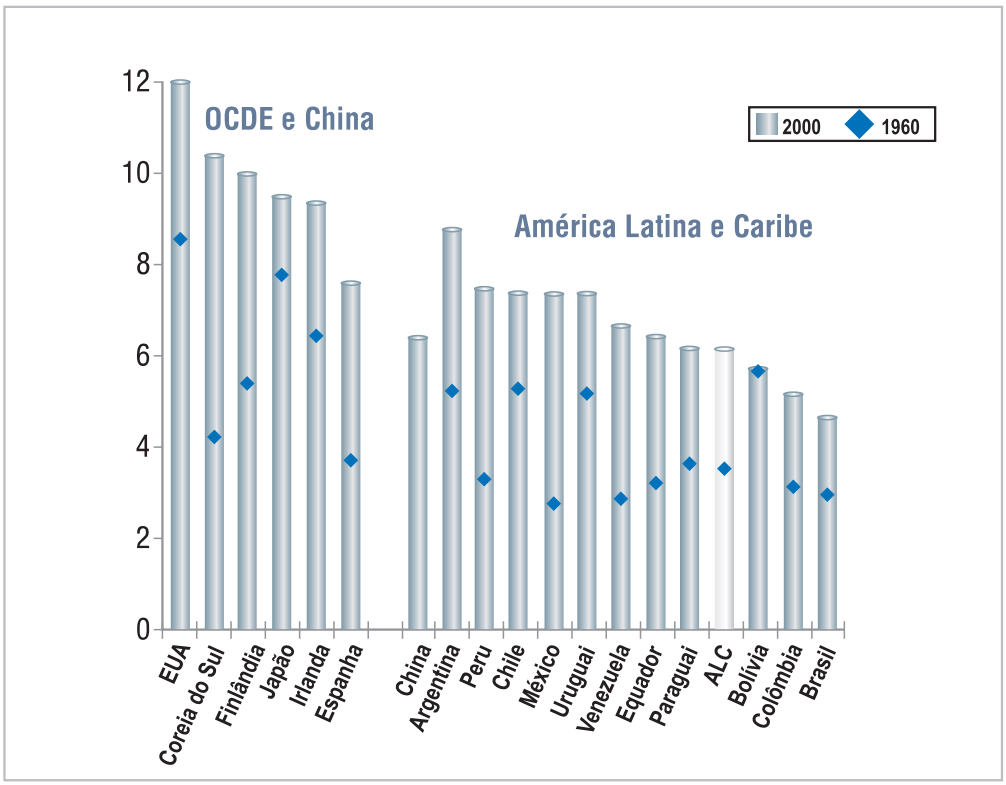


Figura 2 - Escolaridade média dos brasileiros a partir de 15 anos, 1960 e 2000.

Fonte: BID (2006)

Para agravar esse quadro, é crítica a qualidade da educação básica oferecida aos brasileiros. Em seu Relatório de Monitoramento Global de Educação 2010, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) mostra o Brasil classificado na 88ª posição entre 128 países (http://www.unesco.org/en/efareport/). Nesse ranking, o Brasil perdeu 12 posições (esteve na 76ª posição), segundo a Unesco, devido à queda no desempenho de crianças que cursam até a quarta série do ensino fundamental. Como consequência, o Índice de Desenvolvimento Educacional (IDE) do Brasil caiu de 0,901 para 0,883, o menor entre os países do Mercosul.

As avaliações feitas pelo Programa Internacional de Avaliação de Alunos (Pisa) têm mostrado que o desempenho dos estudantes brasileiros é igualmente sofrível (http://www.inep.gov.br/internacional/pisa/). Em sua terceira edição – avaliação de 2006 – participaram os 30 países membros da OCDE e 27 países convidados, entre eles cinco sul-americanos: Argentina, Brasil, Chile, Colômbia e Uruguai. A exemplo das avaliações anteriores (2000 e 2003), o Brasil teve um péssimo desempenho: dos 57 países, ficou na 50ª posição na avaliação em leitura, 54ª em matemática e 52ª em ciências. Mesmo entre os países sul-americanos, a posição do Brasil foi de retaguarda. Análise dos dados do Pisa mostra que três quartos dos jovens brasileiros têm dificuldades em realizar operações básicas de matemática. Já segundo dados do Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb-Inep), apenas 7% dos alunos do último ano do nível médio apresentam um desempenho satisfatório em matemática. Esses são dados negativos e incompatíveis com o propósito de um país que pretende um contínuo desenvolvimento ao longo do século XXI.

2.1.3 Ensino técnico-profissional

Resolução do Conselho da Educação Básica (CNE/CEB nº 1), de fevereiro de 2005, estabelece que a educação profissional se dá em três níveis: a) básico, b) técnico, e c) tecnológico. A educação profissional apresenta, portanto, estrutura semelhante ao ensino acadêmico a partir do ensino fundamental.

O ensino técnico, que surgiu por necessidade do sistema produtivo resultante da Revolução Industrial no século XIX, ainda mantém sua importância para o desenvolvimento industrial de qualquer nação. O profissional técnico é o "fluido operante" do processo de inovação na indústria. No Brasil, a população de estudantes no ensino técnico em 2010 era de apenas 750 mil – número muito reduzido face à

demanda do vasto parque industrial brasileiro. Há, portanto, necessidade urgente de se expandir essa modalidade de ensino, mas dentro de uma visão estratégica de desenvolvimento industrial, e não ao sabor de necessidades pontuais e efêmeras. Hoje, as áreas mais carentes de profissionais técnicos em diferentes níveis são: eletrônica, mecânica, química, biologia, bioquímica, saúde, agronegócio, meio ambiente e energia. É importante ressaltar que a expansão bem planejada exige uma política de formação de professores adequada a essa modalidade de ensino e laboratórios muito bem equipados e com apoio técnico.

2.1.4 Mudanças no quadro atual dos ensinos fundamental e médio

O quadro dos ensinos fundamental e médio acima descrito indica que são necessárias medidas radicais e urgentes para melhorar a formação escolar dos brasileiros. Não há como negar o esforço realizado nas últimas décadas para expandir o sistema de ensino à quase totalidade da população em idade escolar, mas é ilusória a meta de inclusão social para uma grande porcentagem da população que, apesar de concluir o ensino fundamental e/ou médio, apresenta dificuldades de interpretar aquilo que lê e de realizar as operações básicas de matemática.

Há muito que mudar e realizar para se alcançar a melhoria necessária no sistema educacional do Brasil, a começar pela postura da nação face a esse problema. Ou seja, há que haver um esforço conjunto de todos os segmentos da sociedade, desde os Poderes Executivos e Legislativos, passando pelas universidades e toda a sociedade, elegendo a educação como prioridade efetiva e não simplesmente retórica. Várias mudanças devem ser feitas. Algumas exequíveis em prazo muito curto, e outras que exigem um tempo maior, mas cuja implementação deve ser feita o mais cedo possível.

Uma vez que a meta de inclusão da quase totalidade dos brasileiros em idade escolar no sistema de educação básica foi atingida, o passo seguinte é investir para melhorar a qualidade da educação oferecida pelo sistema. Deve-se começar com o aumento da permanência dos estudantes na escola, com a reestruturação curricular e com a valorização dos profissionais da educação. Estudos realizados pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) mostraram que em 2006 o tempo de permanência na escola de estudantes entre 7 e 15 anos era de apenas 4,2 horas/dia, e o de estudantes entre 15 e 17 anos, de 3,5 horas/dia (http://www3.fgv.br/ibrecps/rede/tpe/). Enquanto o tempo de permanência médio em horas aula por semana no sistema de ensino fundamental e médio no Brasil soma 19,1 horas, no México chega a 25 horas e na Coreia do Sul, a 30,3

horas. Esse é um dos quadros que precisam ser alterados rapidamente. Para isso são necessários investimentos em infraestrutura escolar, em construção de novas escolas e na contratação de professores e funcionários.

A tradição do ensino brasileiro tem levado à construção de currículos com disciplinas isoladas uma das outras e que pouco contribuem ao desenvolvimento intelectual do aluno. Está além do escopo deste documento uma análise profunda e detalhada dos currículos escolares dos ensinos fundamental e médio. Entretanto, sabemos que, para chegarmos a uma formação sólida dos estudantes nas áreas científicas e tecnológicas, muito há que se fazer.

Em primeiro lugar, o ensino de ciências deve ser remodelado de maneira que o aluno não adquira simplesmente uma visão fragmentada do conhecimento científico por meio de aulas de caráter puramente informativo. Há que se despertar no aluno a curiosidade pelos fenômenos e experimentos e praticar com ele sua criatividade, além de oferecer-lhe uma visão completa e interdisciplinar sobre a natureza, tornando o aprendizado um prazer. Aulas descritivas e que exigem do aluno horas e horas de cópias do quadro negro estão longe de oferecer uma formação científica e de estimular o exercício do espírito crítico. A atividade de ensino em ciências solicita pesquisas em temas relevantes e contemporâneos, aulas práticas de laboratório e de campo, visitas a centros de ciências e a participação prática em feiras de ciências.

O ensino da língua portuguesa e da matemática tem que ser repensado porque os resultados do aprendizado têm se mostrado deficientes. Essas duas disciplinas são os pilares da formação intelectual do indivíduo, ao passo que o ensino de matemática na educação básica é essencial para a formação de futuros engenheiros, tecnólogos e pesquisadores nas áreas de física, química, nanotecnologias e biotecnologias. Por outro lado, as tecnologias da informação tornaram-se rapidamente um instrumento fundamental de comunicação na sociedade moderna e sua capilaridade no seio da sociedade se deu num espaço de tempo muito curto. Portanto, o uso adequado dos conhecimentos da informática se coloca tão necessário como o domínio da leitura e da escrita. Poucas são as escolas brasileiras que oferecem em seus currículos esse aprendizado, o que configura uma deficiência a ser corrigida urgentemente.

Para atingir esses objetivos, é necessária uma política de Estado voltada à educação que comece por investimentos robustos na formação de professores, sobretudo de ciências, matemática, química e física – áreas em que a carência de docentes é muito grande –, e na melhoria da infraestrutura das escolas. Em 2005, somente 25% das escolas do ensino fundamental tinham bibliotecas, 17% laboratórios de informática e 9 % laboratórios de ciências.

Somente por meio da valorização da profissão de professor se conseguirá o sucesso desejado na educação brasileira. O sistema tem que oferecer bons salários e boas condições de trabalho. Com isso, será possível resolver o déficit de professores em várias disciplinas da 5ª à 8ª séries do ensino fundamental e no ensino médio como um todo, e motivar os professores para o exercício de sua profissão. O Censo Escolar de 2009 mostrou que para atender à demanda da educação básica faltam 246 mil professores, a maioria para disciplinas de física, química e matemática. A razão entre o número de alunos por professor é de 22,4 no ensino fundamental e 17,5 no médio. Estas proporções são elevadas em comparação às dos países da OCDE, respectivamente, 16,5 e 13,6.

2.2 Gastos com a Educação

Os investimentos públicos no sistema educacional brasileiro vêm aumentando progressivamente ao longo dos últimos 15 anos. Em 1995 representavam 3,9% do PIB, e em 2007 esse índice saltou para 5,1%. A Tabela 2 mostra uma estimativa, feita pela Diretoria de Tecnologia e Disseminação de Informações Educacionais do Ministério da Educação (DTDIE-MEC), dos valores do investimento público direto por estudante em todos os níveis do sistema educacional brasileiro. Observa-se que entre 2000 e 2008 houve um aumento real de cerca de 95% nos valores investidos na educação básica (já corrigida a inflação no período). Apesar desse crescimento expressivo, os valores ainda são inferiores aos de países vizinhos e outros da América Latina, como a Argentina, o Chile e o México, e bem menores que os aplicados por países desenvolvidos da Europa e pela Coreia do Sul (Tabela 3). Portanto, há muito ainda por fazer para melhorar a qualidade da educação básica no Brasil, e uma política de prioridade inicia-se com o aumento de investimentos.

Tabela 2 - Estimativa do Investimento Público Direto em educação por estudante, por nível de ensino - Valores nominais - Brasil 2000 - 2008.

Ano	Investimento Público Direto por Estudante R$ 1,00						
	Total em todos os níveis	Níveis de Ensino					
		Educação básica	Educação infantil	Ensino Fundamental		Ensino médio	Ensino superior
				De 1ª a 4ª séries ou Anos iniciais	De 5ª a 8ª séries ou Anos finais		
2000	970	808	924	794	811	770	8.927
2001	1.082	902	898	845	951	944	9.500
2002	1.214	1.005	952	1.111	1.032	747	10.135
2003	1.329	1.116	1.197	1.176	1.117	938	9.706
2004	1.513	1.284	1.372	1.359	1.374	939	10.573
2005	1.700	1.440	1.373	1.607	1.530	1.004	11.363
2006	2.042	1.773	1.533	1.825	2.004	1.417	11.820
2007	2.467	2.163	1.954	2.274	2.369	1.735	13.089
2008	2.995	2.632	2.206	2.761	2.946	2.122	14.763

Fonte: Inep/MEC - Tabela elaborada pela DTDIE/Inep.

Tabela 3 - Comparação de gastos por estudante de acordo com o nível educacional (US$).

País	Nível Educacional		
	Ensino pré-escolar	Ensino fundamental	Ensino médio
Brasil	**1.044**	**832**	**864**
América Latina:			
Argentina	1.745	1.655	2.306
Chile	1.745	2.110	2.085
México	1.410	1.357	1.915
Paraguai	-	802	1.373
Peru	339	431	534
Países da OCDE:			
Dinamarca	4.542	7.272	8.113
França	4.323	4.777	8.107
Alemanha	4.956	4.237	6.620
Coreia do Sul	1.913	3.714	5.159
Estados Unidos	8.522	7.360	8.779

Fonte: Abrahão (2005: Tabela 5)
Notas: Todos os números se referem à PPC ajustada pelo gasto anual em dólares por estudante.

2.3 Recomendações

- Criar um sistema de dedicação exclusiva para professores da educação básica, com bom salário e um número não superior a 25 horas de aula semanais. Os professores da rede oficial concorreriam a esse cargo por concurso público. Esses concursos ocorreriam todos os anos, de modo a promover a inclusão de todos os professores no novo sistema num prazo de 12 anos.
- Plano de carreira com avaliação que leve em conta cursos de especialização.
- Aproximar os professores da rede pública de ensino das universidades por meio de programas de mestrado e/ou de aperfeiçoamento específicos. O objetivo é elevar o grau de conhecimento do professor na sua área de atuação e também melhorar o seu domínio de técnicas educacionais. Para isso deve haver um sistema de incentivos, como diminuição da jornada de trabalho no período em que o professor estiver cursando o mestrado ou o aperfeiçoamento (algo em torno de dois anos) e concessão de uma bolsa especial de estudo.
- Estimular os pesquisadores das universidades a orientar professores da rede de ensino pública em programas de pós-graduação.
- Estabelecer uma conexão entre ciência e educação.
- Investir na criação de mais cursos de licenciatura em ciências, física e química.
- Introduzir disciplinas de informática no currículo escolar.
- Ampliar a rede de escolas técnico-profissionalizantes.
- Aumentar o número de bolsas de Iniciação Científica Júnior para estimular jovens talentosos da rede pública.

Parte A

Educação e infraestrutura de C&T

Capítulo 3
Educação Superior

Os Estados Unidos são os líderes mundiais em pesquisa científica e tecnológica e suas empresas estão entre as mais inovadoras do planeta. Mesmo assim, no final do ano de 2009 o presidente Barak Obama lançou a campanha nacional "Educar para Inovar", cujo objetivo é melhorar o desempenho dos estudantes americanos nas áreas das ciências, da tecnologia, das engenharias e da matemática (STEM – Science, Technology, Engineering and Mathematics) (http://www.whitehouse.gov/the-press-office/president-obama-launches-educate-innovate-campaign-excellence-science-technology-en).

No discurso de lançamento do programa, o presidente Obama destacou que a inovação tecnológica é essencial para enfrentar os desafios do século XXI e também para fortalecer a liderança industrial dos EUA. Por esses motivos, estava elegendo a educação "STEM" como prioridade nacional. O sucesso econômico dos EUA esteve sempre sustentado pela inovação tecnológica, e, ciente do crescimento da competitividade global, o país deve redobrar seus esforços para manter-se à frente na chamada "Economia do Conhecimento", que deve se estender por todo o século XXI. Os norte-americanos sabem melhor do que ninguém que a educação é o caminho mais eficiente para atingir esse objetivo, sobretudo a educação nas áreas das ciências, das tecnologias, das engenharias e da matemática.

No capítulo anterior apresentamos um panorama da educação básica no Brasil, em que se destaca a fragilidade do ensino nas áreas de matemática e ciências. No ensino

superior temos também problemas sérios a serem resolvidos. O Brasil tem algumas boas escolas de matemática, ciências (física, química, biologia e farmácia) e de engenharias, mas a oferta de vagas nessas áreas ainda está muito aquém do necessário para o desenvolvimento sustentável que almejamos. Este capítulo apresenta uma visão sucinta e atual do sistema de ensino superior brasileiro – graduação e pós-graduação –, com enfoque na área de exatas, e procura localizar as deficiências que precisam ser corrigidas visando a preparação de recursos humanos, em quantidade e qualidade, para o País enfrentar o desafio da competitividade global ao longo deste século.

3.1 Os desafios do ensino superior

A educação superior no Brasil divide-se em dois blocos sequenciais: a graduação e a pós-graduação. Na graduação são oferecidos cursos de formação profissional que variam de três a seis anos, cursos sequenciais e de extensão. A pós-graduação é composta dos cursos *stricto sensu*, nos níveis de mestrado (incluindo o mestrado profissional) e de doutorado, e cursos *lato sensu,* de especialização e aperfeiçoamento (Figura 1, capítulo 2). (Somando-se os níveis fundamental, médio e superior, observa-se que o sistema educacional brasileiro está, em uma visão geral, muito bem estruturado, mas precisa de melhoras urgentes em sua infraestrutura interna e, sobretudo, na capacitação de seus professores.)

É nas universidades públicas que se concentra a maior parte da pós-graduação e da pesquisa científica feita no Brasil, e uma grande parcela da oferta do ensino de graduação. Um rápido diagnóstico da situação do ensino de graduação no país é suficiente para identificar os problemas e os desafios que devem ser enfrentados nos próximos anos: ampliação do número de vagas, aumento da eficiência das escolas de graduação, otimização de recursos, contribuições ao desenvolvimento tecnológico e inovação, correção das assimetrias regionais, etc. No caso específico da formação de recursos humanos nas áreas de exatas, os problemas tomam dimensão ainda maior, sobretudo no que diz respeito à escassez de mão de obra especializada para atender a um mercado cada vez mais especializado. Neste capítulo discorremos sobre alguns aspectos da graduação e da pós-graduação nas áreas científicas e das engenharias.

3.2 Graduação

O sistema de ensino superior no Brasil (SES) está em expansão e conta hoje com cerca de 2.200 instituições, sendo 12% delas públicas e 88% privadas. A população

estudantil nos cursos de graduação, no entanto, exibe uma distribuição ponderadamente diferente: aproximadamente 1,3 milhão nas universidades públicas e 3,4 milhões nas instituições privadas. Portanto, o número total de estudantes matriculados é próximo de 4,7 milhões. Esse universo representa cerca de 25% do total de jovens com idade entre 17 e 24 anos, índice considerado muito baixo. A média na América Latina é de 30%; na Argentina esse índice é próximo de 65%; no Chile, 48%; no Uruguai, 43%; e em Cuba, 42%. Somente o México apresenta índice inferior ao do Brasil. A Tabela 1 mostra a evolução do número de vagas oferecidas na graduação presencial entre 2002 e 2008, no Brasil, pelos sistemas público e privado. Nesse período, o sistema privado cresceu mais que o público. Oferecia 83,3% do total de vagas em 2000 e passou a oferecer 88% em 2008. Vale ressaltar, entretanto, que a partir de 2009 passou a haver um aumento significativo da oferta de vagas pelas universidades públicas federais, com os incentivos do Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni), implantado pelo Ministério da Educação em abril de 2007, e pelas escolas privadas, com o Programa Universidade para Todos (ProUni), instituído, também pelo MEC, em janeiro de 2005.

Tabela 1 - Evolução do número de vagas na graduação presencial (2002 a 2008). Entre parênteses, o crescimento anual em porcentagem.

	Total (68,4)	Pública (16,5)	Privada (78,7)
2002	1.773.087	295.354	1.477.733
2003	2.002.733 (13,0)	281.213 (-4,8)	1.721.520 (16,5)
2004	2.320.421 (15,9)	308.492 (9,7)	2.011.929 (16,9)
2005	2.435.987 (5,0)	313.368 (1,6)	2.122.619 (5,5)
2006	2.629.598 (7,9)	331.105 (5,7)	2.298.493 (8,3)
2007	2.832.942 (7,4)	329.260 (-0,6)	2.494.682 (8,5)
2008	2.985.137 (5,7)	344.038 (4,5)	2.641.099 (5,9)

A graduação presencial no Brasil engloba a formação de bacharéis, licenciados e tecnólogos. O aumento total no número de alunos no período 2002-2008 foi de 68,4%, mas o sistema público cresceu bem menos (16,5%) que o privado (78,7%). Das 2.985.137 vagas oferecidas em 2008, somente 1.505.819 foram preenchidas (perto da metade), sendo que a disputa por elas envolveu 5.534.689 candidatos. Levando-se em conta que o índice de evasão total é em torno de 48% (Cadernos de Pesquisa – Fundação Carlos Chagas, set/dez 2007, v. 37, no. 132 ISBN 0100/1574), conclui-se que o SES

brasileiro formou em 2008 cerca de 780 mil profissionais de nível superior, ou seja, somente um quarto das vagas disponíveis e 13,5% do número de candidatos no vestibular. Isso quer dizer que deixamos de formar um contingente de mais de quatro milhões de profissionais por ano. A China e a Índia, dois países do BRIC, formam, respectivamente, cerca de cinco milhões e três milhões de graduados (*The Economist*, 17 de abril de 2010).

Outro problema do SES brasileiro é o da assimetria regional. O número de vagas oferecidas por habitante em todo o Brasil, com os dados de 2008, era de 0,017. Na Região Norte esse índice era igual a 0,011; no Nordeste, 0,0085; no Sudeste, 0,022; no Sul, 0,015; e no Centro-Oeste, 0,025. Isso quer dizer que um jovem na Região Centro-Oeste tem três vezes mais chances de alcançar uma vaga no ensino superior que um jovem da Região Nordeste.

Na força de trabalho ativa no Brasil, somente 8% da população na faixa de 25 a 64 anos de idade tem curso superior completo. Conclui-se que o SES do Brasil tem que crescer e melhorar sua eficiência para sair da incômoda posição de ser um dos mais frágeis da América Latina. Das quase três milhões de vagas oferecidas em 2008, somente a metade delas foi preenchida.

Há que se considerar, também, que o custo do estudante nas universidades públicas brasileiras é elevado. Um universitário brasileiro custa o dobro de seu colega em Cuba ou na Colômbia, 2,5 vezes no México e quatro vezes na Argentina (Figura 1). Esses dados indicam que o modelo atual do ensino superior público brasileiro, ao contemplar atividades de ensino, pesquisa e extensão, tem um custo elevado frente à expansão necessária.

O grande desafio do ensino de graduação é, portanto, expansão com eficiência, qualidade e custo menor. Para isso, há que diversificar urgentemente o modelo de oferta de cursos por meio da criação de unidades de ensino superior, alternativas às universidades, cuja única missão seja o ensino. Nessas unidades os professores poderão ser contratados em tempo integral, com a obrigação precípua do ensino e com uma carga horária em torno de 25 horas semanais.

Os modelos das escolas tecnológicas, como as Faculdades de Tecnologia (Fatec) do estado de São Paulo, são alternativas válidas. Elas formam profissionais de extrema importância para a inovação nos setores industrial e de serviços, além de oferecerem mão de obra qualificada para diferentes segmentos do comércio. É bom ressaltar que há uma enorme escassez de tecnólogos no Brasil. Em 2008 foram ofertadas 464.108 vagas na educação tecnológica (15,5% da oferta total), mas, dessas, somente 28.006 no sistema público. Por outro lado, o número de ocupação dessas vagas

(matrículas) foi de 87% nas instituições públicas contra 44,5% nas instituições privadas. Esse último dado mostra a vocação pública para as escolas técnicas e indica que o SES público deve expandir consideravelmente sua rede na educação tecnológica. Em 2008 o número de cursos da educação tecnológica por região era de 225 no Norte, 449 no Nordeste, 2.464 no Sudeste, 852 no Sul e 365 no Centro-Oeste. Os governos federal e do estado de São Paulo vêm investindo no crescimento do ensino técnico e tecnológico, e isso é um bom sinal.

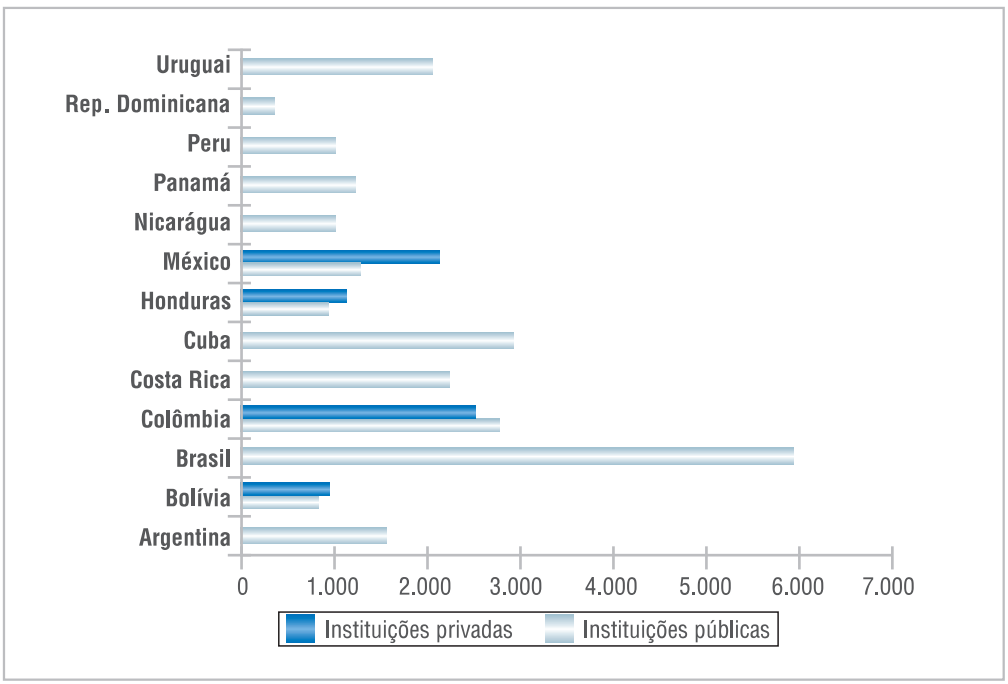


Figura 1 - Custo unitário das universidades em países latino-americanos selecionados (em US$).

Fonte: ESALC (2006), informe sobre la Education Superior en América Latina y el Caribe 2000_2005.

3.2.1 Cursos nas áreas de ciências e engenharias

Das 2.985.137 vagas oferecidas em 2008, somente 424.402 delas foram para ciências e engenharias (Tabela 2), áreas mais diretamente ligadas à inovação tecnológica nas empresas. Esse dado representa somente 14% das vagas totais do SES (em 2008), o que é muito pouco para atender a um projeto nacional de crescimento industrial, sobretudo para o fortalecimento das empresas de alta e média-alta intensidade tecnológica.

O número de estudantes brasileiros matriculados em cursos de ciências e engenharias é inferior à média da América Latina, como mostra a Figura 2. A situação torna-se mais preocupante porque somente 55,5% das vagas oferecidas nessas carreiras têm sido preenchidas – e com a alta evasão, o número de formandos fica ainda mais reduzido.

Esses dados mostram a ineficiência do sistema de ensino nas áreas de exatas e ciências em geral. Com o número atual de vagas nas engenharias, o Brasil poderia aumentar seu contingente de engenheiros em cerca de 250 mil por ano. Entretanto, segundo fontes do INEP, formaram-se em 2008 somente cerca de 30 mil engenheiros no país. Essa ineficiência contribui para que o Brasil forme menos engenheiros que os outros países do BRIC. A Rússia forma anualmente 120 mil; a Índia, 200 mil; e a China, 300 mil.

Tabela 2 - Número de vagas oferecidas, candidatos matriculados nos cursos de graduação presenciais nas engenharias, ciências e matemática (Censo do Ensino Superior de 2008 – MEC).

	Vagas oferecidas	Matriculados	%
Matemática	5.141	3.177	61,8
Ciências da Computação	88.668	40.435	45,6
Física	3.738	3.139	84
Química	9.856	7.133	72,4
Farmácia	51.341	25.675	50
Engenharias	265.658	153.959	58
Total	**424.402 (14 %)**	**235.518 (15,6%)**	**55,5**

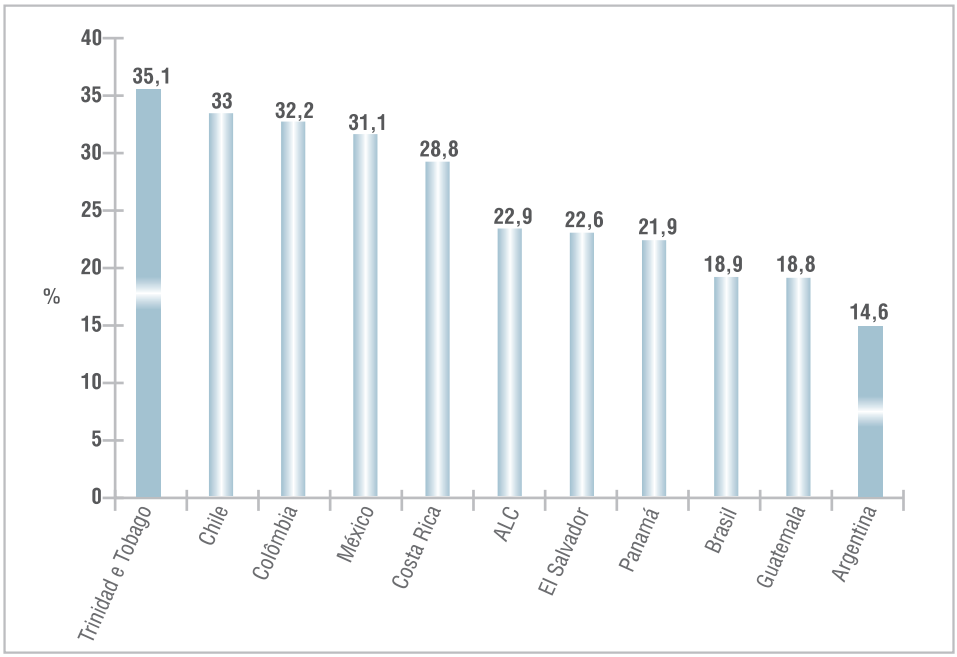


Figura 2 - Proporção de estudantes matriculados nos programas de ciência e engenharia em países latino-americanos selecionados.

Fonte: ESALC (2006)

O panorama dos cursos de graduação nas áreas das ciências não é diferente. O índice de matrículas é mais elevado nos cursos de física e de química porque a grande maioria deles está nas universidades públicas, onde o percentual de matrículas é sempre maior do que nas instituições privadas. No entanto, esses cursos tradicionalmente apresentam evasão elevada. Pela relevância dos cursos de matemática, ciências da computação, física, química e farmácia para o desenvolvimento de segmentos empresariais importantes para o País, há a necessidade de pesados investimentos na expansão e na eficiência desses cursos.

A rigidez das ementas curriculares é outro desafio a ser vencido, de modo a se contemplar a interdisciplinaridade exigida no mundo contemporâneo. Hoje, a combinação das disciplinas de física, química e biologia é fundamental para o desenvolvimento do conhecimento e para aplicações tecnológicas nas áreas da biotecnologia, nanotecnologia, novos medicamentos e novos materiais.

Esforço semelhante, ou ainda maior, há que ser feito nas licenciaturas em física, química e matemática, para que o Brasil possa suprir o enorme déficit de professores nos ensinos fundamental e médio (já mencionado no capítulo anterior).

3.3 Educação a distância

O Censo da Educação Superior de 2008 mostrou que naquele ano 115 instituições de ensino ofereceram cursos de graduação a distância, resultando em cerca de 730 mil matrículas. Naquele ano, foram 70 mil concluintes. Esses números vêm crescendo significativamente; em 2002 havia somente 25 instituições, com 40 mil matrículas e 1.700 concluintes.

O ensino a distância (EaD) poderá vir a ser um instrumento auxiliar valioso para a formação de profissionais em diversas áreas. Há, porém, a necessidade de acompanhamento permanente e avaliação contínua das instituições credenciadas, com base no documento "Referenciais de Qualidade para Educação Superior a Distância" do MEC. A avaliação presencial e as práticas de laboratórios, para determinados cursos, são essenciais para garantir a qualidade do ensino.

Deve-se considerar, ainda, que o sistema de EaD é uma importante alternativa para pessoas com determinados tipos de deficiências.

3.4 Pós-graduação

A pós-graduação no Brasil, antes da década de 1970, funcionava quase que voluntariamente no interior das instituições universitárias e tinha impacto limitado na sociedade. Nos moldes atuais, foi institucionalizada pelo parecer CFE 977/65 ("Parecer Sucupira"); com a elaboração do primeiro Plano Nacional de Pós-Graduação (I PNPG) (1975-1980), passou a compor de forma efetiva o sistema de ensino superior do país. O I PNPG possibilitou também o financiamento permanente da pós-graduação, sobretudo com a implementação de bolsas para alunos em tempo integral.

Esse processo teve sequência, e o II PNPG (1982-1985) preocupou-se com a expansão da capacitação docente do ensino superior e a elevação de sua qualidade. O III PNPG (1986-1989) enfatizou a importância da participação da comunidade acadêmica no desenvolvimento da pesquisa científica e tecnológica do País, e o resultado foi exitoso. O PNPG 2005-2010 vai além e coloca como um dos objetivos fundamentais do sistema de pós-graduação o aumento do número de formandos para atender à expansão do ensino superior e ao desenvolvimento tecnológico necessário ao setor empresarial. Hoje, portanto, o desafio maior a ser vencido é formar mestres e doutores para atuarem no setor empresarial, inclusive com capacidade inovadora e empreendedora suficiente para criarem suas próprias empresas. Além dos cursos de mestrado e de doutorado, na

pós-graduação *stricto sensu* foi instituída a modalidade de mestrado profissional, que tem por objetivo gerar recursos humanos para atuarem em setores não acadêmicos, ou seja, profissionais que possam transferir conhecimento para a sociedade.

Em 2009 o sistema de pós-graduação *stricto sensu* era composto por cerca de 2.600 cursos de mestrado, 280 de mestrado profissional e 1.500 de doutorado. Dos cursos de mestrado, 10,6% eram das áreas de engenharia e 10% de ciências exatas; no mestrado profissional, 53% de engenharias e 4% de ciências exatas; e dos cursos de doutorado, 9,8% eram de engenharias e 11% de ciências exatas. No triênio 2007 a 2009, a pós-graduação titulou quase 140 mil mestres e doutores, como mostra a Tabela 3. Houve um crescimento médio anual de 8% no número de titulados nesse período.

Tabela 3 - Número de discentes titulados pelos programas de pós-graduação no triênio 2007-2009.

Nível/Ano	2007	2008	2009	Total
Mestrado Acadêmico	30.569	33.378	35.698	99.645
Doutorado	9.919	10.718	11.368	32.005
Mestrado Profissional	2.331	2.653	3.102	8.086
Total	42.819	46.749	50.168	139.736

A Tabela 4 mostra a distribuição dos cursos de mestrado, doutorado e mestrado profissional por região. Os dados revelam o desequilíbrio existente entre as regiões do Brasil, o que indica a necessidade de uma política de longo prazo para corrigir essa distorção. A distribuição de conceitos, de 3 a 7, da avaliação da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) mostra que, apesar do grande progresso que houve na pós-graduação brasileira, há muito o que melhorar em termos da qualidade dos programas (Tabelas 5 e 6). O Sudeste e o Sul concentram os programas melhor avaliados (5, 6 e 7), o que ressalta ainda mais as enormes diferenças entre as regiões do país.

Tabela 4 - Distribuição dos cursos de mestrado, mestrado profissional e doutorado por região, em porcentagem.

REGIÕES	Mestrado	Mestrado Profissional	Doutorado
Centro-Oeste	7,5	6,9	6,1
Nordeste	18,6	16,2	14
Norte	4,3	2,9	3
Sudeste	48,7	53,4	57,9
Sul	20,9	20,6	19

Tabela 5 - Distribuição, em porcentagem, dos programas de pós-graduação de avaliação 3, 4, 5, 6 e 7 por região (o número de programas aparece entre parênteses).

REGIÕES	3	4	5	6	7
Centro-Oeste (217)	50,7	35,9	10,6	2,3	0,5
Nordeste (545)	52,6	33,6	11,4	2,2	0,2
Norte (136)	66,2	29,4	3,7	0,7	0,0
Sudeste (1430)	32,6	30,6	23,8	8,1	4,9
Sul (591)	42,3	35,0	17,3	3,7	1,7

Tabela 6 - Porcentagem dos programas de pós-graduação segundo avaliação 3, 4, 5, 6 e 7 situados em cada região (o número de programas aparece entre parênteses).

CO	NE	N	SE	S	
3 (1.204)	9,1	23,8	7,5	38,8	20,8
4 (945)	8,2	19,4	4,2	46,3	21,9
5 (532)	4,3	11,6	1,0	63,9	19,2
6 (156)	3,2	7,7	0,6	74,4	14,1
7 (82)	1,2	1,2	0	85,4	12,2

Os avanços na pós-graduação ocorridos nos últimos trinta anos devem-se muito ao sistema de avaliação implantado pela Capes, ao programa de bolsa de produtividade em pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e aos programas permanentes de bolsas mantidos pelos órgãos federais (Capes e CNPq) e pelas fundações estaduais de apoio à pesquisa (FAPs). A Figura 3 mostra a evolução do número de bolsas do sistema federal, indicando que em 2010 esse número esteve próximo a 160 mil. Com os investimentos ocorridos, em 2009 o Brasil titulou 38.800 mestres e 11.400 doutores (Figura 4), números expressivos se comparados aos das décadas anteriores. Entretanto, o cenário otimista de formar 16 mil doutores em 2010, proposto no PNPG de 2005, não pôde ser atingido, devendo esse número ficar próximo de 14 mil. Mesmo assim a situação do Brasil, quando comparada à dos outros países da América Latina, é muito boa e semelhante à Rússia, China, Índia e à de vários países europeus, como mostram os dados da Figura 5. Por outro lado, quando comparamos o número de doutores formados no Brasil por 100 mil habitantes (6,4) com os de países inovadores como Alemanha (30), Reino Unido (24), EUA (14), França (17), Coreia do Sul (15) e Japão (12,5), concluímos que o nosso sistema de pós-graduação tem que continuar a crescer.

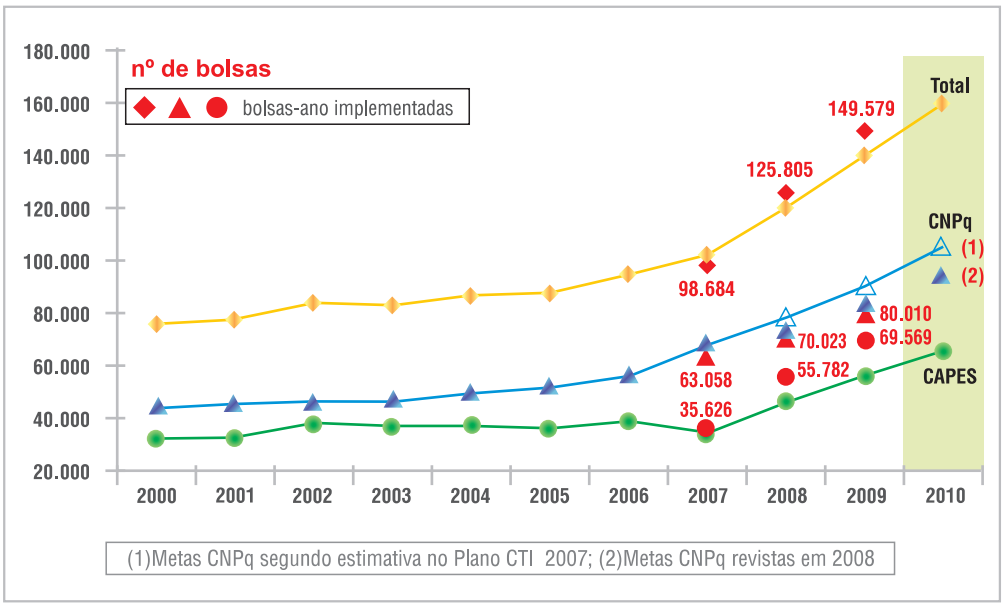


Figura 3 - Número de bolsas CNPq e Capes (bolsas-ano).

Fonte: CNPq e CAPES (2010:previsão).

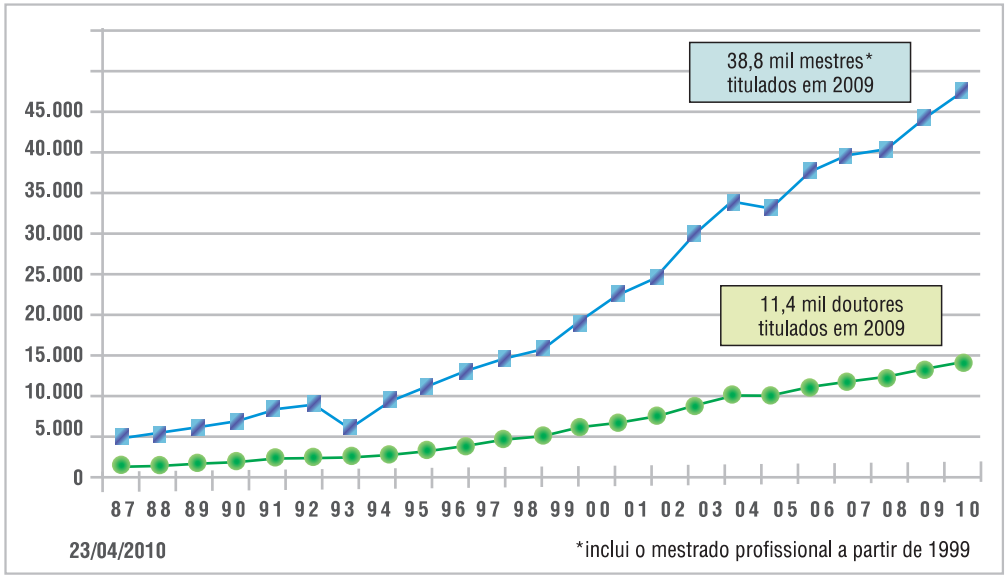


Figura 4 - Número de mestres e doutores titulados por ano.

Fonte: CNPq e Capes (2010:previsão).

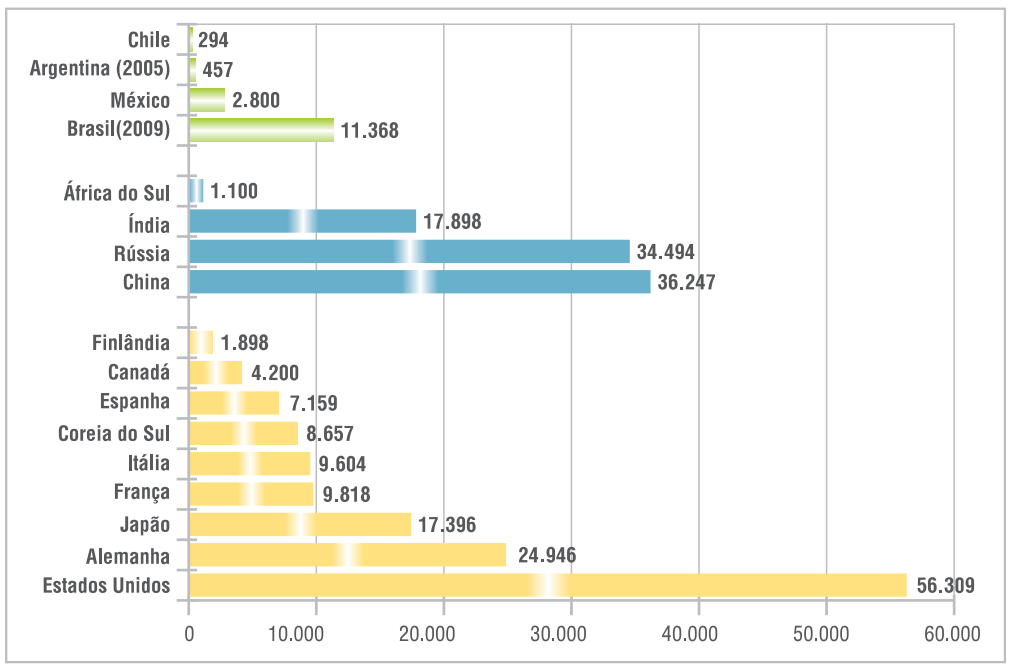


Figura 5 - Doutores titulados, por região, país ou economia selecionados – 2006.

Fontes:Science and Engineering Indicators, 2010; Brasil:MCT

Outro grande desafio a ser vencido é o da inserção de mestres e doutores no sistema empresarial. Hoje o número deles trabalhando nas empresas brasileiras é muito pequeno, o que denota o caráter estritamente acadêmico da pós-graduação. A situação é oposta nos países desenvolvidos, como EUA, Alemanha e Japão. A primeira tentativa de reverter esse quadro foi a criação do programa de mestrado profissional, mas os números de cursos e de formandos ainda são muito tímidos.

Outro ponto importante que reforça a necessidade do crescimento do sistema de pós-graduação é o número relativamente pequeno de pesquisadores (graduados, especialistas, mestres e doutores) por habitante. A Figura 6 mostra a disparidade existente entre Brasil, Argentina, EUA e países europeus e asiáticos. Para atingir um patamar de competitividade industrial ainda na primeira metade do século XXI, o Brasil terá que triplicar o número de pesquisadores nos próximos vinte anos, sobretudo os egressos dos programas das engenharias e das ciências.

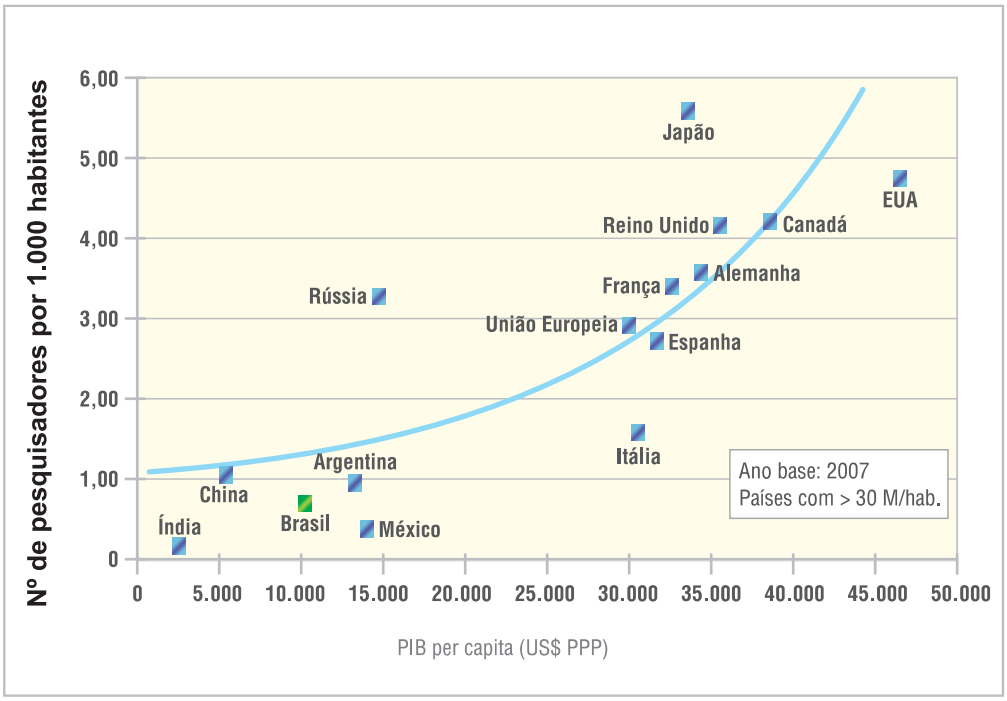


Figura 6 - Correlação entre o grau de desenvolvimento de um país e o número de pesquisadores.

Fontes:OCDE e MCT

A Figura 7 mostra a distribuição de pós-graduandos por área. Dados do sistema GeoCapes revelam que em 2009 o número de discentes matriculados nos programas de pós-graduação em engenharias era de 14,8% do total, e nos programas de ciências exatas, 9,7%. Portanto, o Brasil formou em 2009 cerca de 1.650 doutores nas engenharias e 1.100 nas áreas de ciências exatas. Para atender a um plano sólido e sustentável de crescimento da indústria de alta tecnologia, que exige muita inovação, e ao mesmo tempo ampliar o sistema de ciência e tecnologia do país, esse número terá que crescer muito.

Os programas de pós-graduação nas áreas das ciências exatas e de biológicas poderiam oferecer cursos especiais para professores da rede do ensino fundamental e médio, e com isso contribuir para a constante melhoria do ensino brasileiro. Essa deveria ser uma iniciativa envolvendo a Capes e secretarias estaduais e municipais de educação. Entretanto, para que haja estímulo dos programas de pós-graduação das unidades universitárias a oferecerem tais cursos, assim como a inserção de cursos com perfil de inovação empresarial, é necessário que o sistema de avaliação da pós-graduação seja revisto. O sistema de avaliação que alavancou a pós-graduação e a pesquisa no País dá sinais de que o modelo está superado e não atende aos desafios contemporâneos da formação de pessoal qualificado para ciência, tecnologia, inovação e empreendedorismo. Uma reorganização no modelo de avaliação, envolvendo sua metodologia e prazos de avaliação, torna-se urgente.

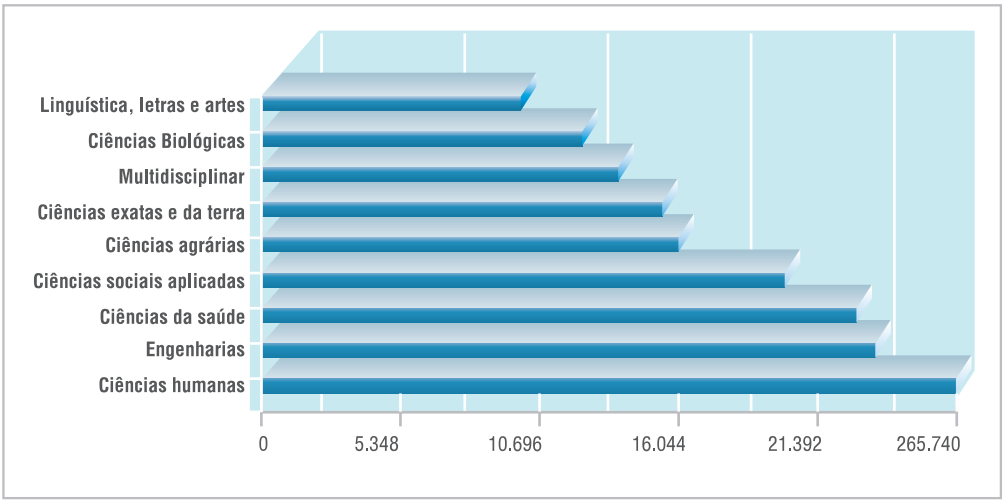


Figura 7 - Distribuição de discentes por grande área.

Dados relativos Filtro ano: 2009

3.5 Recomendações

- Duplicar em dez anos a oferta de cursos de graduação em engenharias, física, química e na área de fármacos e medicamentos.
- Duplicar em cinco anos o universo de cursos de licenciatura em física e química.
- Traçar uma política vigorosa para aumentar a qualidade e ao mesmo tempo diminuir a elevada evasão dos cursos de engenharias e ciências exatas.
- Continuar a política de expansão do sistema nacional de pós-graduação.
- Alterar o sistema de avaliação da pós-graduação para dar maior flexibilidade aos programas.
- Incentivar a criação de programas de pós-graduação em áreas estratégicas para a inovação, ainda carentes no Brasil. Se for necessário, importar pesquisadores experientes para avançar em áreas carentes, mas estratégicas.
- Estimular os pesquisadores que atuam em programas de pós-graduação a orientarem professores da rede pública de ensino.
- Incentivar a criação de programas de pós-graduação em parceria com empresas e estimular a fixação de mestres e doutores nas empresas.
- Estimular a formação de redes regionais e/ou nacionais de programas de pós-graduação em temas específicos, por tempo determinado.

Parte A

Educação e infraestrutura de C&T

Capítulo 4
Pesquisa científica e Inovação tecnológica

A institucionalização da ciência brasileira é relativamente recente. A atividade científica no país começa a dar seus primeiros passos no século XIX e início do século XX, e desde então já escrevia uma história muito rica, produzindo trabalhos científicos e tecnológicos importantes e de destaque mundial. Foram protagonistas dessa história nomes como Adolfo Lutz, Oswaldo Cruz, Roberto Landell de Moura, Vital Brazil, Alberto Santos Dumont, Henrique Charles Morize e Carlos Chagas, entre outros.

Apesar de contar com cientistas expressivos, a institucionalização propriamente dita do sistema de produção científica e tecnológica foi se instalando muito vagarosamente no país. As primeiras universidades brasileiras ainda não celebraram seus oitenta anos, e a maioria das hoje existentes está completando os quarenta anos de idade. A história das agências de fomento à pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico remonta aos anos 1950 e 1960. O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) foram instituídos em 1951, e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), primeira agência estadual, em 1960. A Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) foi criada em 1967 e em 1969 foi a vez do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT). O Ministério da Ciência e Tecnologia foi criado somente em 1985.

Várias instituições de pesquisa (não universitárias), a maioria ligada a ministérios do governo federal, também são jovens. A exceção é a centenária Fundação Oswaldo Cruz.

Além de nova, a ciência brasileira foi marcada por um crescimento lento até os anos 1980; o quadro passa a evoluir rapidamente na última década do século XX e se acelera na primeira década do século XXI. Se mantiver o ritmo de crescimento, este período será considerado um marco. O progresso na formação de recursos humanos para a ciência e a tecnologia, mencionado no capítulo anterior, foi acompanhado pela crescente produção científica do país. Hoje, o Brasil figura nos gráficos e nas estatísticas internacionais como um importante polo emergente de geração de conhecimento, fato que não ocorria até recentemente. O conhecimento científico sempre foi a alavanca indispensável do progresso de uma nação e do bem-estar de sua população. A solução dos grandes problemas do mundo contemporâneo (energia, meio ambiente, fome, entre outros) só será alcançada por meio do avanço do conhecimento. O Brasil reconhece hoje que somente por meio de um robusto sistema de ciência, tecnologia e inovação poderá promover o seu desenvolvimento econômico e social, e solucionar seus problemas territoriais e ambientais. Para tanto, apesar do apreciável crescimento econômico recente, o País precisa investir ainda mais em sua infraestrutura de pesquisa científica e tecnológica.

Nos capítulos anteriores apontamos as dificuldades e os obstáculos a serem vencidos para melhorar, em quantidade e qualidade, o capital humano no Brasil. Este capítulo se ocupará da infraestrutura de pesquisa instalada no país e de questões relacionadas à produção científica, tecnológica e de inovação. Serão também analisados os gargalos do nosso sistema de pesquisa e as dificuldades que o Brasil enfrenta para se tornar um país inovador e, com isso, um dos players na competitividade global.

4.1 Atual infraestrutura de pesquisa no Brasil

O sistema de ciência, tecnologia e inovação no Brasil é composto por agências de fomento, por órgãos reguladores e certificadores e por unidades de pesquisa do governo federal e de governos estaduais, além de centros de pesquisa do setor privado. No âmbito federal, temos institutos, faculdades e escolas pertencentes às universidades federais, ligadas ao Ministério da Educação (MEC), e várias unidades pertencentes ao Ministério da Saúde (MS), ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), ao Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), ao Ministério de Minas e Energia (MME), ao Ministério da Defesa (MD) e ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). A Tabela 1 mostra um quadro das unidades de pesquisa do sistema federal ligadas a seus respectivos ministérios. O sistema nacional de ciência

e tecnologia conta também com uma importante contribuição dos governos estaduais, sobretudo por meio de suas universidades e seus institutos de pesquisa em diferentes áreas de aplicação. Algumas empresas no País já desenvolvem pesquisa em inovação tecnológica e passam a compor uma fração pequena, mas importante, do sistema. Por último, há uma contribuição valiosa de unidades de pesquisa de algumas universidades privadas, sobretudo das universidades confessionais. A atual estrutura de ciência e tecnologia no Brasil é, portanto, considerável. Resulta de políticas um tanto aleatórias e intermitentes, mas que foram bem executadas.

Tabela 1 – Unidades de pesquisa do sistema federal e seus respectivos ministérios.

Unidades de pesquisa do sistema nacional de C,T&I						
Governo federal						
MEC	**MS**	**MAPA**	**MCT**	**MDIC**	**MD**	**MME**
Laboratórios e Grupos de Pesquisa das Universidades	Fiocruz INCA	Embrapa INMET	**	Inmetro	ITA CTA CETEX IPqM	CENPES CEPEL

** CBPF, CEITEC, CETEM, CETENE, CTI, IBICT, IDSM, IMPA, INPA, INPE, INSA, INT, LNA, LNCC, LNLS, ON, RNP.

A Tabela 2 apresenta, em termos de Brasil, o número de unidades de pesquisa situadas nas universidades e nos centros de ciência e P&D e seus respectivos números de doutores (Dados do Plano de Ação de Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Nacional – PACTI 2007-2010). Dos 85.500 pesquisadores doutores em atividade no país, cerca de 90% estão nas universidades, menos de 10% nos centros de ciência e P&D e muito poucos nas empresas (incluídas em "Outras").

Tabela 2 – Universidades e centros de ciência e P&D e seus respectivos números de doutores.

Universidades		
	Número	**Drs.**
Federais	77	39.737
Estaduais	39	24.236
Municipais	6	542
Privadas	131	12.948
TOTAL	253	77.463

Centros de Ciência e P&D		
	Número	**Drs.**
Federais	62	4.003
Estaduais	31	3.787
Outras	10	309
TOTAL	113	8.099

Instituições de C&T	**366**
Drs.	**85.000**

A concentração do trabalho científico nas universidades revela um desequilíbrio no sistema de pesquisa que não é favorável ao desenvolvimento brasileiro. É necessário ampliar o número de instituições científicas e tecnológicas (ICTs), tanto de caráter fundamental como aplicado, principalmente em áreas estratégicas para o desenvolvimento industrial e a segurança territorial e social do país. Por outro lado, a quase inexistência de pesquisa científica e tecnológica na maioria dos setores industriais configura-se como um dos entraves mais sérios ao desenvolvimento do Brasil. Em 2010, segundo estudo do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), menos de 2% dos doutores estavam trabalhando em empresas. Esse dado é uma das causas incontestáveis do fraco desempenho inovador da indústria brasileira. O quadro observado nos países detentores de uma indústria forte nos setores de alta e média-alta intensidade tecnológica é totalmente distinto. Nos EUA, no Japão e na Alemanha, esse índice está entre 70% e 80%. O número total de pesquisadores mostrado na Tabela 2 pode parecer razoável, mas a curva da Figura 6, do capítulo anterior, mostra que a situação brasileira não é confortável. Há um enorme trabalho a ser feito para deslocar a posição do Brasil curva acima; ou seja, aumentar o número de pesquisadores no país e ao mesmo tempo elevar o PIB *per capita*. A falta de profissionais que trabalham em pesquisa no Brasil fica mais evidente quando o número de pesquisadores é apresentado em relação à população economicamente ativa. A Figura 1 compara o número de pesquisadores por mil pessoas empregadas entre alguns países da América e da Europa, da China e da Rússia. Nesse índice ficamos atrás da Argentina, da China e muito defasados em relação aos países europeus, asiáticos e à Austrália. Para sair dessa posição incômoda, o Brasil tem que ampliar seu contingente de profissionais em pesquisa e aumentar o conhecimento agregado da mão de obra de sua população economicamente ativa. O Ministério da Ciência e Tecnologia estabeleceu como meta do PACTI 2007-2010 dobrar o número de pesquisadores por mil habitantes e, concomitantemente, dobrar o PIB *per capita* brasileiro até o ano 2022. Essa é uma meta ambiciosa e, se atingida, colocará o Brasil numa situação mais próxima à dos países desenvolvidos, como mostra a Figura 2. Portanto, continuar investindo na melhoria da educação em todos os seus níveis e, sobretudo, no crescimento do sistema de pós-graduação será fundamental para atingir a meta proposta para 2022. Foi esse o caminho trilhado pela Coreia do Sul, que mudou sua economia e a qualidade de vida de sua população em vinte anos. Conclui-se, portanto, que o sistema público de ciência e tecnologia no Brasil tem de continuar sua expansão, principalmente em áreas estratégicas para o desenvolvimento. Contudo, para que haja um real impulso em direção à inovação no país, o setor privado terá de aumentar consideravelmente o número de pesquisadores pós-graduados em seus quadros de funcionários.

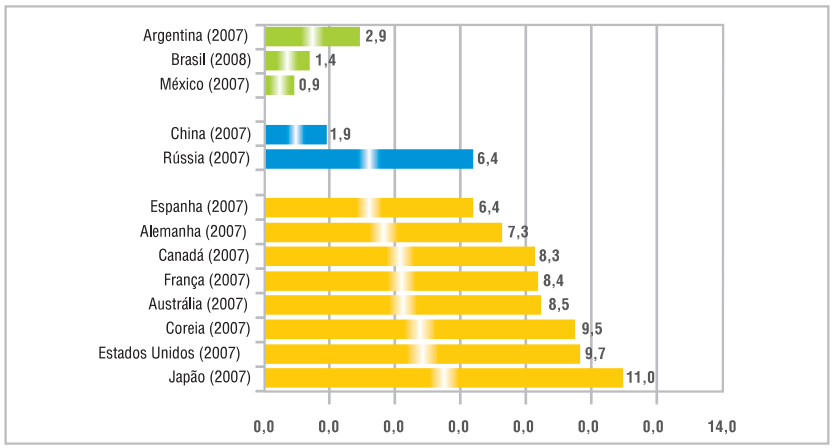


Figura 1 – Número de pesquisadores por mil pessoas empregadas.

Fontes: *PINTEC / IBGE; CAPES / MEC; CNPq; MSTI / OCIDE*

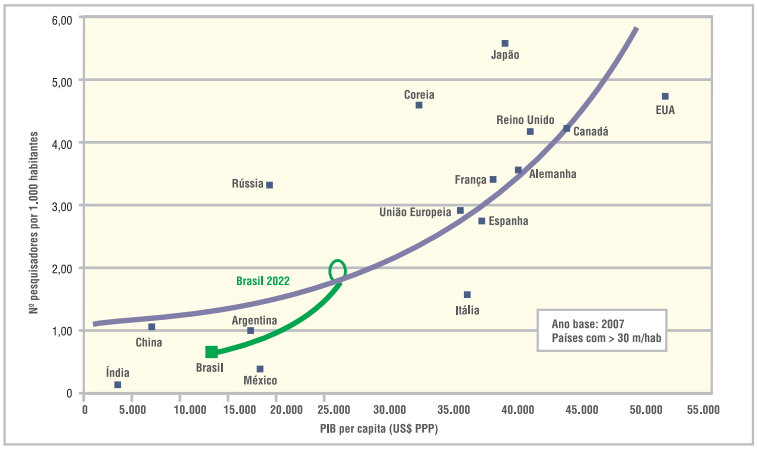


Figura 2 – Relação entre número de pesquisadores e PIB per capita.

Fontes: *OCIDE e MCT*

Tabela 3 – Proporções do PIB e do investimento público em P&D.

Aplicação em Pesquisa e Desenvolvimento

	Proporção do PIB (em %), em países selecionados*	Proporção do governo (em % do total, números aprox.)
Japão	3,44	16
Coreia	3,21	24
Estados Unidos	2,77	27
Alemanha	2,53	29
China	1,44	25
Brasil	1,09	52
Rússia	1,03	65
Índia**	0,78	75
Argentina	0,51	67
México	0,37	50

Fontes: *OCIDE, Ministério da Ciência e Tecnologia, governo da Índia, Ipea. *Dados de 2007 e 2008; **Dado de 2006.*

4.2 Produção científica brasileira

No início deste capítulo destacou-se a pouca idade da ciência brasileira. A operação das agências de fomento – o CNPq em nível nacional e a Fapesp no estado de São Paulo –, a implantação do regime de tempo integral nas universidades, a criação dos programas de capacitação docente e a institucionalização da pós-graduação pela Capes, a criação dos programas de infraestrutura da Finep e, finalmente, a criação do Ministério da Ciência e da Tecnologia foram as molas propulsoras do desenvolvimento científico nacional no decorrer da segunda metade do século XX. Mais recentemente, a partir de 1999, a ciência e a tecnologia no Brasil ganharam um importante aliado: os Fundos Setoriais de Ciência e Tecnologia. Eles compõem um instrumento sólido e estável de financiamento de projetos de pesquisa e de inovação.

Os resultados positivos do sistema nacional de ciência e tecnologia começaram a ficar evidentes a partir do início da década de 1990 – ou seja, depois de quatro décadas do início de sua implantação. Em 1981, o número de trabalhos científicos brasileiros publicados em periódicos internacionais indexados era de aproximadamente 2.000, o que correspondia a 0,2% da produção mundial. Esses números pouco mudaram ao longo dos anos 1980, mas começaram a ganhar vigor na década seguinte, e nos primeiros anos do novo século já se mostravam com destaque em termos mundiais. Tanto que, em 2009, o quadro já se mostrou muito mais favorável ao Brasil (Figura 3). Naquele ano, foram cerca de 32.500 artigos publicados em periódicos internacionais, o que representou uma participação de 2,4% na produção mundial. A Figura 4 detalha o crescimento da produção científica brasileira em relação à mundial. Enquanto a produção mundial cresceu aproximadamente 130% entre 1981 e 2009, a brasileira cresceu mais de 1.300% no mesmo período. A Figura 5 apresenta o ranking dessas publicações, onde o Brasil aparece numa excelente posição, acima de países como Holanda, Rússia, Suíça e Suécia.

Apesar do aumento notável da produção científica brasileira, os números revelam que o desempenho do país nas áreas ligadas à tecnologia e, portanto, ao desenvolvimento industrial competitivo, não é tão satisfatório. A contribuição brasileira à produção mundial de artigos indexados no sistema ISI (International Science Index) nessas áreas é mostrada na Tabela 4, junto com os números da China, Índia, Coreia do Sul, Japão e Alemanha. Nos parênteses são apresentados os impactos dos trabalhos relativos à média mundial. Pode-se observar que a porcentagem da participação brasileira é ainda relativamente pequena, sobretudo nas engenharias, na ciência dos materiais e nas ciências fundamentais (física, química e matemática).

Dados de 2006 do próprio ISI mostram a distribuição de artigos brasileiros por área que são indexados naquela instituição. Esses dados confirmam que o Brasil tem de investir nas engenharias e nas ciências exatas (Figura 6). Além disso, a qualidade dos papers brasileiros tem de melhorar muito, pois é bem inferior à dos países mais desenvolvidos (representados na tabela por Japão e Alemanha). No entanto, quando comparada à de China, Índia e Coreia do Sul, a qualidade dos artigos brasileiros não é inferior, sendo inclusive superior nas áreas de física, matemática e ambiente e ecologia.

Os dados da Tabela 2 demonstraram que a pesquisa brasileira está concentrada nas universidades, enquanto a Tabela 5 revela que as universidades das Regiões Sudeste e Sul detêm mais de 60% de toda a produção científica do país, com destaque para as paulistas. Esse quadro aponta, uma vez mais, para a necessidade de se elaborar um projeto de expansão do sistema de C,T&I que se preocupe em diminuir as assimetrias regionais, que são negativas para o desenvolvimento do país.

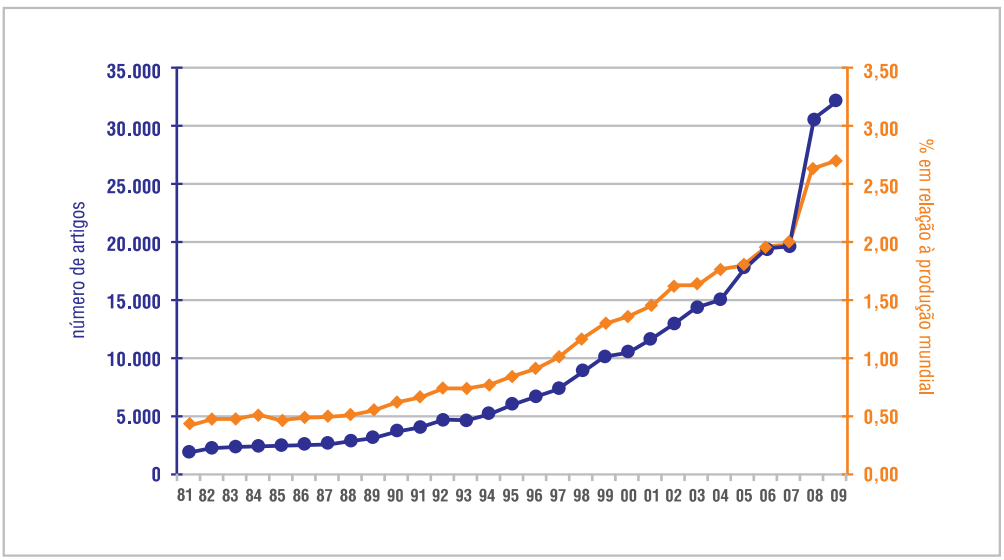


Figura 3 – Brasil: artigos publicados e proporção da produção mundial – 1981 a 2009.

Fontes: *Thomson Reuters. National Science Indicators (NSI)*

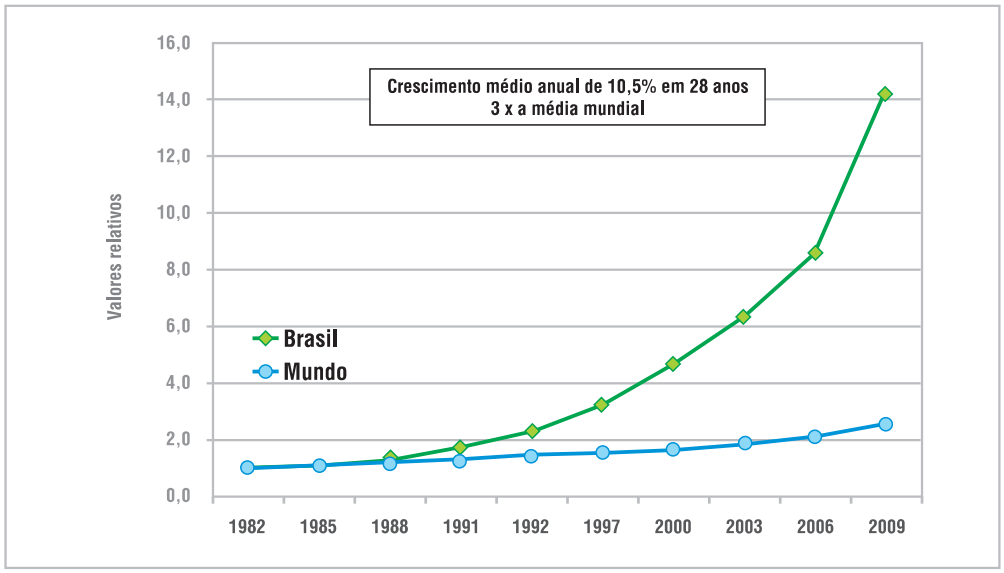


Figura 4 – Crescimento da produção científica brasileira em relação à mundial.

Fonte: *Thomson Reuters. National Science Indicators (NSI)*

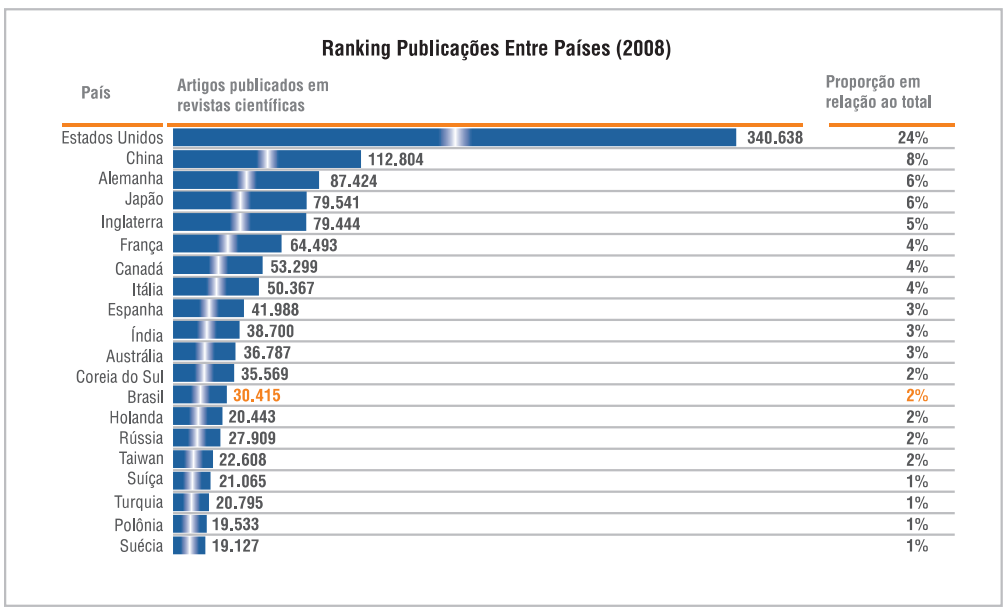


Figura 5 – Artigos publicados por país e proporção na produção mundial.

Fonte: *National Science Indicators / NSI*

Tabela 4 – Percentual de artigos indexados no International Science Index e impacto dos trabalhos em relação à média mundial (Dados ISI de 2008).

Áreas/Países	Brasil	China	Índia	Coreia do Sul	Japão	Alemanha
Ambiente & Ecologia	1,96 (-12)	3,84 (-51)	2,66 (-48)	1,57 (-33)	3,98 (-12)	6,26 (+22)
Biológicas	6,3 (-51)	6,26 (-47)	5,78 (-52)	9,05 (-41)	27,82 (-14)	26,64 (+16)
Ciências da Computação	1,05 (-31)	5,48 (-25)	1,72 (-33)	6,36 (-55)	5,53 (+1)	7,41 (+14)
Ciências Espaciais	2,05 (-31)	4,04 (-51)	2,55 (-48)	1,52 (-7)	7,05 (+14)	15,53 (+47)
Ciências dos Materiais	1,54 (-34)	11,56 (-22)	5,45 (-25)	6,24 (-9)	11,26 (+1)	7,13 (+30)
Engenharias	1,3 (-18)	6,89 (-23)	3,1 (-27)	4,6 (-23)	7,86 (-13)	5,68 (+20)
Farmacologia	2,48 (-35)	3,71 (-51)	3,37 (-41)	4,5 (-35)	11,24 (-21)	6,59 (+17)
Física	2,13 (-14)	9,15 (-36)	3,88 (-20)	4,41 (-35)	11,80 (+4)	10,81 (+41)
Matemática	1,82 (-11)	8,95 (-16)	1,63 (-37)	2,38 (-18)	5,16 (-15)	7,51 (+19)
Química	1,69 (-29)	8,29 (-36)	5,04 (-32)	3,18 (-47)	9,28 (+6)	7,89 (+27)

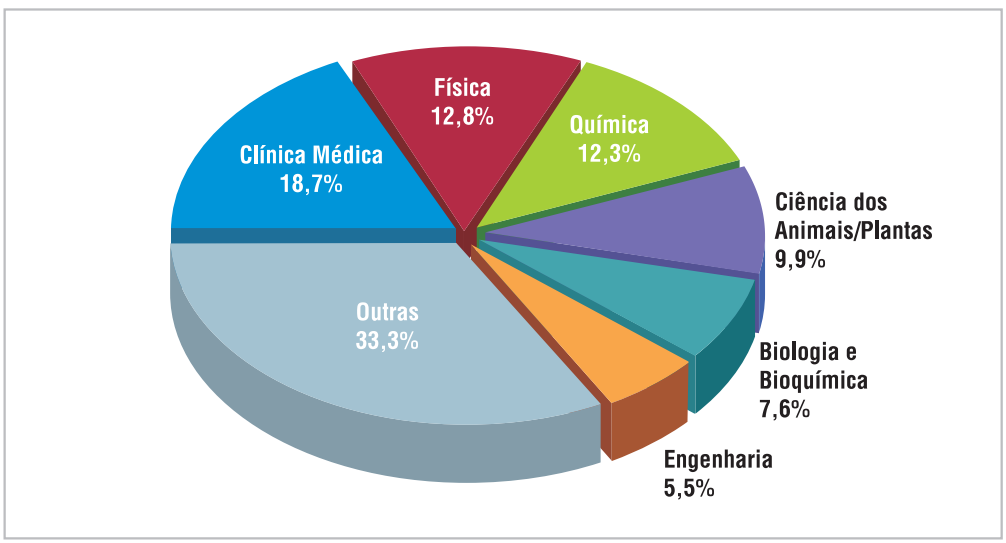


Figura 6 – Distribuição de artigos brasileiros por área indexados no International Science Index (Dados ISI de 2006).

Fonte: *Thomson Reuters. National Science Indicators (NSI)*

Tabela 5 – Universidades com maior número de programas de pós-graduação e respectiva produção científica.

Universidades	Programas de Pós-Graduação	Trabalhos publicados (2001 a 2005)	Participação na produção do País
USP	211	17.945	22%
UNESP	104	5.316	6%
UFRJ	85	6.494	8%
UFRGS	75	4.158	5%
UFMG	62	3.674	4%
UNICAMP	57	7.207	9%
UnB	57	1.609	1,8%
UFSC	52	1.878	2%
UFPR	50	1.802	1,9%
UERJ	39	1.725	1,9%

Fonte: Censo de Educação Superior do MEC/Capes – ISI-Thompson – Instituto Lobo

4.3 O sistema brasileiro de ciência, tecnologia e inovação

No atual estágio do desenvolvimento da pesquisa científica no Brasil, é importante manter os programas e elaborar novos que procurem expandir e consolidar o sistema nacional de C,T&I. Paralelamente, é necessário identificar e promover áreas estratégicas que são vitais ao crescimento do país, além de se manter e criar novos incentivos que fomentem atividades de P&D nas indústrias instaladas no país. O desenho atual de C,T&I elaborado pelo MCT vem preencher essa necessidade.

O esquema apresentado na Figura 7 retrata com fidelidade o sistema de C,T&I hoje em operação no Brasil. Na base da pesquisa brasileira estão os grupos de pesquisa e as redes temáticas, em grande parte instalados fisicamente nas universidades públicas. Logo acima está o programa dos Núcleos de Excelência – Pronex, resultado de parcerias do CNPq com as FAPs, que tem por objetivo gerar conhecimento científico-tecnológico em temas de relevância para o desenvolvimento do País. O recém-criado programa dos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCTs), que conta com

mais de 120 unidades, é uma iniciativa que se baseou na experiência anterior dos Institutos do Milênio. O objetivo dos INCTs é semelhante ao dos Núcleos de Excelência, mas sua operação é diferente: eles congregam grupos bem estabelecidos e com tradição em pesquisa com grupos novos e emergentes, muitos deles localizados em universidades recém-criadas e/ou afastadas dos centros mais desenvolvidos.

Os Núcleos de Inovação Tecnológica constituem uma ideia nova que começa a ser implantada e pode vir a ser um instrumento importante de fomento a setores industriais estratégicos para o país. Finalmente, os institutos do MCT, e também de outros ministérios, compõem um segmento importante do desenvolvimento científico e tecnológico do país, assim como os institutos de pesquisa tecnológica em âmbito estadual. Parte desse quadro forma o Sistema Brasileiro de Tecnologia (Sibratec), como destacado no esquema da Figura 7. O Sibratec tem como objetivo estabelecer uma ponte eficaz entre as unidades e redes geradoras de conhecimento e as empresas, visando impulsionar os índices de inovação, aumentar a produtividade e fortalecer a competitividade das empresas brasileiras no mercado global.

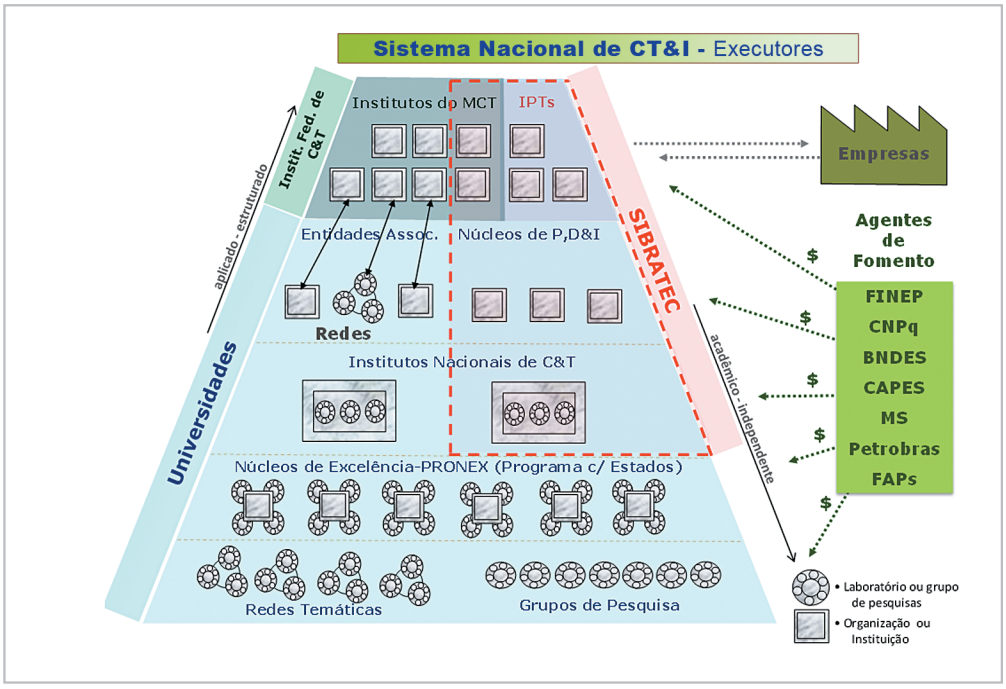


Figura 7 – Órgãos executores do sistema nacional de ciência, tecnologia e inovação.

A Figura 8 apresenta a estrutura do Sibratec. Sua base é constituída pelos Centros de Inovação, pelos Serviços Tecnológicos e pela Extensão Tecnológica. Os Centros de Inovação têm por objetivo desenvolver produtos, processos e protótipos com viabilidade comercial, a partir de conhecimentos científicos e tecnológicos. Seu desenho é o de redes formadas por unidades ou grupos de desenvolvimento pertencentes aos institutos de pesquisa tecnológica, centros de pesquisa ou universidades, com experiência na interação com empresas. As redes de Serviços Tecnológicos são compostas por laboratórios e unidades acreditadas que tenham sistema de gestão de qualidade já implantado. Sua atuação será de apoio a serviços de calibração, ensaios e análises que auxiliem as empresas no atendimento às exigências técnicas do mercado. A Extensão Tecnológica visa a solução de gargalos na gestão tecnológica, de projetos, de produção e comercialização de bens e serviços a micro, pequenas e médias empresas. É formada por uma rede de entidades com experiência em gestão e extensão tecnológica.

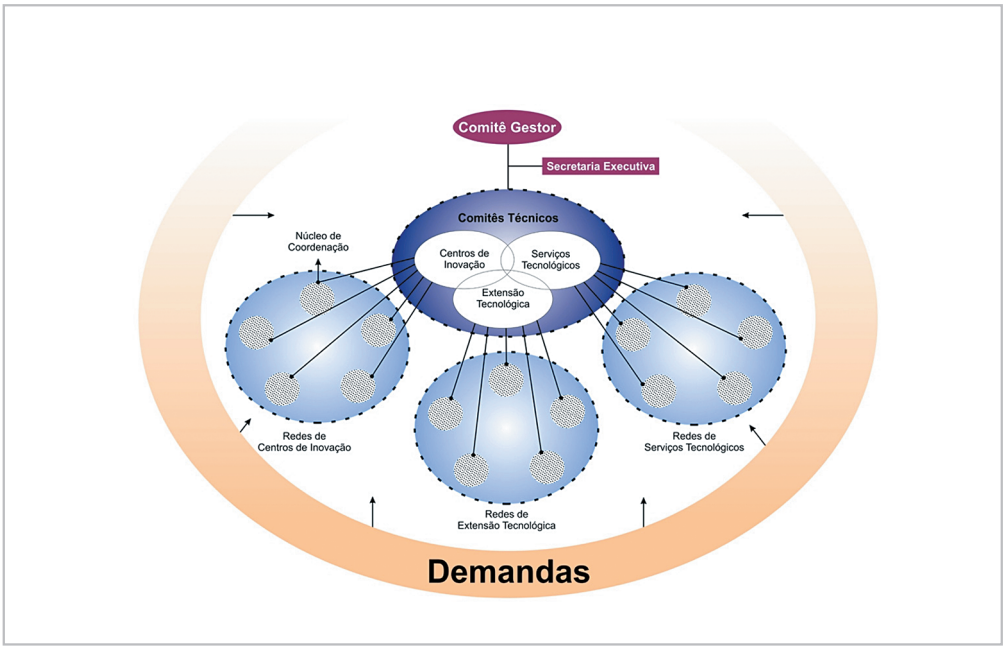


Figura 8 – Estrutura do Sistema Brasileiro de Tecnologia (Sibratec).

4.4 Recomendações

- Expandir o sistema de institutos de pesquisa do Ministério de Ciência e Tecnologia e também de outros ministérios (Saúde, Desenvolvimento, Defesa, etc.).
- Criar mecanismos para que as grandes empresas, sobretudo as multinacionais, instalem centros de P,D&I no Brasil.
- Manter a política de aumentar a porcentagem do PIB em C,T&I.
- Aperfeiçoar e consolidar o Sibratec.

Parte A

Educação e infraestrutura de C&T

Capítulo 5
Marco Regulatório

Rubens Naves*
Eduardo Pannunzio**

5.1 Introdução

Em obra recentemente lançada, o economista W. Brian Arthur explica que tecnologias podem ser compreendidas como *sistemas propositais (purposed systems)*, ou seja, meios para se alcançar um determinado propósito humano, a partir da exploração de um ou mais fenômenos revelados pela ciência. Geralmente, associamos o termo a fenômenos *físicos* (o motor de um automóvel, por exemplo, é baseado no fenômeno de que certas substâncias químicas produzem energia quando em combustão). No entanto, ele também se aplica a fenômenos *comportamentais*. Sistemas jurídicos, assim como sistemas monetários, entre outros, também são tecnologias.[1]

Se isso é correto, o marco regulatório brasileiro da ciência, tecnologia e inovação é, sob muitos aspectos, uma tecnologia ultrapassada, que destoa do patamar já alcançado pelo setor em nosso país. Ora, essa inadequação está nos meios empregados, que não conduzem aos objetivos definidos na legislação, ora o equívoco reside nos próprios propósitos, mais voltados a controlar do que a facilitar e estimular movimentos

*Autor: Rubens Naves, Advogado, sócio fundador de Rubens Naves, Santos Jr., Hesketh – Escritórios Associados de Advocacia, professor licenciado da Faculdade de Direito da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC/SP) e presidente do Conselho Consultivo da Fundação Abrinq. E-mail: <rn@rnaves.com.br>.

**Coautor: Eduardo Pannunzio, Advogado, sócio de Rubens Naves, Santos Jr., Hesketh – Escritórios Associados de Advocacia, doutorando na área de Direito do Estado na Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo. E-mail: <ep@rnaves.com.br>.

1 ARTUR, W. B. **The nature of technology: what it is and how it evolves**. London: Allen Lane, 2009.

de desenvolvimento científico e tecnológico. Como ocorre com toda e qualquer tecnologia, *inovação* é a chave para superarmos as disfuncionalidades do marco regulatório.

O presente capítulo tem por escopo, assim, apresentar sucintamente o panorama normativo do setor, identificar e discutir alguns de seus principais aspectos críticos e, ao final, formular algumas orientações que deveriam balizar os esforços de aperfeiçoamento regulatório – inovação – no futuro.

5.2 Panorama Regulatório

É difícil definir, sobretudo nos estreitos limites deste capítulo, os contornos do marco regulatório da ciência, tecnologia e inovação. Afinal, ele é composto por um conjunto muito diversificado e extenso de normas.

Na Constituição Federal, dois dispositivos integram o capítulo destinado ao tema: os artigos 218 e 219. O primeiro traça diretrizes para a atuação do Estado como agente promotor e fomentador do desenvolvimento científico, da pesquisa e da capacitação tecnológicas, cabendo destacar: (1) o desígnio de dirigir a pesquisa tecnológica para a solução dos problemas brasileiros e para o desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional[2]; e (2) a previsão de apoio e estímulo às empresas que invistam em pesquisa e criação de tecnologia adequada ao país[3]. O segundo cuida de estabelecer que o mercado interno será incentivado de modo a viabilizar, entre outras finalidades, a autonomia tecnológica do Brasil. Além disso, outras passagens do texto constitucional trazem normas relevantes para a ciência e tecnologia, como é o caso da seção referente à educação[4] ou do artigo 5º, que consagra uma série de direitos fundamentais atrelados à proteção da propriedade intelectual[5].

A partir da Constituição, é possível vislumbrar um "núcleo duro" de atos legislativos que conformam o marco regulatório do setor. Historicamente, destacam-se, no campo da biodiversidade, a Convenção sobre Diversidade Biológica (promulgada pelo Decreto nº 2.519/1998); do ensino superior, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (Lei nº 9.394/1996); da informática, a Lei da Informática (Lei nº 8.248/1991); da propriedade intelectual, a Lei da Propriedade Industrial (Lei nº 9.279/1996), a Lei das Cultivares (Lei nº 9.546/1997), a Lei da Propriedade Intelectual

2 Cf. Constituição Federal, art. 218, § 2º.
3 Ibid., art. 218, § 4º.
4 Ibid., art. 205 e ss.
5 Ibid., art. 5º, XXVII, XXVIII e XXIX.

de Programas de Computador (Lei nº 9.609/1998) e a Lei dos Direitos Autorais (Lei nº 9.610/1998), além dos tratados internacionais de que o Estado brasileiro é parte (Convenção de Berna, Convenção de Paris e Trips – Acordo sobre Aspectos dos Direitos de Propriedade Intelectual relacionados ao Comércio); e, no campo da gestão da ciência, tecnologia e inovação, a Lei de Licitações e Contratos Administrativos (Lei nº 8.666/1993), a Lei das Fundações de Apoio (Lei nº 8.958/1994), a Lei das OS – Organizações Sociais (Lei nº 9.637/1998) e a Lei das Oscips – Organizações da Sociedade Civil de Interesse Público (Lei nº 9.790/1999).

Na primeira década do século 21, esse núcleo legislativo foi enriquecido com a promulgação de cinco diplomas normativos de grande relevância: a Lei de Acesso à Biodiversidade (Medida Provisória nº 2.186-16/2001); a Lei de Inovação Tecnológica (Lei nº 10.973/2004); a Lei da Biossegurança (Lei nº 11.105/2005); a Lei do Bem (Lei nº 11.196/2005), que fixou incentivos fiscais para a inovação; e, recentemente, a Medida Provisória nº 495/2010, que estabeleceu preferência, nas contratações governamentais, para empresas que invistam em ciência, tecnologia e inovação, além de ter aperfeiçoado as normas aplicáveis ao relacionamento entre as fundações de apoio e as universidades ou instituições de ciência e tecnologia apoiadas.

Completa essa legislação um vasto número de atos infralegais, como decretos, resoluções e portarias.

5.3 Aspectos Críticos

Apesar dos avanços apontados na seção anterior, o marco regulatório ainda funciona, sob muitos aspectos, mais como um entrave do que como estímulo ao desenvolvimento da ciência, tecnologia e inovação no país. São inúmeros os problemas por trás dessa constatação; nos limites deste capítulo, contudo, é possível identificar sete principais aspectos críticos da legislação brasileira. Vejamos.

5.3.1 Regime de contratações e parcerias de ICTs

A maior parte da ciência e tecnologia brasileira é produzida, atualmente, no ambiente estatal, por universidades públicas e instituições governamentais de ciência e tecnologia, com o apoio das agências oficiais de fomento. Dessa forma, sempre que precisam adquirir insumos ou equipamentos, contratar serviços ou obras com terceiros, todas essas instituições estão sujeitas ao mesmo regime jurídico que se aplica aos

demais entes da administração pública: o da Lei Geral de Licitações e Contratos Administrativos (Lei nº 8.666/1993).

Essa ausência de autonomia dos atores estatais de ciência e tecnologia para definir normas de contratações adequadas às características suas e das atividades que desenvolvem é duplamente problemática.

De um lado, a necessidade de promover licitação pública, nos moldes da Lei nº 8.666/1993, implica a prática de inúmeros atos, com forma, ordem e prazo previamente estabelecidos. Essa burocracia faz com que os procedimentos de contratação se arrastem por meses a fio – demora esta que é potencializada pela possibilidade de os interessados formularem impugnações e recursos em todas as etapas do certame –, comprometendo a eficiência das instituições. É certo que, em algumas situações, a própria Lei Geral de Licitações e Contratos Administrativos autoriza a dispensa ou inexigibilidade da licitação[6]; no entanto, os órgãos de controle adotam interpretações extremamente restritivas em relação a essas exceções, o que desencoraja os agentes públicos a delas fazerem uso.

De outro lado, a circunstância de a lei já definir, de antemão, um conjunto de cláusulas e condições que devem constar do contrato administrativo tolhe a possibilidade de se ajustar o instrumento às peculiaridades do caso concreto. Assim, apesar de contratações na área de ciência e tecnologia envolverem, naturalmente, níveis diferenciados de complexidade e incerteza, os prazos contratuais não podem, via de regra, superar 60 meses[7]; o preço total não pode ser readequado, durante a execução do ajuste, além de um teto de 25%[8]; e é vedada a pactuação de pagamentos anteriores ao recebimento do bem ou serviço[9], entre outras determinações legais. O resultado é um padrão de contrato que não atende às necessidades do setor e que é refratário aos riscos inerentes a processos de inovação.

Esse cenário fica ainda mais preocupante na medida em que se observa que essas mesmas dificuldades são transpostas para atores privados de ciência e tecnologia quando, no âmbito de parcerias com instituições estatais, recebem recursos de origem pública.

O caso das fundações de apoio é emblemático a esse respeito. Não obstante

6 Cf. Lei nº 8.666/1993, arts. 24 e 25.
7 Ibid., art. 57, II. Excepcionalmente, esse prazo admite prorrogação por adicionais 12 meses, nos termos do § 4º do dispositivo. Destaque-se que, no caso de contratações diretas com fundamento no art. 24, IX, XIX, XXVIII e XXXI, da Lei nº 8.666/1993, o prazo contratual máximo é de 120 meses, conforme regra recentemente trazida pela medida provisória n. 495/2010.
8 Ibid., art. 65, § 2º. Esse limite é de 50% no caso particular de reforma de edifício ou equipamento.
9 Ibid., art. 65, II, "c".

sejam constituídas como entidades "de direito privado"[10], que não integram a administração pública, a Lei nº 8.958/1994 determina que, na execução de convênios, contratos, acordos e/ou ajustes que envolvam a aplicação de recursos públicos, sigam "a legislação federal que institui normas para licitações e contratos da administração pública, referente à contratação de obras, compras e serviços[11]". Promove-se, assim, uma disfarçada "estatização" das fundações, com inegáveis prejuízos às suas atividades e às das instituições que elas se destinam a apoiar.

Mesmo no caso de atores privados que possuem um regime jurídico especial, que lhes assegura autonomia para ditar suas próprias normas de contratações, como é o caso das Oscips[12] ou das OS[13], essa dificuldade se apresenta. Isso porque os órgãos de controle, ao analisar as prestações de contas dessas entidades, costumam interpretar seus regulamentos à luz das disposições da Lei nº 8.666/1993 ou dos princípios da administração pública, deixando de aplicá-los quando, a seu exclusivo juízo, forem conflitantes com estes.

5.3.2 Preferência nas compras governamentais

Em diversas partes do mundo, o Estado utiliza o seu poder de compra para estimular o avanço da ciência, tecnologia e inovação, concedendo vantagens a fornecedores que invistam nessas atividades. No Brasil, contudo, a licitação foi tradicionalmente vista como um mecanismo voltado, apenas, a selecionar a proposta mais vantajosa à administração pública, assegurando-se isonomia entre os interessados em contratar.

A Lei de Inovação Tecnológica (Lei nº 10.973/2004) tentou reverter essa situação ao estabelecer o princípio de "tratamento preferencial, na aquisição de bens e serviços pelo poder público, às empresas que invistam em pesquisa e no desenvolvimento de tecnologia no País[14]". Esse objetivo foi complementado pela Lei do Bem (Lei nº 11.196/2005), que alterou a Lei Geral de Licitações e Contratos Administrativos para prever que, em igualdade de condições, como critério de desempate, teriam preferência os bens e serviços "produzidos ou prestados por empresas que invistam em pesquisa e no desenvolvimento de tecnologia no País[15]".

10 Cf. Lei nº 8.958/1994, art. 2º.
11 Ibid., art. 3º, I.
12 Cf. Lei nº 9.790/1999, art. 14.
13 Cf. Lei nº 9.637/1998, art. 17.
14 Cf. Lei nº 10.973/2004, art. 27, IV.
15 Cf. Lei nº 8.666/1993, art. 3º, § 2º, com a redação dada pela Lei nº 11.196/2005, art. 118.

Ocorre que, diante da reduzida probabilidade de empate, especialmente no caso de licitações na modalidade pregão, essa previsão não teve impacto prático significativo.

A recente Medida Provisória nº 495/2010 foi mais ousada a este respeito, a começar pela iniciativa de incluir expressamente um terceiro objetivo da licitação, ao lado da obtenção da proposta mais vantajosa e do respeito à isonomia dos interessados: a "promoção do desenvolvimento nacional"[16]. Ao facultar a fixação de "margem de preferência" a produtos manufaturados e serviços nacionais, a medida provisória previu o estabelecimento de uma "margem de preferência adicional" para produtos e serviços "resultantes de desenvolvimento e inovação tecnológica realizados no País"[17], autorizando a Administração a contratá-los ainda que tenha de pagar por isso até 25% a mais do que o ofertado por outros concorrentes[18].

Para se tornar efetiva, contudo, essa inovação ainda depende de regulamentação do Poder Executivo.

5.3.3 Interação público-privada

A aproximação entre as instituições estatais de ciência e tecnologia e o setor privado é estratégica para o desenvolvimento do País. É ela que permite que o conhecimento produzido se traduza em novos e/ou melhores produtos e serviços, gerando ganhos econômicos e socioambientais para toda sociedade. Quanto a isto, porém, o desempenho brasileiro ainda está muito aquém do desejado – e o marco regulatório, certamente, contribui para esse estado de coisas. Três exemplos ajudam a ilustrar essa afirmação.

Em primeiro lugar, recorde-se que a Lei de Inovação possibilitou o estabelecimento de parcerias para realização de atividades de pesquisa científica e tecnológica e desenvolvimento de tecnologia, produto ou processo[19], chegando a autorizar a participação minoritária do Estado em sociedade de propósito específico (SPE) com outras empresas[20]. Existem muitas incertezas, porém, em relação aos direitos de propriedade intelectual resultantes de projetos comuns. No caso de parcerias, a lei prevê que essa questão será regulada em contrato[21], "na proporção

16 Ibid., art. 3º, com a redação dada pela Medida Provisória nº 495/2010, art. 1º
17 Ibid., art. 3º, § 8º, com a redação dada pela Medida Provisória nº 495/2010, art. 1º
18 Ibid., art. 3º, § 6º, com a redação dada pela Medida Provisória nº 495/2010, art. 1º
19 Cf. Lei nº 10.973/2004, art. 9º
20 Ibid., art. 5º
21 Ibid., art. 9º, § 2º.

equivalente ao montante do valor agregado do conhecimento já existente no início da parceria e dos recursos humanos, financeiros e materiais alocados pelas partes contratantes"[22] – o que é difícil quando se atenta à multiplicidade de participantes públicos em iniciativas do gênero e à resistência de suas consultorias jurídicas de abrir mão, ainda que parcialmente, da titularidade da propriedade da invenção para atores privados, sob a alegação de "indisponibilidade do interesse público"[23]. Já no caso de SPE, a receita da lei é a de que "[a] propriedade intelectual [...] pertencerá às instituições detentoras do capital social, na respectiva participação"[24]. Além da imprecisão terminológica (a propriedade intelectual é da SPE, e não de seus sócios ou acionistas), o dispositivo conflita com a sistemática da Lei de Propriedade Industrial, que remete a um contrato a definição dos percentuais de distribuição dos ganhos econômicos do projeto[25].

Em segundo lugar, note-se que, no âmbito de parcerias, é possível que haja necessidade de o parceiro público transferir tecnologia e/ou licenciar o uso ou exploração de criação sua para o parceiro privado. A Lei da Inovação admite isso[26]; no entanto, sempre que a contratação envolver cláusula de exclusividade – o que é demandado em grande parte dos casos –, determina a "publicação de edital"[27], dando margem à abertura de um processo seletivo aberto a terceiros que não integram a parceria. Ora, como imaginar que uma empresa irá aportar recursos ao projeto se o parceiro público não tem condições de lhe assegurar tal exclusividade?

Finalmente, em terceiro lugar, é preciso registrar que a Lei de Inovação vislumbrou a celebração de parcerias na modalidade de "encomenda tecnológica", ou seja, a contratação, pela administração pública, de "empresa, consórcio de empresas e entidades nacionais de direito privado sem fins lucrativos [...] visando à realização de atividades de pesquisa e desenvolvimento, que envolvam risco tecnológico, para solução de problema técnico específico ou obtenção de produto ou processo inovador"[28]. Entretanto, não alçou essa alternativa a hipótese de dispensa de licitação. Isto, somado à circunstância de o "risco tecnológico" a que se refere a Lei não ter sido objeto de regulamentação, dificultam o recurso a essa possibilidade.

22 Ibid., art. 9º, § 3º.
23 Cf. CGEE. Marco legal da inovação tecnológica: etapa 1: diagnóstico. Brasília: CGEE, 2009, p. 13-14.
24 Cf. Lei nº 10.973/2004, art. 5º, parágrafo único.
25 Cf. Lei nº 9.279/1996, art. 88 e ss.
26 Cf. Lei nº 10.973/2004, art. 6º.
27 Ibid., art. 6º, § 1º. Destaque-se que a própria Lei de Inovação acrescentou uma nova hipótese de dispensa de licitação, justamente para os casos de "contratação realizada por Instituição Científica e Tecnológica – ICT ou por agência de fomento para a transferência de tecnologia e para o licenciamento de direito de uso ou de exploração de criação protegida" (Lei nº 8.666/1993, art. 24, XXV, com a redação dada pela Lei nº 10.973/2004, art. 1º).
28 Ibid., art. 20.

5.3.4 Incentivos fiscais

Não há dúvidas de que a Lei do Bem promoveu um grande salto em matéria de incentivos fiscais à inovação tecnológica. Seu artigo 19, por exemplo, autoriza a exclusão, na determinação do lucro real (para fins de apuração do Imposto de Renda) e da base de cálculo da contribuição social sobre o lucro líquido (CSLL), do valor correspondente a até 60% da soma dos dispêndios realizados com pesquisa tecnológica e desenvolvimento de inovação tecnológica.

A principal limitação dos incentivos, contudo, é a de que aqueles baseados no Imposto de Renda e na CSLL continuam sendo acessíveis exclusivamente às empresas tributadas pelo regime de lucro real[29]. Embora responsáveis pela maior fatia da arrecadação desses tributos, numericamente elas constituem uma minoria. Isso significa que um amplo contingente de empresas, principalmente as de menor porte – que podem não ser relevantes do ponto de vista tributário, mas são fundamentais na perspectiva de inovação tecnológica –, não conta com estímulos fiscais específicos para o desenvolvimento de inovação.

Não bastasse isso, mesmo as empresas que podem abater os investimentos no cálculo do Imposto de Renda e da CSLL estão autorizadas a fazê-lo apenas no próprio período de apuração[30]. Assim, caso incorram em prejuízo fiscal ou lucro tributável inferior ao do montante a ser excluído, estão impedidas de transferir, para exercícios subsequentes, os valores não aproveitados no mesmo período em que os dispêndios ocorreram[31].

5.3.5 Acesso à biodiversidade

O Brasil contém 12% da biodiversidade mundial, sendo o país com maior diversidade biológica terrestre[32]. Pesquisas científicas e tecnológicas sobre esse fabuloso acervo podem contribuir não apenas para a sua própria conservação como, também, para identificar oportunidades de exploração econômica sustentável, em benefício das comunidades tradicionais e da sociedade em geral.

No entanto, a regulamentação do acesso à biodiversidade é bastante

29 Cf. Lei nº 9.532/1997, art. 10.
30 Cf. Lei nº 11.196/2005, art. 19, § 5º
31 Cf. CGEE, op. cit., supra, nota .
32 Cf. SBPC. Legisl. de ciência & tecnologia: diagnóstico e propostas de aperfeiçoamento. SP: SBPC, p.74 e ss.

complicada, constituindo, por vezes, verdadeiro entrave às atividades do pesquisador devido aos procedimentos altamente burocráticos para obtenção de autorização para o desenvolvimento de pesquisas[33].

Veja-se, a título de ilustração, que, de acordo com a Lei de Acesso (Medida Provisória nº 2.186-16/2001), o acesso e remessa de amostra de componente do patrimônio genético e de "conhecimento tradicional associado"[34] deve ser, a princípio, autorizado pelo Conselho de Gestão do Patrimônio Genético (CGEN)[35] ou pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), sob delegação daquele[36]. Além disso, sempre que houver perspectiva de uso comercial do material – o que nem sempre é possível precisar quando da encomenda ou início da pesquisa –, o acesso só poderá ocorrer após assinatura de "Contrato de Utilização do Patrimônio Genético e de Repartição de Benefícios"[37], o qual requer, inclusive, o consentimento das comunidades locais[38]. Somadas às exigências de detalhamento excessivo[39] e à demora no processamento das solicitações de autorização[40], essas determinações acabam por dificultar, quando não impedir, o acesso à biodiversidade.

Em realidade, percebe-se na Lei de Acesso uma preocupação pertinente, porém por vezes exacerbada, com relação às populações ribeirinhas, povoados indígenas e organizações que defendem seus direitos, face à inquietação demonstrada com a atividade dos pesquisadores no Brasil[41].

5.3.6 Cultura jurídica

Como talvez já tenha transparecido ao longo deste capítulo, boa parte dos problemas do marco regulatório da ciência, tecnologia e inovação deve-se nem tanto a falhas de legislação, mas à forma como ela é interpretada/aplicada. Esse é um fenômeno

33 Ibid.
34 Definido pela medida provisória como a "informação ou prática individual ou coletiva de comunidade indígena ou de comunidade local, com valor real ou potencial, associada ao patrimônio genético" (art. 7º, II).
35 Cf. Medida Provisória nº 2.186-16/2001, art. 11, IV, "a" e "b".
36 Observe-se que, de acordo com a Resolução CGEN nº 21/2006, alguns tipos de pesquisa científica são dispensadas de obtenção de autorização de acesso.
37 Cf. Medida Provisória nº 2.186-16/2001, art. 16, § 4º. A Orientação Técnica CGEN nº 6/2006 definiu o que se entende por "potencial de uso comercial", esclarecendo que ele é identificado "no momento que a atividade exploratória confirme a viabilidade de produção industrial ou comercial de um produto ou processo a partir de um atributo funcional desse componente".
38 Ibid., art. 27.
39 Cf. SBPC, op. cit., supra, nota , p. 86-87.
40 Ibid., p. 87-88.
41 Ibid., p. 83.

perceptível, especialmente na atuação dos órgãos de controle da administração pública, como os tribunais de contas.

Em geral, esses órgãos privilegiam um controle de índole burocrático-formalista, em que assume relevo a mera observância de ritos, em detrimento de um controle finalístico, focado nos resultados. Qualquer atitude do agente público que destoe dos procedimentos tradicionalmente adotados é vista com desconfiança e suspeição, ainda que tenha previsão legal e impacte de forma mais favorável ao interesse público do ponto de vista econômico ou socioambiental.

Ademais, diante de eventuais "irregularidades", prestigia-se a imposição de sanções aos sujeitos envolvidos, independentemente da existência de má-fé ou fraude. A opção por uma postura didática, de aprendizado mútuo e contínuo entre controlados e controladores, é geralmente posta de lado.

5.3.7 Governança

Por fim, mas não menos importante, cumpre chamar atenção para um problema que perpassa não apenas o atual marco regulatório do setor, mas as próprias iniciativas destinadas a aperfeiçoá-lo: a governança deficiente, gerando conflitos e sobreposição de atribuições entre diversas instâncias governamentais.

No ano de 2009, por exemplo, existiam pelo menos seis movimentos distintos de reformulação da legislação de ciência e tecnologia, apenas no âmbito federal[42].

42 Cf. CGEE, op. cit., supra, nota .

5.4 Recomendações

Em vista das considerações acima apresentadas, alguns dos nortes que deveriam orientar as medidas de melhoria do marco regulatório do setor são:

- Maior autonomia para as universidades, instituições de ciência e tecnologia e agências de fomento estatais, bem como para as fundações de apoio – especialmente no que se refere ao estabelecimento de normas de contratações e parcerias –, em troca de maior rigor no controle dos resultados alcançados.
- Adoção de presunção de legitimidade das escolhas e decisões do agente público ou do agente privado que administre recursos de origem pública, as quais poderão ser impugnadas pelos órgãos de controle apenas no caso de literal violação de dispositivo de lei ou contrato.
- Estímulo à celebração de termos de ajustamento de conduta pelos órgãos de controle, reservando-se a aplicação de penalidades para os casos em que houver comprovada fraude ou má-fé do agente.
- Regulamentação da previsão de margem de preferência, nas compras governamentais, para produtos manufaturados e para os serviços nacionais resultantes de desenvolvimento e inovação tecnológica realizados no País.
- Previsão da possibilidade de a empresa abater dispêndios com pesquisa tecnológica e desenvolvimento de inovação em períodos posteriores ao da apuração do Imposto de Renda e da CSLL, em caso de prejuízo ou lucro insuficiente.
- Criação de incentivos fiscais para micro, pequenas e médias empresas que invistam em pesquisa e desenvolvimento tecnológico, independentemente do regime de tributação adotado.
- Simplificação e agilização dos procedimentos de acesso à biodiversidade, revendo-se a legislação para promover um melhor equilíbrio entre os interesses socioambientais e os do desenvolvimento científico e tecnológico.
- Integração das diversas iniciativas governamentais e não-governamentais de aperfeiçoamento do marco regulatório da ciência, tecnologia e inovação, com a definição e implementação de uma agenda comum prioritária.

Parte A

Educação e infraestrutura de C&T

Capítulo 6
Parques científicos e tecnológicos

Paulo C. Goulart De Miranda* e
Andréa Francomano Bevilacqua**

6.1 Introdução

Importante indicador de sucesso de uma nação na economia internacional globalizada é sua participação nos fluxos comerciais internacionais. E os produtos de maior destaque na pauta de comércio passaram a ser aqueles intensivos em tecnologia. Outro importante indicador, segundo Porter[1], refere-se à capacidade competitiva de uma nação, que depende da capacidade de suas empresas inovarem permanentemente.

É nesse cenário que as políticas de inovação tecnológica assumem condição de uma maior competitividade e, consequentemente, a um maior nível de exportações, estando as novas políticas daquela relacionadas às de promoção destas.

Uma forte articulação entre as políticas comercial, industrial e tecnológica, com participação dos governos na promoção dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D), e a combinação de políticas de cunho horizontal e

*Autor: Paulo C. Goulart De Miranda, graduado em Management and Technology pela Universidade de Maryland, EUA, e mestre em Public Administration & Public Policy, MPP, pela Universidade de Syracuse, Maxwell School, NY, EUA, é diretor de Planejamento do Parque Tecnológico São José dos Campos. E-mail: <paulo@pqtec.org.br>.

**Coautor: Andréa Francomano Bevilacqua, advogada, mestre em Planejamento Urbano e Regional pela UNIVAP, é assessora jurídica do Parque Tecnológico São José dos Campos. E-mail: <francomano@uol.com.br>.

1 PORTER, M.E. The Competitive Advantage of Nations. New York: Free Press, 1990.

vertical/setorial, visando a adaptação das empresas às novas tecnologias portadoras de futuro via, principalmente, incentivos aos dispêndios em P&D, são as características de competitividade que devem ser perseguidas pelas nações.

Nesse contexto, os parques científicos e tecnológicos (PCTs)[2], em que pese possuírem diversas definições (vide texto em destaque), apresentam-se como uma alternativa de peso à promoção das políticas para a competitividade, posto que em suas várias definições e classificações esse é o ponto de convergência entre todas[3].

6.2 Parques científicos e tecnológicos no mundo

> Parque Científico e Tecnológico é organização gerida por profissionais especializados, cujo objetivo fundamental é incrementar a riqueza de sua comunidade, provendo a cultura da inovação e da competitividade das empresas... um parque científico estimula e gere o fluxo de conhecimento e tecnologia entre universidades, instituições de pesquisa, empresas e mercado; promove a criação e o crescimento de empresas inovadoras mediante mecanismos de incubação e de spin-off e proporcional outros serviços de valor agregado... — definição dada pela IASP.

No início da década de 40 do século passado, a conceituada Universidade de Stanford, na Califórnia, não figurava entre os maiores centros de excelência em engenharia dos Estados Unidos. Tampouco se inseria no grupo de universidades denominadas *Ivy League*[4] e não possuía institutos de tecnologia consagrados. Desde o final do século XIX a universidade era conhecida pela excelência na área de humanas e pela sua escola de agricultura. Após o falecimento do seu fundador, Leland Stanford, em 1893, e do devastador terremoto que assolou São Francisco já no início de século XX, a Universidade passava por sérias dificuldades financeiras e, para muitos, seu futuro era incerto do ponto de vista de sua contribuição para os avanços que logo viriam consagrá-la como berço dos parques científicos e tecnológicos do mundo. Mas em 1939 uma parceria entre dois colegas dessa mesma

2 Na extensa literatura disponível no mundo sobre o tema central tratado neste capítulo existem diferentes terminologias para referir-se ao conceito «parque tecnológico». Optou-se pela terminologia «Parque Científico e Tecnológico» (PCT) para dar maior destaque, ainda que no Brasil o termo «parque tecnológico» seja mais frequentemente utilizado e apareça também neste texto.

3 A expressão adotada para identificar e tratar da questão dos PCTs é a definição proposta pela International Association of Science Parks – IASP, pois engloba elementos mais abrangentes encontrados em outras definições como, por exemplo, ANPROTEC, APTE, AURP, UKSPA e UNESCO.

4 As universidades americanas que conformam esta liga são: a Brown University, a Universidade de Columbia, a Universidade de Cornell, o Dartmouth College, as Universidades de Harvard e Princeton, a Universidade da Pensilvânia, e a Universidade de Yale.

universidade dava início ao que seria uma das maiores histórias de sucesso até hoje reveladas: a aventura de Bill Hewlett e David Packard.

Em 1951, ano em que no Brasil foram instituídos a Capes e o CNPq, o surgimento do parque de pesquisa Stanford Research Park destacou e promoveu aquela universidade na formação de um novo modelo de desenvolvimento industrial local, dando um forte impulso à competitividade e economia da região hoje conhecida como o Vale do Silício. Essa iniciativa fomentou o nascimento de novos mecanismos de transferência de conhecimentos gerados nos laboratórios da Universidade para empresas privadas. Mais do que isso, criou condições de formar empreendedores em áreas industriais de alta intensidade tecnológica, e muitos deles foram jovens talentos pós-graduados na Universidade de Stanford e em outras universidades da região. Por seu pioneirismo e sucesso, o Stanford Research Park é consagrado como "a Meca" dos parques no mundo. Essa iniciativa revolucionaria, para sempre, as discussões sobre ciência, tecnologia e inovação como diferencial competitivo para qualquer sociedade industrialmente avançada.

Esse mesmo fenômeno surgido em Stanford transferia-se para a Europa mais ou menos uma década depois quando, entre 1968-69, na cidade de Edimburgo, Escócia, deu-se a instalação de um empreendimento muito similar a um modelo típico de parque tecnológico, voltado às atividades de engenharia na Universidade de Heriot-Watt. Este foi seguido por outras destacadas iniciativas, com os parques de Louvain-la-Neuve, na Bélgica, e dois outros na França, um em Grenoble-Meylan e o prestigiadíssimo parque de Sophia Antipolis, perto da cidade de Nice, que viria promover um exitoso modelo de desenvolvimento baseado na competitividade, envolvendo um estreito relacionamento entre empresas intensivas em conhecimento, como a IBM e a Texas Instrument, relacionando-se com instituições terciárias já existentes na região mais oriental da Riviera francesa. E, finalmente, não se pode deixar de reconhecer, tal como foi o sucesso do parque de Stanford, o exuberante modelo do Research Triangle Parque, na Carolina do Norte, EUA, criado em 1959 e que representou um momento irreversível, e portanto histórico, no progresso econômico e tecnológico daquele, até então, pobre estado da federação americana.

"...a significant transformation has taken place with regard to the importance of and the role played by Science and Technology Parks over the last ten years. This transformation is due to the creation of innovation networks and to economic development as the fundamental element in the process of globalization... and innovative capacity of our societies." — Manuel Castells, Bilbao, Espanha, 2001.

O *boom* dos parques científicos e tecnológicos na Europa ocorreu a partir da segunda metade da década de 1970 até, mais ou menos, final dos anos 1980 e início de 1990. Este próspero período facilitou uma rápida transição para a região da Ásia-Pacífico, chegando ao Japão com o conceito mais próximo ao francês, de *technopoles,* seguidos de iniciativas quase simultâneas na Austrália, Cingapura, Taiwan e Coreia do Sul. A partir daí, a evolução de modelos e novas gerações de PCTs na Europa incluiriam Alemanha, Espanha, Itália, Holanda, um pouco depois Portugal, e os países escandinavos, quase todos se transformando em polos de desenvolvimento local e regional com forte apelo aos arranjos (ou *clusters*) de inovação tecnológica e competitividade.

Até hoje, é possível traçar a história dos PCTs e a evolução de todas as outras formas de aglomerações produtivas que envolveriam relações entre universidades e empresas, referenciando-nos aos acontecimentos ocorridos em Stanford ainda na primeira metade do século XX (Figura 1). Os PCTs beneficiaram-se de uma nova conjuntura econômica, ligada a um novo momento de desenvolvimento nos países em fase de expansão industrial. Nesse período, esses empreendimentos prosperaram com rapidez, tornando-se elementos centrais nas estratégias de expansão econômica desses países, onde a existência de uma forte base científica e empresarial provocava mudanças importantes para a sociedade.

Em um primeiro momento, essa evolução fortalece a visão de que os PCTs acompanhavam o desenvolvimento econômico e comercial, e privilegiavam as transformações tecnológicas do período pós-Segunda Guerra Mundial. No entanto, seus

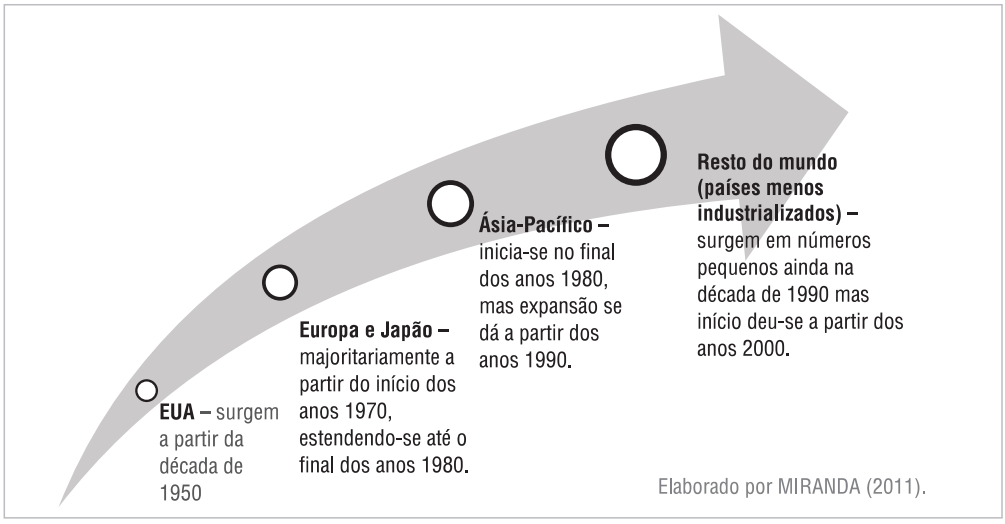


Figura 1 – Trajetória do surgimento de PCTs no mundo.

primeiros fundamentos mais sólidos surgiram só a partir do final dos anos 1960, quando esses empreendimentos posicionavam-se mais próximos à contemporaneidade do mundo globalizado, conectado a uma nova percepção sobre o valor do capital humano – empreendedor – que gera as mais perceptíveis, se não mais impactantes e criativas inovações em uma sociedade. Trata-se, portanto, do que Peter Drucker (2000)[5] viria a defender como a *economia do conhecimento* – muito embora ele mesmo reconhecesse que este conceito teria sido já tratado pelo economista Fritz Machlup, em 1962.

O fato é que hoje, no âmbito da indústria dos parques tecnológicos no mundo, mais do que nunca, esses empreendimentos são reconhecidos como elementos, como mecanismos perfeitamente idôneos para a economia [globalizada] do conhecimento, para a era em que o uso e a apropriação intensiva de informação e conhecimento refletem no DNA de uma empresa inovadora e, ao mesmo tempo, evocam essência para a diferenciação e competitividade nesta nova sociedade do conhecimento.

O sucesso dos distintos modelos de parques tecnológicos que surgiram no mundo de forma espontânea, como foram Stanford e Grenoble-Meylan, ou de forma mais induzida, como foi Sophia-Antipolis, ensejou uma nova forma de entender esse fenômeno baseado no conceito da «hélice tríplice» (Figura 2), enraizando, ainda mais, a noção de que os PCTs são, hoje, mecanismos consolidados de desenvolvimento econômico e social e plataformas dinâmicas de avanço científico-tecnológico nos países mais competitivos atualmente. Em qualquer análise que se possa tecer sobre os distintos modelos de PCTs existentes hoje, é possível detectar a presença do trinômio das hélices definidas por Etzkowitz e Leydesdorff – governo, universidade e indústria (2002)[6].

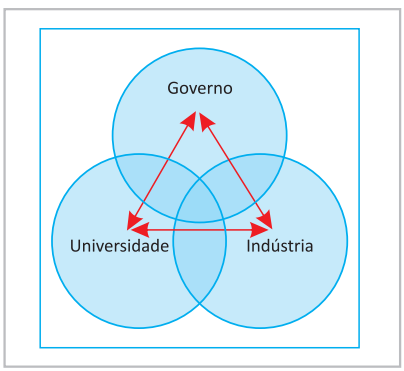


Figura 2 – Representação da hélice tríplice.

5 DRUCKER, P. F. The Age of Discontinuity: guidelines to our changing society. *New Brunswick: Transaction Pubs*, Third Printing, 2000.
6 ETZKWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. Universities and the Global Knowledge Economy: A Triple Helix of University-Industry-Government Relations. *Science, Technology and International Political Economy*, Ap. 2002.

6.3 A base do movimento brasileiro de parques tecnológicos e incubadoras de empresas

No *Atlas da Inovação*[7] sobre PCTs e incubadoras de empresas, publicado em 2009 pela WAINOVA, consta que o mundo conta hoje com cerca de 1.100 a 1.200 parques e mais de 3.000 incubadoras de empresas de base tecnológica, sendo que a grande e mais relevante parcela aparece nos EUA e na região da União Europeia.

Nessa avultada obra o Brasil está, numericamente falando, bem representado com inserção de dados detalhados sobre 23 parques tecnológicos em operação ou em fase avançada de implantação, além das 400 incubadoras de empresas – o que confirma as informações da Anprotec[8] a respeito do protagonismo do movimento brasileiro.

> Parques tecnológicos têm como missão prover a "inteligência", a infraestrutura e os serviços necessários ao crescimento e fortalecimento das empresas intensivas em tecnologia... tornando-as mais competitivas e com maior valor de mercado. — ANPROTEC

Mas, ainda que este dado revele uma cartografia legítima dentro de nossas fronteiras, fora, o ambiente da inovação e competitividade no qual PCTs e incubadoras de empresas, em todo mundo, são essenciais, aponta em outra direção: aqueles países que investiram sistematicamente na melhoria, alavancagem e aperfeiçoamento dos ambientes de empreendedorismo e fomento à inovação tecnológica não só conseguiram consolidar seus PCTs e incubadoras como plataformas de desenvolvimento econômico, mas tornaram-se tecnologicamente mais competitivos.

Ainda que em um grau inferior, considerando o fato de que a experiência brasileira com os parques tecnológicos deu-se tardiamente, situação similar poderia dar-se no Brasil em futuro não tão distante, basta olharmos para alguns dados – neste caso, sobre o que tem representado o papel das incubadoras de empresas – para vislumbrar como esta transformação poderia ocorrer hoje (Figura 3).

Mas foi a partir do cenário surgido nos anos 1980, juntamente com outros países em desenvolvimento, que o Brasil começou a dar uma contribuição mais

7 Título original: *WAINOVA – World Atlas of Innovation*: science/technology/research parks and business incubators in the world"; 2009 Ten Alps Publishing: UK.
8 ANPROTEC – Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores representa o movimento do empreendedorismo inovador no Brasil.

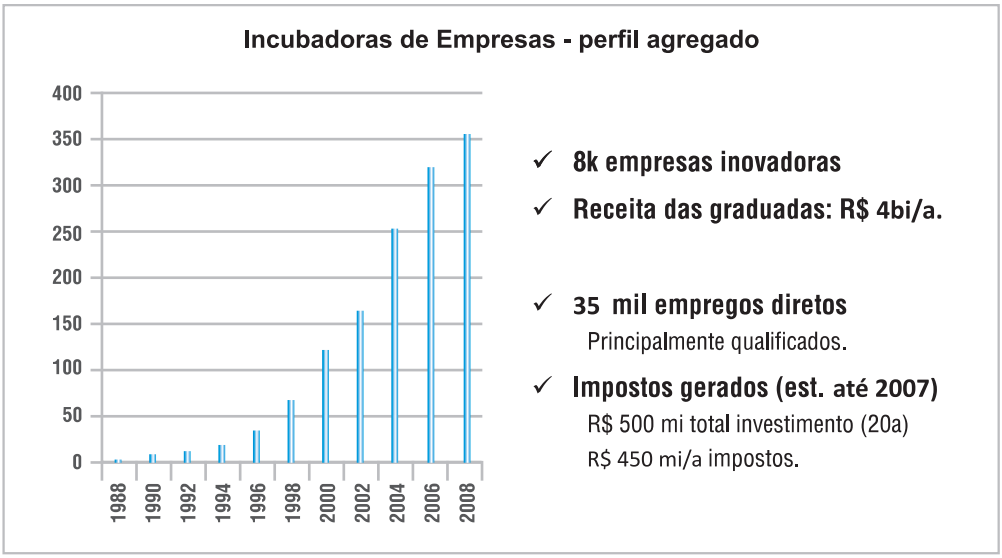


Figura 3 – Evolução e perfil das incubadoras de empresas no Brasil.

substantiva na composição desta nova cartografia, hoje enraizada em praticamente todas as regiões brasileiras (Figura 4), adquirindo uma identidade própria, contribuindo para despertar a cultura do empreendedorismo inovador no país.

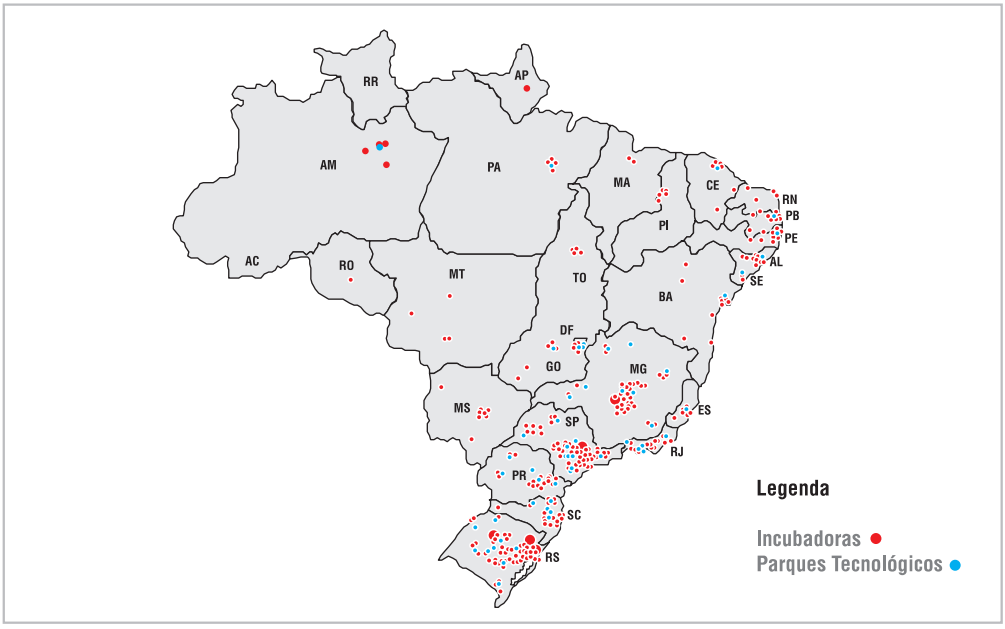


Figura 4 – Distribuição geográfica das incubadoras e parques tecnológicos.

Em quatro décadas, cerca de 300 parques científicos e tecnológicos já operavam em todo o mundo – a Europa contava com 140 parques, enquanto que nos EUA mais de 70 grandes iniciativas já prosperavam.

Em 1984 a Europa contava com 26 parques em plena operação[9] e foi nesse mesmo ano que o Brasil começou, timidamente, a ensaiar uma estratégia baseada no desenvolvimento científico-tecnológico envolvendo universidades e centros de pesquisa que pudesse despertar a competividade da sua economia. Com a visão aguda e empreendedora do então presidente do CNPq, Lynaldo Cavalcanti de Albuquerque, institui-se no país o Programa de Implantação de Parques de Tecnologia.

Os primeiros projetos a receber apoio desse programa estavam localizados em Campina Grande (PB), Joinville (SC), Manaus (AM), Petrópolis (RJ), Santa Maria (RS) e São Carlos (SP). Como todo projeto audaz e visionário, o risco de surgir fora do seu tempo é sempre muito grande, por isso algumas dessas iniciativas não prosperaram como se esperava, mas abriram um novo horizonte para que o país pudesse explorar novas alternativas de desenvolvimento. Por outro lado, como todo empreendimento de risco, houve, também, aqueles que progrediram e hoje trazem significativos retornos à sociedade, como foram os casos dos parques de tecnologia em Campina Grande, na Paraíba, e de São Carlos, em São Paulo, ambos ligados a conceituadas instituições de ensino e pesquisa. Inspirariam, em seguida, outras importantes iniciativas.

Mas se por um lado e naquele momento a visão de se instalar no Brasil um programa de apoio a parques de tecnologia inspirado nas experiências europeias não prosperou em número de empreendimentos, gerou, por outro, um irreversível processo de mudança de mentalidade de lideranças científicas e acadêmicas no país. A marcante contribuição foi dada àquelas lideranças que enxergavam o enorme potencial nas relações envolvendo universidade e centros de pesquisa com segmentos mais abertos na indústria brasileira.

Isto propiciou, no âmbito destas instituições, que o "vírus" do empreendedorismo inovador se propagasse. Olhando por este viés, aquela Resolução histórica adotada pelo CNPq em 1984 viria a transformar-se em outra experiência muito mais determinante para a realidade atual, ao estender-se em iniciativas de apoio às incubadoras de empresas de base tecnológica dentro do ambiente universitário com forte vocação tecnológica, como foram os casos de Florianópolis (SC), junto à UFSC, no Rio de Janeiro, junto à UFRJ, e de outros centros acadêmicos.

9 Dados extraídos de documentos próprios do autor e em consulta à IASP/WAINOVA (2008).

É nesse ambiente das instituições de ciência e tecnologia (ICTs) que, num segundo momento, já no final dos anos 1990, floresce a experiência brasileira envolvendo novas iniciativas de parques tecnológicos. Atraídas pelo sucesso da implantação e expansão do movimento de incubadoras tecnológicas no país e pela consolidação dos resultados gerados em outros países, além de um cenário macroeconômico mais favorável, a retomada e a implantação de iniciativas dessa envergadura tomaram, a partir de 2000, uma nova dimensão e rumo.

Um conjunto de desafios irremediáveis à realidade brasileira favoreceu muito a "chegada" desse novo momento: a dimensão ambiental e territorial da sustentabilidade, a corrida para a inovação tecnológica, a crescente ameaça de competitividade de empresas emergentes e globais e a necessidade de se dar uma resposta efetiva aos caminhos do desenvolvimento do país no âmbito regional.

Algumas das iniciativas de PCTs que começaram a prosperar rapidamente com operações iniciadas no final dos anos 1990 até o início de 2003, foram: o Parque Tecnológico do Rio de Janeiro, ligado à Coppe/UFRJ, o Polo de Informática de São Leopoldo e o TECNOPUC, ambos no Rio Grande do Sul, o Sapiens Parque, em Florianópolis, o Porto Digital, no Recife, o SergipeTec, em Aracaju, e o Parque Tecnológico da Univap, em São José dos Campos. A partir daí outros projetos começaram a ganhar força e importância regional, como: cinco principais iniciativas do governo de Minas Gerais em parceria com as universidades federais em Belo Horizonte, Juiz de Fora, Lavras, Itajubá e Viçosa; os projetos prioritários dentro do Sistema Paulista de Parques Tecnológicos, envolvendo as cidades de São Paulo, Campinas, Ribeirão Preto, São José dos Campos, São Carlos, Piracicaba e Sorocaba; o parque tecnológico em Itaipu, no Paraná; o Parque Científico e Tecnológico ligado à Universidade de Brasília; o TecnoVia, em Salvador e outros projetos, já iniciados, mas ainda em estágio embrionário.

Entre 2007 e 2008, a Anprotec, associação nacional que representa o movimento do empreendedorismo inovador no Brasil, realizou, em parceria com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), um dos mais inovadores e abrangentes trabalhos sobre o cenário e perspectivas da indústria dos parques tecnológicos em um país da atualidade.

O trabalho, intitulado *Parques Tecnológicos no Brasil – Estudo, Análise e Proposições* (2008)[10], representa uma expressiva contribuição ao ambiente de PCTs em todo o mundo, recebendo amplo reconhecimento internacional. Sua essência está na

10 *Parques Tecnológicos*: Estudo, Análise e Proposições (2008), elaborado pela ANPROTEC para a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, ABDI, e Ministério de Ciência e Tecnologia, MCT.

densa leitura sobre o panorama e evolução desta indústria e em uma avaliação precisa sobre os desafios, problemas e realizações no cenário nacional.

Como fruto desse trabalho, hoje é possível entendermos melhor não só as dificuldades para deslanchar uma ação de apoio aos parques no País, mas como seria possível viabilizar, de forma clara e efetiva, uma ruptura na inércia e nas ações dos agentes públicos e dos obstáculos que inibem o interesse dos agentes privados, apontando para um *roadmap* de proposições e alternativas que contribuiriam no fortalecimento de um novo ambiente de fomento à inovação tecnológica e competitividade do país.

Hoje detectamos muitas iniciativas de parques tecnológicos, números que podem ultrapassar 70 projetos, em diferentes estágios, segundo levantamento feito pela Anprotec em 2007[11]. Só no Estado de São Paulo, em 2010, foram contabilizadas pela Secretaria de Desenvolvimento 30 iniciativas dentro do chamado SPTec – Sistema Paulista de Parques Tecnológicos[12]. Todos estes empreendimentos já dão sinais de que é possível analisar de forma mais rigorosa a existência de características e estratégias a um nível de detalhamento que permitiria avaliar o grau de risco, níveis de desenvolvimento de cada iniciativa, seus respectivos perfis tecnológicos e perspectivas de investimento.

Algumas das características que historicamente contribuíram para lançar as bases do empreendedorismo inovador na década de 1980 evoluíram ao ponto de configurarem os elementos que, hoje, mais propulsionam esta indústria emergente no país. Talvez o Brasil seja o único país do mundo cujo papel das incubadoras tecnológicas – e seu respectivo sucesso – está 100% vinculado à evolução das iniciativas de parques científicos e tecnológicos.

Outra característica marcante relacionada ao perfil dos PCTs brasileiros e, consequentemente, ao seu avanço no Brasil, é o modo como esses empreendimentos se relacionam com estratégias regionais que possam imprimir maior vigor econômico e tecnológico no âmbito local. Também é marcante, se não decisivo, o contínuo avanço de dezenas de universidades brasileiras, bem-sucedidas no relacionamento com empresas e nos programas de transferência de tecnologia ao setor privado, que têm contribuído para surgimento das dezenas de iniciativas conhecidas hoje.

Ao mesmo tempo, o setor público, em maior ou menor medida, por meio de suas empresas e entidades estatais, tais como a Embrapa, a Petrobrás/Cenpes, o Inpe, o

11 Publicação: Portfolio de Parques Tecnológicos no Brasil (dezembro 2008), elaborado pela ANPROTEC.
12 Documento: Parques Tecnológico: SPTec – Sistema Paulista de Parques Tecnológicos. Secretaria de Desenvolvimento, Governo do Estado de São Paulo (2010).

Inmetro e outras, também vem exercendo um papel relevante no apoio ao nascimento dessa indústria no país. Mais recentemente, podemos observar o papel ativo de alguns governos municipais na montagem de projetos de desenvolvimento de programas de parques tecnológicos.

Apesar do ambiente mais favorável aos investimentos, o que se percebe hoje é que a iniciativa privada tem dado poucos sinais à participação direta e ao crescimento dos PCTs no país. Este quadro se deve, em parte, ao caráter efetivamente "emergente" da indústria de parques no Brasil. Em que pese um conjunto de medidas existentes de estímulo à inovação para a participação do setor privado, esse ambiente mais favorável continua a impor obstáculos à participação do capital privado em empreendimentos ou atividades dessa natureza[13].

Mesmo assim, a presença do capital privado já é importante em alguns parques brasileiros. Ainda que os investimentos públicos não tenham alcançado níveis desejados – hoje o país precisaria de pelo menos R$ 500 milhões em investimentos diretos para atender às demandas dos principais parques brasileiros[14] –, e isso leva a certa retração para o amadurecimento da indústria, os investimentos privados já surtem efeito em um bom número de grandes empresas residentes em parques no país.

Sabemos que há fatores estruturantes no marco regulatório existente que precisam ser trabalhados, ou até removidos, pois inibem a participação direta do capital privado como agente financiador dentro de um modelo de negócio envolvendo parques tecnológicos.

A maior atração do capital privado irá requerer regras mais claras e estáveis, com uma consistência jurídica de longo prazo. Contudo, é possível verificar que as bases e o perfil do movimento de parques tecnológicos são reais, o que demonstra de fato que a indústria de parques está emergindo no Brasil. Para que o país ganhe mais competitividade, é preciso consolidá-la.

13 Remete-se nesse ponto à abordagem tratada no capítulo "Como o Brasil pode Estimular a Inovação" na seguinte obra: *Conhecimento e inovação para a competitividade*, publicada pelo Banco Mundial em parceria com a Confederação Nacional da Indústria (CNI) – Brasília:2008.

14 Dados sugeridos no estudo elaborado pela Anprotec (2008).

6.4 Brasil e os PCTs: consolidação necessária

A estabilização macroeconômica atrelada ao controle inflacionário, a liberalização das telecomunicações, a universalização da saúde somada aos vultosos esforços na área da educação, a revolução do agronegócio e outros avanços nas questões ambientais vão apontando em direção à consolidação da democracia e fazem com que a sociedade brasileira clame por um Brasil mais moderno, mais competitivo e, sobretudo, mais sustentável , social e regionalmente menos assimétrico.

Por outro lado, o país avança lentamente na eficiência de suas instituições, nos mecanismos de fomento à produtividade, nas questões de segurança pública e na gigantesca deficiência de sua infraestrutura. Mas para que um país jovem como o Brasil se torne mais competitivo, esta visão de avanço passa por inúmeras dimensões e requer uma extensa e consistente participação de todos os segmentos da sociedade.

Na quarta edição da Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, realizada em Brasília em maio de 2010, esta visão de avanço também foi objeto de aberta reflexão e avaliação. Nas centenas de recomendações que resultaram dessa grande mobilização nacional, reunidas no *Livro Azul da 4ª CNCTI*, retratou-se de forma objetiva a necessidade de se fortalecer e consolidar "a ambiência para a inovação" no país[15].

Os PCTs e as incubadoras de empresas são elementos que merecem destaque no ambiente de C,T&I e aspiram tornar-se protagonistas desse processo como postos de mudança e progresso capazes de injetar força na expansão da economia do país. Está no cerne desses empreendimentos criar situações de avanço que estimulem distintas parcerias envolvendo vários segmentos da sociedade. Esse tipo de postura "agressiva" espelha o conceito apresentado por Prahalad e Ramaswamy (2004)[16] quando abordam a questão da competitividade sob a óptica das relações entre produtores e consumidores como um elo entre a cooperação e a concorrência.

Dentro do ambiente de parques tecnológicos, incubadoras de empresas e de iniciativas de promoção do empreendedorismo no Brasil também há concorrência, mas a ideia sobre a «cooperação competitiva» está cada vez mais crescente, contribuindo

15 Consolidação das recomendações da 4ª Conferência Nacional de Ciência e Tecnologia e Inovação (CNCTI) para o Desenvolvimento Sustentável; Conferências nacional, regionais, e estaduais e Fórum Municipal de C,T&I – Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia/Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010.

16 PRAHALAD, C.K.; RAMASWAMY, V. The Future of Competition: co-creating unique value with costumers; Boston, Massachusetts, HBSP, 2004.

com um novo patamar nas relações de cooperação desse tipo de empreendimento e nas empresas [residentes] e negócios voltados a gerar mais inovação tecnológica, mais competitividade, maior geração de riqueza e, também, melhor posicionamento nos mercados onde atuam.

A cooperação competitiva busca situações de cocriação de valor para aqueles agentes (e seus *stakeholders*) envolvidos no processo competitivo. Em um segmento emergente e dinâmico, não há nada mais enriquecedor que potencializar a competitividade entre as distintas iniciativas que nascem e crescem dentro desses habitats para a inovação. Igualmente importante é potencializar processos de mudança e progresso, estruturação e expansão dos PCTs, ainda que para alguns setores da sociedade brasileira isso não esteja totalmente assimilado.

Mas, como já demonstrado nas experiências em países mais avançados, os parques tecnológicos são empreendimentos economicamente viáveis de enorme valor social e seus elementos de geração de valor (*vide texto em destaque*) também são aqueles que beneficiam e impactam as empresas que residem nesses espaços.

Elementos de geração de valor no crescimento, desenvolvimento e sucesso de empresas em PCTs:

- **Ativos imobiliários** – diferenciados na qualidade e mercado.
- **Capital** – valorização estratégica dos investimentos.
- **Valor adicionado** – maior impacto e retorno na geração de riqueza.
- **Redes e alianças estratégicas** – acesso potencializado.
- **Credibilidade e imagem** – maior valor social.
- **Toma de risco** – foco na qualidade, sucesso e sustentabilidade dos empreendimentos.
- **Incubação** – ambiente para fomentar novos empreendimentos de base tecnológica.

Referindo-se a temas estratégicos que permeiam a capacidade do país de competir e agregar valor à produção e à inovação tecnológica nas empresas brasileiras, a 4ª CNCTI convoca os agentes públicos, governos locais e governo federal a assumir uma postura mais contínua para que essa indústria possa consolidar-se no país. Fortalecer os *habitats* para a inovação e empreendedorismo (parques e incubadoras) permitirá um rápido crescimento e um ambiente competitivo e dinâmico nas nossas empresas, particularmente naquelas empresas intensivas em inovação e com expressiva capacidade tecnológica. Essa postura, quando nutrida de medidas bem sucedidas, se desdobra em um processo de cogeração de valor e desenvolvimento tecnológico dentro desses *habitats* para inovação[17].

Nesse sentido, com uma visão realista e consciente, o papel desse modelo de empreendedorismo vivido nos habitats para a inovação está ligado ao convívio diário com importantes elementos de valor, base para uma economia competitiva. Esses elementos são: o fluxo intensivo de informações e do conhecimento e busca contínua pela inovação tecnológica – no caso dos PCTs, outro elemento particularmente importante é a atuação ativa em redes (*networking*)[18].

Em um ambiente onde floresce a cultura do empreendedorismo inovador e onde se semeia uma nova visão de país, também se compartilha de uma visão de que para os desafios antigos – que inibem e prejudicam a agregação de valor em nossos produtos e, portanto, a competitividade da economia como um todo – nascem novos direcionadores para o desenvolvimento.

De forma cada vez mais relevante às nossas necessidades, essa mesma postura encontra na sociedade brasileira um enorme potencial e uma enorme função a cumprir. Para deslanchar o país como uma nação apta a lidar com os desafios da sustentabilidade e ao mesmo tempo torná-lo mais competitivo não se poderá desviar da realidade atual. O país vive um momento de transição que demandará assumir atitudes mais agressivas. Por exemplo, no que diz respeito à posição de o Brasil estar entre as dez maiores economias do mundo ao mesmo tempo em que ocupa uma acanhada posição (58ª) no ranking de competitividade das nações[19].

---

17 No que tange a esse tema específico, além da questão sobre o papel das Incubadoras e parques tecnológicos no contexto do sistema de C,T&I no país, foram abordados um expressivo número de recomendações que passam pela já citada questão da Ambiência para a inovação, além do Fortalecimento da P&D nas empresas, da Propriedade Intelectual para a Inovação, dos Núcleos de Inovação Tecnológica e dos Serviços tecnológicos e Tecnologia Industrial Básica. – Citações do Livro Azul da 4ª CNCTI.

18 Esta menção reflete um exercício coletivo de pensamento instigado por lideranças dentro do movimento de parques tecnológicos e incubadoras de empresas do país e constam em documento elaborado pela ANPROTEC em dezembro de 2010.

19 Fonte: Fórum Econômico Mundial, 2010: The Global Competitiveness Report 2010-2011. – Em 2006 a posição do Brasil no índice era 56ª.

É dentro desse ambiente que encontramos outro elemento indissociável para o desenvolvimento sustentável e competitivo do país: o compromisso com a ciência, a tecnologia e a inovação.

A relação do Brasil com a sua reduzida capacidade competitiva encontra no ambiente de parques tecnológicos e incubadoras de empresas, ainda que momentaneamente, certa zona de conforto. Tal situação também ocorreu na década de 1980 em países mais industrializados, quando importantes iniciativas de parques surgiram. Na medida em que esses empreendimentos se consolidavam, essa "zona de conforto" desaparecia, dando lugar a mudanças que efetivamente contribuíram para que esses países se tornassem, econômica e tecnologicamente falando, mais competitivos.

O Brasil precisa dar um grande salto para criar as condições necessárias de consolidação de sua capacidade competitiva. Sem esse compromisso o sucesso de nossas empresas, a geração de riqueza, a expansão do crescimento e o acesso a mercados globais estarão continuamente comprometidos.

Enquanto permanece a visão de que o Brasil passa por um momento extraordinário, graças a uma série de fatores conjunturais de expansão econômica, percebe-se que há uma leitura imprecisa e até restritiva quanto à definição de uma estratégia que pudesse suscitar avanços efetivos em direção ao estabelecimento de um programa nacional de apoio a parques tecnológicos, a empresas e a outros tipos de arranjo instalados nesses ambientes no País.

Soma-se a essa indefinição uma grande gama de fatores que impactam negativamente a capacidade competitiva da economia e interferem diretamente em todo tecido empresarial existente nos PCTs brasileiros. Vale ressaltar a extensa matéria publicada pela revista Exame (03/2011), demostrando claramente porque não resta alternativa ao Brasil a não ser tornar-se uma economia mais competitiva, o que suscita ainda mais preocupante a falta de um ambiente mais favorável à inovação e um sistema nacional de apoio aos PCTs robusto e consolidado para lidar com a corrida da competitividade[20].

Olhando diversos aspectos da nossa limitada capacidade competitiva, que vão desde uma carga tributária voraz, passando pelos custos trabalhistas astronômicos (ambos citados pela revista), o recorrente problema do baixo nível de investimentos

20 A matéria publicada pela revista *Exame:* Por um Brasil sem amarras (Especial Competitividade), expõe o leitor a fatos incontestáveis sobre a dura realidade que enfrenta o país na corrida pela competitividade. Edição 987, ano 45, Nº 4, 9/3/2011.

privados em P&D gera um ambiente de inovação pouco engajado. Esta fragilidade reflete na real dimensão da nossa economia em termos globais e no âmbito doméstico, nos grandes desafios da sociedade. Para tanto, é preciso engajar os agentes públicos, privados, financeiros e políticos.

Não podemos ser omissos ante o fato de que em um país pouco competitivo, ainda que haja algumas empresas de classe mundial com domínio científico e tecnológico avançadíssimo, enormes lacunas inibem a consolidação dos PCTs como plataformas para impulsionar a inovação e o empreendedorismo em direção ao desenvolvimento.

E não podemos deixar de lado a constatação de que, amparados por uma indústria inovadora e movidos pela dinâmica do fluxo de informações e apropriação intensiva do conhecimento científico e tecnológico, os parques tecnológicos ajudaram a impor um novo ritmo de mudanças na economia de muitas nações que hoje concorrem diretamente com o Brasil, como são os casos, por exemplo, da Índia, que conta com mais de 15 parques especializados em TICs e biotecnologia[21], da Polônia, com 24 PCTs em operação[22], e da Turquia, que já possui mais de 11 parques tecnológicos em pleno funcionamento[23], dentre outros – sem fazer referência a China, Rússia e África do Sul.

6.5 Visão sistêmica e sistema nacional

Quase trinta anos depois daquela resolução adota pelo CNPq, e quase quarenta anos depois da criação de um dos mais importantes centros de tecnologia do país – a Embrapa –, ainda vivemos o impasse de conciliarmos estratégias nacionais de desenvolvimento com um conjunto de medidas sistêmicas que garantam um período de crescimento para que os parques tecnológicos e outros arranjos – em prol da inovação – prosperem, consolidem-se e assumam um papel de força estratégica rumo à competitividade nacional.

O país avança lentamente para sair desse embaraço com o desdobramento de políticas de desenvolvimento voltadas à industrialização, tecnologia e comércio exterior (PITCE) e ao desenvolvimento da produção (PDP), ambas alinhadas a um

21 A Índia conta hoje com mais de 15 parques tecnológicos em funcionamento só para os setores de biotecnologia e tecnologia da informação e comunicação, segundo dados oficiais do Ministério de Ciência e Tecnologia do país. O país ocupa a 51ª posição no ranking do Global Competitiveness Report 2010-2011.

22 Dados publicado pela Polish Agency for Enterprise Development (PAED), 2010. Revela também que no país já existem mais de 20 incubadoras de base tecnológica.

23 Dados publicados no *WAINOVA* – World Atlas for Innovation, 2009.

plano de ação para a ciência, tecnologia e inovação (PACTI). São ações importantes que vão em direção a um melhor posicionamento para os PCTs, mas que não se podem, ainda, confirmar como suficientes e eficazes sob o ponto de vista da capacidade competitiva do país[24].

As dezenas de iniciativas e operações de parques científicos e tecnológicos distribuídos no país, somadas a centenas de incubadoras de empresas que interagem de forma ágil dentro desses ambientes e na relação dos mesmos com universidades, instituições de ensino e pesquisa e agentes financeiros, demonstram o grau de maturidade desses mecanismos em diversas regiões do Brasil.

Hoje podemos afirmar que há bases sustentáveis para um maior avanço no apoio e financiamento a parques tecnológicos no Brasil, pois, há vários anos, estes são elementos que formam a base da cultura e ambiente de parques e incubadoras de empresas e refletem um valioso aprendizado e uma rica visão sobre o modelo de desenvolvimento e sustentabilidade para o país.

O ciclo de aprendizagem e ganhos de conhecimento adquiridos ao longo dos anos com a experiência brasileira permite-nos abordar esse desafio de forma mais sistêmica e integrada. Uma visão sistêmica, que pode contribuir de forma ímpar com o futuro da competitividade da economia brasileira, unida a uma base científico-tecnológica sólida e atuante[25].

Ao considerarmos os objetivos definidos para os parques tecnológicos, a partir das propostas do PNI[26] – quais sejam: transferência da tecnologia gerada em pesquisas; promoção da difusão de novas tecnologias; estímulo à criação de empresas de base tecnológica; facilitação da interação entre universidade e empresas localizadas no parque; e geração de empregos de alto valor agregado –, verificamos a premente necessidade de uma abordagem sistêmica, principalmente quando falamos da competitividade da economia de um país.

O foco da política para a competitividade na dinâmica de transformação da estrutura produtiva remete, como um pressuposto essencial do padrão de desenvolvimento, para a necessidade de existência de uma coalização de forças políticas que viabilizem a capacidade estatal para induzir um processo de mudança

24 Ver em Estímulo à Inovação (p. 30-35), em Conhecimento e Inovação para a Competividade. Banco Mundial/ Confederação Nacional da Indústria. Brasília: CNI, 2008.
25 Novamente, é importante remeter ao conteúdo gerado no documento preparado pela Anprotec (2008) sobre as perspectivas para os parques tecnológicos no Brasil.
26 Programa Nacional de Apoio a Incubadoras de Empresas e Parques Tecnológicos. Ministério da Ciência e Tecnologia (2008).

estrutural, que sempre envolve setores e agentes que elevam sua lucratividade e participação na estrutura produtiva.

Desta feita, para qualificar a perspectiva evolucionista da ação estatal na dinâmica competitiva, compreendemos por conceito de visão "sistêmica" aquele desenvolvido pela literatura que trata dos sistemas nacionais de inovação, como fundamental à formulação e implementação de PCTs, haja vista que envolve tanto os fatores ligados à infraestrutura física, financeira, humana e de conhecimentos quanto os fatores relacionados à estrutura econômica e aos setores de atividade, que, em conjunto, condicionam a formulação de estratégias de inovação[27].

Essa abordagem pressupõe a integração de universidades, centros e institutos de pesquisa, empresas e governos a um desenvolvimento tecnológico que permita à nação a produção de inovação tecnológica de forma assídua, e a isso se denomina de sistema.

Não há uma articulação sistêmica com orientação global única, sendo o aspecto regional fundamental para se estabelecerem políticas de inovação tecnológica em diferentes camadas do tecido produtivo. Mas diversos autores convergem no sentido de que as consequências de avaliação global observadas, que se devem perseguir nos arranjos para a iniciativa e consolidação de parques científicos e tecnológicos, sob uma visão de desenvolvimento colimado a sustentabilidade, são: a taxa de crescimento da economia; o nível de distribuição de renda e riquezas; a distribuição regional da atividade econômica e o equilíbrio do poder político (BIFANI, 1985; apud SHAPIRA et al, 2001)[28].

A Figura 5, a seguir, sugere que a noção de visão sistêmica é necessária para abordar essa questão sob o ponto de vista de um sistema, nesse caso, do sistema nacional de apoio a parques tecnológicos, considerando um conjunto de medidas e instrumentos já existentes, principalmente na área de C,T&I, no país. Não se trata, portanto, de formulação de um modelo.

Nos modelos mais conhecidos de PCTs na atualidade, em que se privilegiam as relações baseadas no conceito da tríplice hélice, três elementos externos e estruturantes devem estar permanentemente presentes nos processos de implantação, estruturação e

27 O conceito de sistemas utilizado por este artigo baseou-se na interpretação elaborada por GRADELLA, C.A.G., Política Industrial: Uma visão Neo-Shumpeteriana Sistêmica e Estrutural; Revista de Economia Política, vol. 21, nº 4 (84), outubro-dezembro/2001.

28 BIFANI, P. Environment and indicators of technological development: methodological considerations. In: MORITA-LOU, H. (ed). *Science and Technology Indicators for Development. Estados Unidos da América: Westview Press*, 1985. P. 61-75. Publicado em Cooperação com Centro das Nações Unidas para Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento.

fortalecimento de empreendimentos cuja finalidade é, como de fato propõe o conceito, a união de setores estratégicos para uma sociedade industrialmente avançada. Nesse caso, como já referido anteriormente, a indústria de parques tecnológicos, sendo um segmento idôneo da economia do conhecimento, deve, também, ser vista como estratégica para o Brasil.

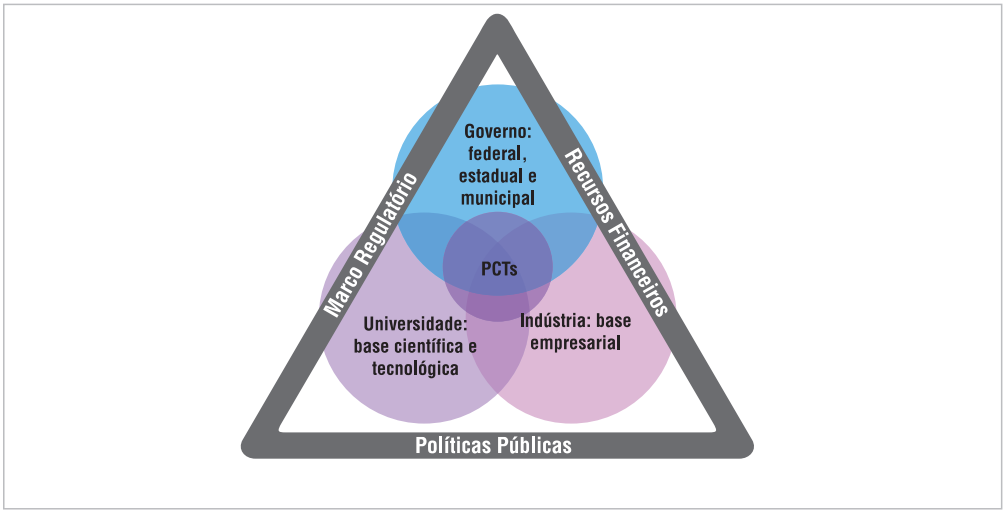


Figura 5 – Visão sistêmica com evolução da hélice tríplice.

Nas discussões a respeito desse conceito já surgem novas interpretações sobre a evolução de sua aplicabilidade nos sistemas de pesquisa e desenvolvimento de países ou regiões mas avançados[29]. No contexto avaliado, sugere-se uma evolução do modelo da tríplice hélice onde

> as [...] relações fortes e bem estruturadas entre o meio acadêmico e o empresarial[...] [...] são possíveis por meio do estabelecimento de estruturas legais bem definidas[...] e que devem responder, em primeira instância, às [...] necessidades do mercado[...] e não pela lógica da intervenção ou motivação direta dos agentes públicos[30].

Levando também em consideração essa afirmação e retornando à figura anterior, cabe discorrer brevemente sobre os principais aspectos referentes às relações que dele devemos extrair: o primeiro elemento refere-se à existência de políticas

29 Remete-se aqui novamente à discussão presente em Zouain e Plonski (2006) sobre Modelos Ternários e Habitats de Inovação, ao referirem-se aos estudos realizados por Viale e Campodall'Orto (2002).
30 Ibid.

públicas e ações de governo(s) capazes de responder à dinâmica de relações dentro desse modelo no âmbito nacional e regional. A existência de um conjunto explícito de políticas públicas voltadas a fortalecer esse segmento estratégico requer, naturalmente, alinhamentos com os dois outros elementos, priorizando o papel dos agentes indutores de mercado.

A disponibilização de recursos – públicos – financeiros (segundo elemento) como instrumento para potencializar e atrair investimentos – privados – para os ambientes de parques tecnológicos – incluindo os empreendimentos neles residentes – deve ser articulada com os agentes nacionais de fomento e financiamento, basicamente Finep, BNDES e CNPq no âmbito nacional, e, no âmbito regional/local, requer articulação com as fundações de amparo à pesquisa (FAPs), os bancos regionais de desenvolvimento – Banco do Nordeste (BNB), por exemplo – e as agências e secretarias de desenvolvimento locais.

Sem a existência de um marco regulatório (terceiro elemento) bem definido, com parâmetros sólidos e duradouros, que dê condições de crescimento a essa indústria e que estabeleça e garanta a institucionalidade desses ambientes de inovação como empreendimentos diferenciados e de maior valor adicionado, não há como implantar, de forma sistêmica, um programa e políticas de apoio aos parques tecnológicos ou um programa de apoio a empresas de base tecnológica residentes nos parques.

Reiterando a abordagem sobre a "visão sistêmica", para que esta se torne, de fato, estruturante, é preciso encampar a ideia de que podemos instituir no país um sistema nacional de apoio ao crescimento dos parques tecnológicos e, ao mesmo tempo, dos empreendimentos neles residentes.

Precisamos então assimilar a ideia de um sistema de parques como elemento estruturante e essencial de estratégia de desenvolvimento nacional e regional. O trabalho elaborado pela Anprotec em 2008 traz um conjunto de proposições que traduzem mais objetivamente a forma (governança e ações) de como consolidar uma política nacional especialmente talhada para apoiar distintas iniciativas de PCTs no país. De forma clara e consistente e em sintonia com a realidade nacional, respeitando assimetrias regionais, é possível articular diversos atores da sociedade civil e daqueles mais estratégicos no âmbito governamental para que se possa consolidar um sistema nacional (ver Figura 6)[31].

31 Figura extraída e adaptada da publicação *Parques Tecnológicos*: Estudo, Análise e Proposições (2008).

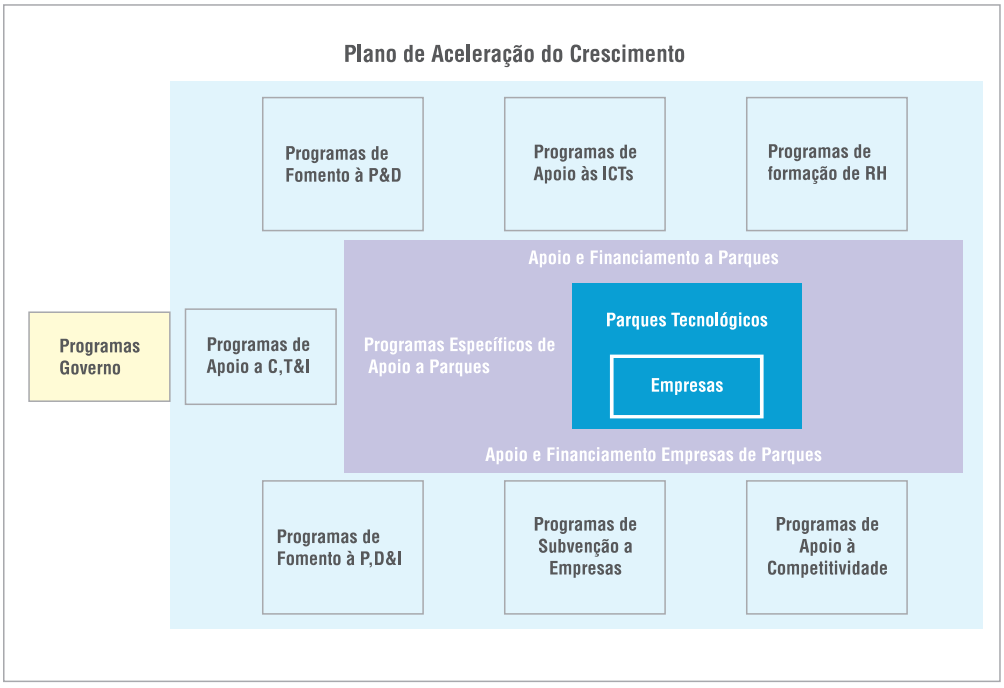


Figura 6 – Plano de Aceleração do Crescimento, com destaque para os PCTs.

ANPROTEC (2008)

Ainda que haja, parafraseando Zouain e Plonski (2006)[32], "uma diminuição progressiva de fragilidades" de cunho político e institucional que aponta para um crescimento em projetos e iniciativas de apoio a parques tecnológicos, integrar políticas estratégicas a programas de apoio e fomento se faz absolutamente necessário para concretizar o sistema brasileiro de parques tecnológicos e seus empreendimentos, uma realidade para a sociedade e economia do país e, consequentemente, para a nossa capacidade de competir nos mercados globais.

Esta integração de políticas e programas nas três esferas de governo deve conter um forte viés indutor para formação de ecossistemas, ou habitats, de inovação. Para tanto, é necessário trabalhar na interação dos parques tecnológicos e incubadoras com suas empresas residentes, com as instituições locais de ciência e tecnologia onde, verdadeiramente, observam-se transformações inovadoras e o desenvolvimento econômico, social e tecnológico.

32 Ibid.

6.6 Considerações finais

Os parques científicos e tecnológicos, na consecução de seus objetivos de incrementar, inovar, estimular e gerir o conhecimento para a competitividade, base fundamental para qualquer nação democrática inserida nas novas regras globais de mercado rumo a um desenvolvimento sustentável, mostram-se perfeitamente viáveis.

No Brasil, ainda que tímido em termos de marco regulatório e eficiência e eficácia comprováveis por meio de indicadores claros e bem definidos em suas estratégicas, os parques científicos e tecnológicos já se mostram uma realidade que aponta na direção intencional de seus atores, para a inserção nas políticas de competitividade, como fórmula a sua entrada no mercado internacional.

Destaque especial para os modelos que se instalam no Brasil, segundo panorama analisado, é o fomento ao conhecimento aliado ao empreendedorismo inovador e suas relações regionais, que determinam um maior vigor econômico e tecnológico de âmbito local – e quando falamos numa nação cujo território possui centenas de outros tantos territórios imbricados, e num modelo político de ênfase bélico-fiscal, essas estruturas podem ser a resposta a um desenvolvimento sustentável.

Um lócus de negócios, é como devem ser encarados os PCTs para uma perspectiva como um novo modelo de desenvolvimento regional, este último sob uma concepção de resultado entre o crescimento econômico acompanhado da melhoria na qualidade de vida, ou seja, deve incluir "as alterações da composição do produto e a alocação de recursos pelos diferentes setores da economia, de forma a melhorar os indicadores de bem-estar econômico e social..."[33] Deve-se considerar, contudo, que um parque tecnológico tem que ter sustentabilidade independente da região em que se localiza, e que os recursos públicos devem ser entendidos como indutor do projeto, e não o seu principal financiador, sob o risco de que o uso político desmonte os reais objetivos estabelecidos hodiernamente para os PCTs na promoção da competitividade almejada à nação.

Estratégias claras de posicionamento e crescimento, com indicadores bem definidos; equipe de planejamento com experiência na área imobiliária e financeira; engajamento efetivo de lideranças acadêmicas nos empreendimentos; sintonia do projeto dos parques com as prioridades regionais e nacionais, bem como com as tendências internacionais; e regras claras e segurança jurídica para atração do capital

33 VASCONCELLOS, M.A.; GARCIA, M.E. **Fundamentos de Economia**. São Paulo: Saraiva, 1998, p. 205.

privado, são alguns dos desafios que devem ser superados para que esse modelo se apresente como alternativa adequada para o desenvolvimento de empresas competitivas e intensivas em tecnologia.

Parte B

Setores Estratégicos

Capítulo 7
Bens de capital

Roberto Faria

As atividades de inovação estão hoje concentradas nas economias mais desenvolvidas industrialmente, portanto, nas mãos de um número relativamente pequeno de países. Esses países também detêm a maior parte das exportações de bens de capital para o resto do mundo, sobretudo para as economias em desenvolvimento.

A indústria de bens de capital (BK) reveste-se de grande importância estratégica porque impulsiona os outros setores da economia (serviços, indústria e agronegócio), sendo, portanto, uma força motriz vital ao desenvolvimento econômico robusto e sustentável de uma nação. A indústria de BK mostra-se presente em diferentes etapas da cadeia de produção de vários outros setores industriais e, ao mesmo tempo, torna-se consumidora dos bens que auxilia a produzir. Essa relação comercial cria um *feedback* tecnológico ímpar na indústria, que impulsiona silenciosamente o avanço tecnológico e inovador das empresas. O setor de máquinas e equipamentos é igualmente importante para outros setores, como saúde e defesa, e desempenha um papel importante na geração de novas tecnologias. Outros aspectos relevantes desse setor são a variedade de empresas que o compõem, desde pequenas e médias até grandes multinacionais, todas com bom índice de empregabilidade.

O setor de BK é muito amplo e variado, e pode ser agrupado em diferentes áreas: a) bens de capital mecânicos; b) máquinas e equipamentos para transporte; e c) bens de capital elétricos. Contudo, esses três itens por si sós não retratam a diversidade da indústria de BK. O setor é muito amplo e constitui difícil tarefa o detalhamento de

toda sua diversidade. Para auxiliar a divisão dos três itens acima, procura-se identificar em cada agrupamento diferentes segmentos segundo a função de seus produtos na cadeia produtiva de outras empresas, isto é, segundo o uso de seus produtos.

O agrupamento de bens de capital mecânicos engloba toda a gama de maquinários desenvolvidos para a indústria de extração mineral, de construção e de máquinas e implementos agrícolas, e inclui a indústria de máquinas e ferramentas. O item b é formado por indústrias da construção naval, aeronáutica e de ônibus e caminhões. O terceiro agrupamento agrega toda a parte de máquinas e equipamentos de energia elétrica, incluindo a de geradores, transmissores e distribuidores de energia. Entretanto, apesar de ser essa uma boa divisão, ela não é ainda suficiente para cobrir todo o setor de BK, e um quarto segmento, denominado misto, é comumente citado. Há que se destacar ainda a importância de alguns segmentos específicos, como o de motores, bombas e compressores, que na divisão acima podem ser incluídos em diferentes itens.

Pode-se ainda eleger mais dois segmentos de bens de capital. Um relacionado a equipamentos de telefonia e transmissores de rádio e televisão, e outro a sistemas eletrônicos para processamento de dados. Entretanto, pela variedade de produtos e seus objetivos-fins, o setor de bens de capital pode ser também diferenciado pelos seus clientes-usuários, ou seja, BK produz bens para a indústria de embalagens, para a indústria têxtil, para a indústria química, para a de equipamentos médicos, odontológicos e hospitalares, para a indústria farmacêutica etc.

Na ampla gama de segmentos de BK, encontra-se um grau de sofisticação tecnológico muito variado. Em um mesmo segmento específico e, portanto, de produtos fabricados que executam uma mesma função na produção de bens, podem-se encontrar tipos de máquinas que se diferenciam pela precisão, produtividade, flexibilidade, rapidez e custo. A heterogeneidade tecnológica do setor é incrementada pela automação, que se faz cada vez mais presente; hoje, as máquinas mecânicas são comandadas por sistemas computadorizados e a área de componentes eletrônicos ganha destaque cada vez maior no setor de máquinas e equipamentos.

Uma característica marcante do setor é que suas unidades produtoras podem ser divididas, em termos de produção, em duas classes: as que fabricam produtos em grande escala e de forma padronizada, denominados de seriadas, e aquelas que trabalham sob encomenda de produtos com características específicas. Nesse segundo caso, a engenharia de projetos ganha uma dimensão maior. A inovação tecnológica é essencial para o sucesso das indústrias de máquinas e equipamentos, e as empresas de alto conteúdo tecnológico estão concentradas em poucos países: Alemanha, Estados

Unidos, Itália e Japão. Países em desenvolvimento, como o Brasil, a China, a Coreia do Sul, o México e Taiwan, também apresentam produção expressiva no setor de BK, entretanto com grau intermediário de adensamento tecnológico.

7.1 Impactos na economia e na inovação

O desempenho do setor industrial na economia de um país pode ser monitorado, por um lado, pelo consumo de máquinas e equipamentos, e, por outro, pela produção de bens de capital. Um país dependente da importação de equipamentos sofre sérias dificuldades em desenvolver sustentavelmente seu parque industrial. Portanto, um país que tem como meta o crescimento de sua economia, e ser próspero em seu desenvolvimento, tem de fortalecer sua indústria de bens de capital, não só para favorecer sua balança comercial, mas, principalmente, para fomentar a diversificação industrial, estimular a inovação de produtos e processos e promover o dinamismo da economia com progresso técnico e geração de empregos.

Um segmento industrial que exige mão de obra qualificada em quantidade, como o de BK, contribui para deflagrar um processo de desenvolvimento tecnológico progressivo que é vital para a modernização e a competitividade do parque industrial de um país. Isso porque o processo de inovação no interior da indústria "contamina", por difusão, vários segmentos a ela correlacionados. O conhecimento e as habilidades gerados nos diversos segmentos de máquinas e equipamentos são transferidos com a migração de engenheiros, tecnólogos e técnicos de uma empresa para outra. Além disso, é frequente a troca de informação e de experiência entre os técnicos e engenheiros de uma indústria consumidora e de sua fornecedora.

A inovação tecnológica, no entanto, depende de outros fatores. A Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (Abimaq), importante entidade que representa mais de 4.500 empresas, vem colocando a questão de investimentos em tecnologia no setor para aprimorar seu desempenho no comércio exterior, ou seja, para aumentar sua competitividade internacional. Para isso, destaca que políticas de normatização, de financiamento facilitado e de incentivos às atividades de P&D são cruciais a esses objetivos. O domínio de novas tecnologias e a capacidade de desenvolver novos processos e produtos, além de transmitir confiança ao setor, é essencial para adquirir a independência em termos de inovação, procurando andar sempre adiante dos competidores. A inovação no setor se tornou complexa devido aos avanços extraordinários, observados nas últimas décadas, nas áreas de materiais, de nanotecnologia, de microeletrônica digital e de software. Portanto, o desenvolvimento

tecnológico em máquinas e equipamentos agrega, em muitos casos, os conhecimentos mais recentes de outras áreas da ciência básica e da tecnologia. Essa demanda é um dos trunfos que a indústria de BK possui para estimular a inovação e o crescimento econômico de uma nação. Ela exige de outros setores de tecnologia de ponta um aprimoramento constante, e com isso propulsiona a inovação e a competitividade, ou seja, gera no país uma indústria inovadora. O Brasil possui hoje uma economia inovadora na agricultura e também em segmentos importantes da produção de energia. Falta, para seu crescimento econômico sustentável, estender essa cultura inovadora à indústria em geral.

7.2 Panorama do comércio exterior de bens de capital

A abertura da economia brasileira no início da década de 1990 eliminou barreiras não-tarifárias, que haviam sido impostas pelo Brasil para a compra de máquinas e equipamentos, e reduziu alíquotas para aquisições no mercado internacional, o que explica, pelo menos em parte, o acentuado desequilíbrio da balança comercial do país a partir de 1994.

Como consequência, a expansão dos produtos brasileiros no mercado interno foi diminuída, e com isso o setor perdeu fôlego. Nesse cenário, a indústria de bens de capital derivou sua produção para produtos de menor conteúdo tecnológico, perdendo progressivamente sua competitividade.

O quadro que se coloca hoje é um tanto adverso, devido à superioridade tecnológica dos produtos importados. Além disso, os bens produzidos pela indústria brasileira passaram a incorporar um índice maior de peças e componentes importados, e as etapas de produção mais sofisticadas foram progressivamente esvaziadas na indústria brasileira. Em termos competitivos, os entraves que se colocam para a indústria nacional de bens de capital são: (i) a pequena escala de produção em termos internacionais; (ii) o baixo teor tecnológico agregado aos produtos; (iii) o baixo nível de automação eletrônica; e (iv) um parque de fornecedores de peças e componentes pouco desenvolvido.

Para revigorar o parque industrial brasileiro de BK, aproximando-o dos níveis de competitividade internacional, são necessárias medidas urgentes de curto e médio prazo que contemplem o estabelecimento de uma política de financiamento bem estruturada, o fomento e o incentivo à engenharia de projetos, o fortalecimento da

pesquisa tecnológica e de inovação no setor e estímulos concretos à exportação. Deve-se adiantar aqui que há medidas recentes nesse sentido, principalmente do BNDES, de estímulo à modernização da indústria de máquinas e equipamentos.

Hoje a participação do setor de BK na economia brasileira é relativamente pequena, cerca de 12 %. Em 2004 chegou a exportar 43,2% de seu faturamento. Entretanto, há de se considerar uma média de 40% de importados em seu consumo aparente. As exportações são focadas principalmente no mercado sul-americano, mas os Estados Unidos são ainda o principal cliente de máquinas brasileiras, como também Alemanha, Itália e Suíça, tradicionais fabricantes de máquinas e equipamentos. O faturamento bruto real (FBR) do setor vinha crescendo mês a mês nos últimos anos, a uma taxa constante, até setembro de 2008, quando atingiu um valor próximo de R$ 8 bilhões.

A crise mundial afetou drasticamente o setor e em janeiro de 2009 o FBR despencou a valores abaixo de R$ 4 bilhões, mas a partir de então a recuperação tem se mostrado vigorosa (Figura 1). Por outro lado, as exportações brasileiras no setor têm crescido mais lentamente que as importações (Tabela 1). As exportações superaram as importações somente em dois anos, 2004 e 2005, mesmo assim por uma margem percentual mínima.

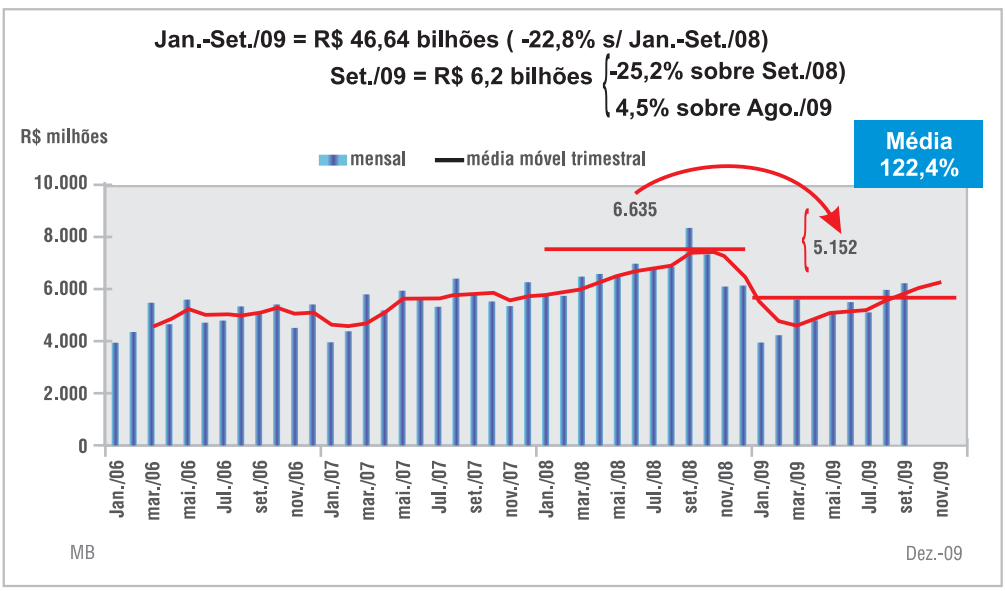


Figura 1 - Evolução mês a mês do faturamento bruto real de máquinas e equipamentos.

Fontes: DEEE/ABIMAQ.

Tabela 1 - Bens de capital: exportação vs importação (1989-2010) (milhões de reais).

Bens de Capital	Exportação	Importação	Déficit
1989	2.658	3.169	511
1990	2.144	3.963	1.819
1991	2.289	4.218	1.929
1992	2.847	4.434	1.587
1993	3.322	5.089	1.767
1994	3.946	7.585	3.939
1995	3.652	11.486	7.834
1996	3.918	12.918	9.000
1997	5.244	16.097	10.853
1998	5.799	16.102	10.303
1999	5.657	13.577	7.920
2000	8.221	13.605	5.384
2001	8.095	14.808	6.713
2002	7.323	11.643	7.485
2003	7.714	10.341	2.627
2004	12.589	12.128	- 461
2005	15.529	15.379	- 150
2006	16.418	18.891	2.473
2007	19.558	25.113	5.555
2008	22.845	33.850	11.005
2009	13.431	29.675	16.244
2010 (1º Sem.)	7.040	17.716	10.676

A Tabela 2 apresenta os valores reais de exportação e importação do Brasil com países onde esse mercado é mais intenso. Nosso desequilíbrio desfarovável fica por conta de Alemanha, EUA, Japão, Itália, e mais recentemente China, e favorável com América Latina (Argentina e México) e com Cingapura. Segundo previsões da Abimaq, o déficit comercial deve superar a casa dos US$ 12 bilhões em 2010.

Tabela 2 - Comércio exterior de bens de capital: principais mercados (2007) (US$).

Exportação - 2007		
Destino	**Valor**	**Valor percentual**
ESTADOS UNIDOS	1.046.742.655	18,70%
ARGENTINA	701.886.699	12,50%
CINGAPURA	651.979.560	11,60%
MÉXICO	356.229.485	6,30%
ALEMANHA	324.741.004	5,80%

Importação - 2007		
Origem	**Valor**	**Valor percentual**
ALEMANHA	2.106.803.440	18,90%
ESTADOS UNIDOS	2.060.598.368	18,50%
ITÁLIA	1.107.931.154	9,90%
JAPÃO	1.068.501.331	9,60%
CHINA	923.417.259	8,30%

As importações brasileiras de máquinas e equipamentos representaram nos últimos dez anos cerca de 22,3% do total das compras externas de bens industriais, como mostra a Figura 2. Os gráficos da Figura 3 mostram dados de 2006 para exportação e importação pelos segmentos que compõem o setor de bens de capital. Esses dados mostram que a participação dos segmentos de máquinas e equipamentos industriais e de transporte é muito forte na indústria brasileira. Em terceiro lugar vem o segmento de máquinas e equipamentos para telecomunicações, que continua crescendo no país. Porém, apesar de sua participação pouco expressiva em termos numéricos, o segmento de equipamentos que atende o complexo de geração, transmissão e distribuição de energia hidroelétrica, sobretudo em geradores, turbinas hidráulicas e termoelétricas, e transformadores de potência, é estratégico para o país. O robusto sistema brasileiro de hidroelétricas, cujo início se deu há mais de um século, impulsionou a indústria correlata de equipamentos que hoje gera produtos com

tecnologia de vanguarda. Entretanto, esse segmento compartilha o desenvolvimento de seus produtos com empresas estrangeiras, as quais, em geral, desenvolvem a tecnologia mais básica, cabendo às empresas brasileiras inovações ligadas à engenharia de projetos e a desenvolvimentos tecnológicos incrementais.

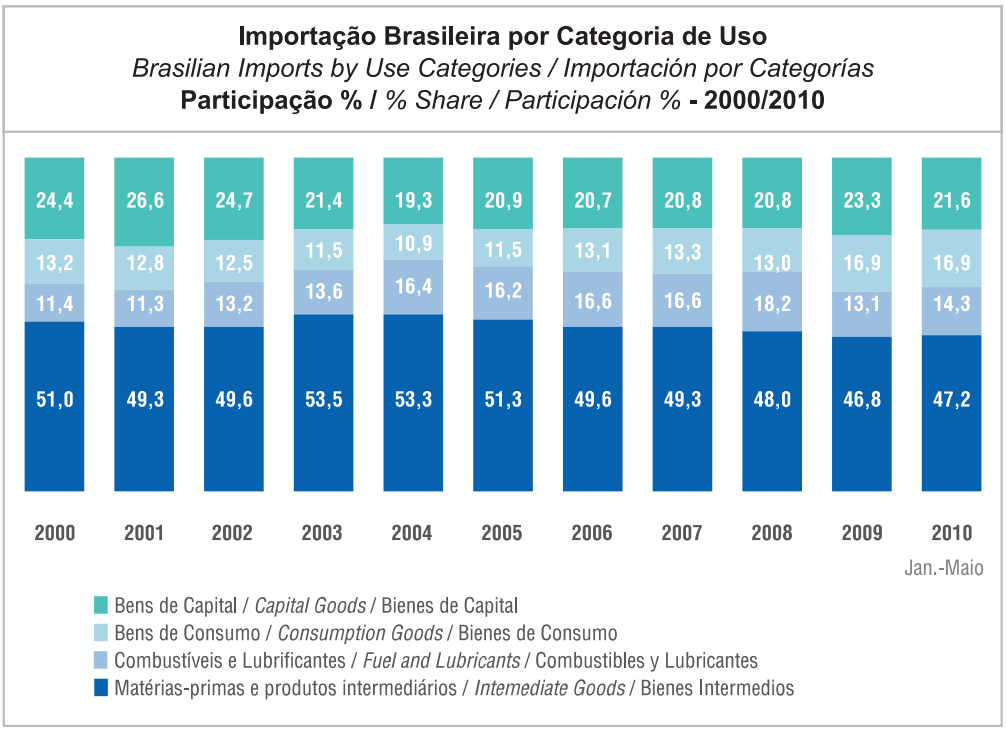


Figura 2 - Importação por categoria de uso (2000-2010).

Fonte: / *Source* / *Fuente*: SECEX/MDIC

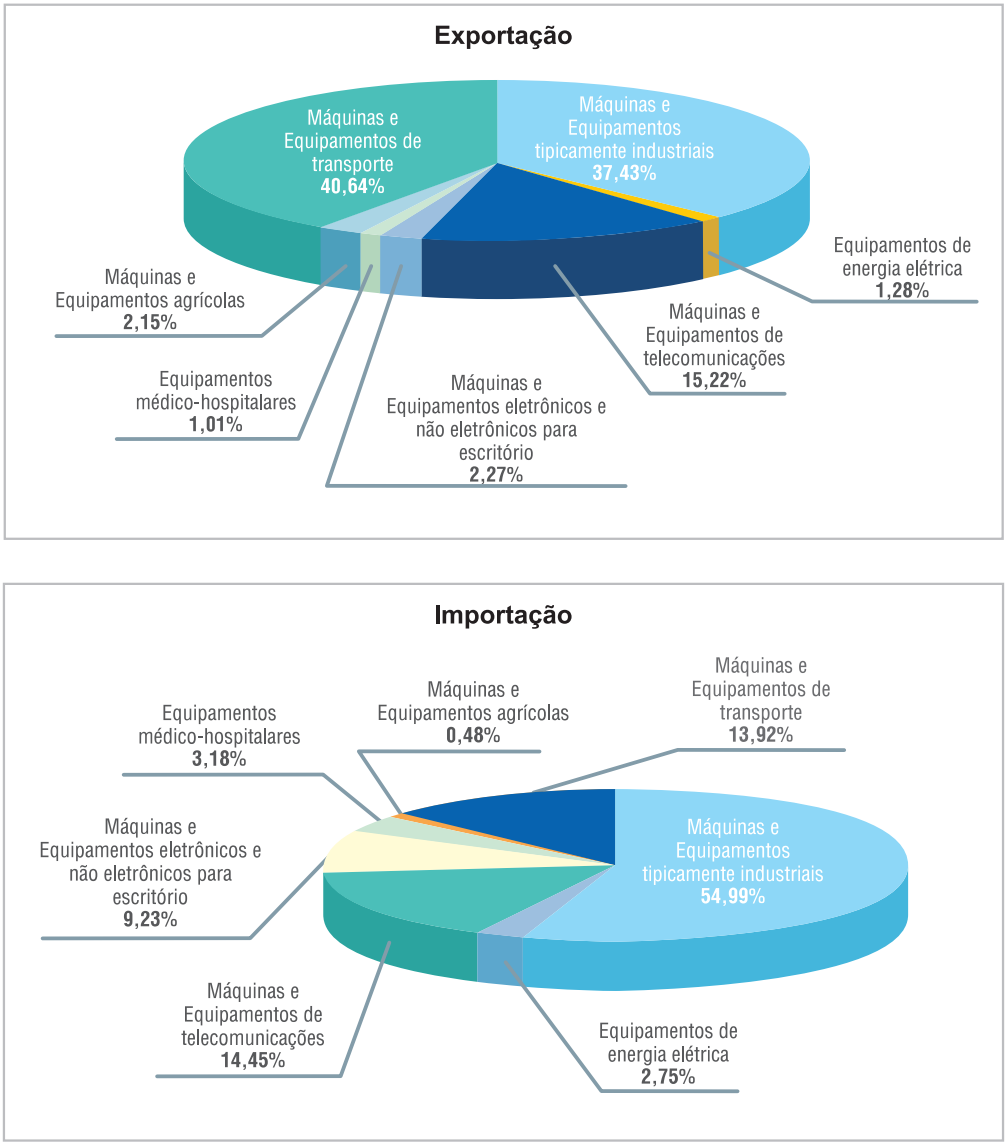


Figura 3 - Composição das exportações e importações de bens de capital (2006).

Não menos estratégico é o segmento de máquinas e equipamentos agrícolas, que conta com uma promissora indústria nacional, cujo desenvolvimento foi mais relevante no início dos anos 1970 do que no final dos anos 1990. Com a criação do programa Moderfrota (Modernização da Frota de Máquinas e Equipamentos Agrícolas), que facilitou a aquisição de máquinas e equipamentos por agricultores por

meio de financiamentos com juros subsidiados pelo BNDES, o setor de BK agrícola tomou fôlego e hoje está em crescimento. O Brasil tem certa tradição no segmento de máquinas e ferramentas e essa indústria se reveste de importância particular por ser vital para o desenvolvimento de todo o setor de manufatura. Ao mesmo tempo, máquinas e ferramentas constituem um segmento que está no centro das constantes inovações dos meios de produção.

Outro segmento no qual o Brasil tem notória vocação é o de equipamentos médico-hospitalares, incluídos os de odontologia. Esse setor teve um faturamento de R$ 7,7 bilhões em 2009, exportou pouco mais de R$ 500 milhões e importou cerca de R$ 2,8 bilhões (dados da Associação Brasileira da Indústria de Artigos e Equipamentos Médicos, Odontológicos, Hospitalares e de Laboratórios – Abimo). É um segmento em que predomina a média empresa, mas que conta com um parque que cobre desde micro até grandes empresas. Com uma política adequada de investimentos, trata-se de um setor que deve crescer muito.

Finalmente, é importante destacar a importância do segmento de equipamentos eletrônicos, que se tornam cada vez mais presentes na automação de máquinas e sistemas industriais. É crucial o estabelecimento de uma política que conduza para a nacionalização crescente de componentes e dispositivos eletrônicos embutidos nesses equipamentos.

É notório o esforço do governo federal, especialmente por meio do BNDES, no desenvolvimento e expansão do setor de bens de capital, contudo perduram desafios relativos a incentivos que aumentem o índice de nacionalização das empresas e também promovam a inserção delas em novos mercados. No caso particular das pequenas empresas, é importante a criação de linhas de financiamento específicas para a área de engenharia de projetos e para a modernização da gestão empresarial. Por outro lado, a criação de linhas de financiamento para grandes projetos, com contrapartida da crescente nacionalização da produção, coloca bases sólidas à competitividade nacional no setor de BK. A permanente modernização do setor como um todo não ocorrerá se não houver uma política eficiente de desenvolvimento tecnológico e de inovação. Para isso, faz-se necessária a criação de instituições de pesquisa e desenvolvimento tecnológico por setores, e o fortalecimento das já existentes.

7.3 Recomendações

- Ampliar e fortalecer a pesquisa científica, tecnológica e de inovação por segmento do setor de BK.
- Fomentar a capacidade de engenharia de projetos.
- Promover o aumento de escala de produção em vários segmentos de BK para elevar o nível de competitividade das empresas brasileiras no mercado internacional.
- Elaborar política de incentivo ao desenvolvimento e uso de componentes e equipamentos nacionais.

Parte B

Setores Estratégicos

Capítulo 8
Semicondutores e Eletrônica

Jacobus W. Swart

Os semicondutores, predominantemente o silício, correspondem ao material que mais revolucionou a sociedade no século 20, com continuidade no século 21. Ousamos dizer que vivemos a era do silício, dado o seu uso em praticamente todas as nossas atividades. Há demanda por um mundo cada vez mais "inteligente", ou automatizado, incluindo casas, fábricas, agropecuária, estradas, veículos aéreos e terrestres, hospitais, escolas, esportes, entretenimento, arte, etc.

Um dos precursores do desenvolvimento da eletrônica mundial foi o padre Roberto Landell de Moura, brasileiro que inventou o rádio no final do século 19. Em seguida ele foi aos EUA, onde registrou três patentes relacionadas. De volta ao Brasil, não conseguiu apoio para continuar seu trabalho: ao contrário, foi considerado maluco pelas autoridades brasileiras, perdendo-se assim uma grande oportunidade.

O desenvolvimento da eletrônica evoluiu na primeira metade do século 20, com o uso do dispositivo chamado de válvula eletrônica. O primeiro computador eletrônico, Eniac, demonstrado em 1946 nos EUA, foi construído com válvulas eletrônicas. Em final de 1947 foi demonstrado o primeiro transistor, substituto da válvula, feito em semicondutor. Desde então presenciamos uma forte evolução nas tecnologias de semicondutores, passando de dispositivos discretos para o circuito integrado (CI), também chamado de chip, a partir dos anos de 1960. O CI contém um número crescente de transistores, seguindo uma lei empírica e econômica chamada Lei de Moore, proposta por Gordon Moore, da Intel, em 1965, que prevê um crescimento de

100% no número de transistores num chip a cada ano. Essa lei sofreu uma pequena redução nas décadas posteriores, porém é ainda seguida de forma aproximada, com duplicação não anual, mas a cada 18 ou 24 meses. Em 2010 estamos em escala de alguns bilhões de transistores por chip. Essa evolução deu-se por inovações em três aspectos: i) redução nas dimensões das estruturas dos dispositivos (transistores, capacitores, resistores, interconexões); ii) aumento da área do chip (pela redução de defeitos por unidade de área); e iii) aumento da eficiência de empacotamento (estruturas mais compactas, por exemplo, pelo aumento do número de níveis de interconexões).

A evolução dos circuitos integrados deve-se à intensa inovação tecnológica, bem como a novas formas nas suas aplicações que discutiremos a seguir. A tecnologia do CI prosperou rapidamente devido às boas propriedades do silício, considerado uma dádiva da natureza. O silício pode formar um isolante natural na sua superfície, o SiO2, pela oxidação térmica da lâmina (bolacha ou *wafer* de silício), com excelentes propriedades de interface, de compatibilidade de expansão térmica e de isolação elétrica. Isso permitiu o desenvolvimento da chamada tecnologia planar em 1958, na Fairchild (empresa de semicondutores), e constitui a base dos processos modernos. A evolução contínua desses processos incorporou recentemente novos materiais de isolação e de interconexões, novas estruturas para os dispositivos e novos materiais no canal dos transistores (materiais tensionados e novas ligas de semicondutores). Uma indicação da prosperidade científica e tecnológica da área é o número de prêmios Nobel recebidos por cientistas que se dedicaram ou se dedicam a ela: no ano de 1956, William Shokley, John Bardeen e Walter Brattain; em 2000, Jack Kilby, Zohres Alferov e Herbert Kroemer; em 2007, Albert Fert e Peter Grunberg; em 2009, George Smith, Willard Boyle e Charles Kao, e em 2010, Andre Geim e Konstantin Novoselov.

A redução das dimensões mínimas, base da Lei de Moore, tem seguidamente quebrado limites previstos em estudos, mesmo de especialistas renomados, graças a inovações não previstas. Por outro lado, certamente existe um limite, o qual poderá ser alcançado em 10 ou 20 anos. Em 2010, o estado da arte industrial é o nó tecnológico de 32 nm, com o nó tecnológico de 22 nm em desenvolvimento. Em paralelo, realizam-se trabalhos de pesquisa com novos tipos de dispositivos e estruturas, para substituir os transistores CMOS atuais (CMOS: do inglês *complementary metal-oxide-semiconductor*). Entre estes dispositivos e estruturas, citamos eletrônica em nanofios e nanotubos, ferromagnetismo, spintrônica (informação registrada pelo spin do elétron) e eletrônica molecular. Conclui-se que a área está longe de estagnação e há muito espaço para evolução e inovação.

A maior parcela do mercado de semicondutores refere-se a CIs eletrônicos.

Com base nos mesmos conceitos e plataformas tecnológicas desenvolveram-se dispositivos e circuitos optoeletrônicos (laser, LED, modulador, fotodetector, célula fotovoltaica), fotônicos (guia, chave, modulador), displays, sensores e atuadores ou tecnologias MEMS (Sistemas MicroEletro-Mecânicos), estruturas para biologia, entre outros. Embora essas áreas representem uma parcela menor do mercado total de semicondutores, elas são essenciais e complementam, ampliam e inovam no mercado e nas aplicações dos sistemas eletrônicos. Muitos desses dispositivos são fabricados em outros materiais semicondutores ou similares (isolantes, piezoelétricos, etc.), normalmente inorgânicos. Por outro lado, vemos também um grande investimento em tecnologias de semicondutores orgânicos para aplicações optoeletrônicas e eletrônicas. Dificilmente CIs de eletrônica orgânica poderão competir em desempenho com os de silício, por exemplo, mas sim em termos de custo para aplicações específicas como RFID (identificação por radiofrequência), controle e endereçamento de pixels de displays, iluminação OLED, células fotovoltaicas e outras.

Ocorre atualmente também uma evolução nas tecnologias de empacotamento (*back-end*), visando a fabricação de aparelhos de alto desempenho e reduzido volume. Essas tecnologias permitem a montagem de chips verticalmente, empilhados um sobre o outro, com interconexões através deles. Também possibilitam empacotar, um sobre o outro ou lateralmente, chips de tecnologias distintas, incluindo sensores e atuadores, bem como componentes optoeletrônicos e fotônicos, chamados de tecnologias ou evolução tipo *More than Moore*, em oposição ou alternativa à evolução direta da Lei de Moore (*more Moore*).

O mercado atual exige a adoção de conceitos e normas para equipamentos eletrônicos ecologicamente corretos e sustentáveis. Após a União Europeia ter adotado as diretivas *Restriction of Certain Hazardous Substances* (RoHS – que restringe certas substâncias contaminantes nos produtos eletroeletrônicos) e *Waste Electrical and Electronic Equipment* (WEEE – que obriga a destinação ambientalmente correta dos eletroeletrônicos ao final da sua vida útil), outros países industrializados seguiram a mesma tendência, passando a exigir esses requisitos nos eletroeletrônicos que produzem e importam. De tal forma que, atualmente, a maior parte dos eletroeletrônicos é obrigada a cumprir com esses requisitos como condição para comercialização e operação nos principais mercados do mundo. As diretivas RoHS e WEEE são as bandeiras mais visíveis de um movimento mundial em direção ao desenvolvimento sustentável em cuja base está a responsabilização do fabricante pelo impacto ambiental de seus produtos, incluindo todas as etapas da cadeia produtiva, desde a extração da matéria-prima, energia consumida e resíduos gerados na

fabricação, até a destinação ambientalmente correta do produto ao término de sua vida útil. A tendência tecnológica que melhor representa a busca pelo desenvolvimento sustentável é conhecida por "Ecoprojeto (*Ecodesign*)" ou "Projeto para o Meio Ambiente (PMA)" que, quando aplicada à tecnologia da informação (TI), incorpora os conceitos de sustentabilidade aos produtos eletrônicos, reduzindo seus impactos no meio ambiente e otimizando os processos produtivos. O Brasil aprovou recentemente a "Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS", que disciplina, entre outras ações, as responsabilidades da gestão ambientalmente correta dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE). Esta lei é um marco importante do governo brasileiro, na medida em que incentiva o desenvolvimento de novas tecnologias, mais limpas e ecologicamente conscientes, motivando as indústrias para a inovação e sustentabilidade de seus processos e produtos eletrônicos, também conhecida como TIC verde, ou, ainda, ambientrônica.

8.1 Aplicações de semicondutores

Os semicondutores foram elementos-chave em inúmeras inovações tecnológicas. Citamos alguns exemplos ao longo das últimas décadas: anos 1950 – comunicação, militar e entretenimento eletrônico (rádio de pilha); anos 1960 – calculadora de mão, computador de terceira geração IBM360; anos 1970 – microprocessador e microcontrolador com inúmeras aplicações, relógio digital; anos 1980 – PC, jogos eletrônicos, DSP (processamento digital de sinais); anos 1990 – telefone celular, câmera digital, internet, DPD (digital pixel display); anos 2000 – TV digital e 3D, MP3, iPod, *e-book readers*, iPad, revolução no atendimento médico (*Healthcare revolution*).

Além das tecnologias da informação e comunicação, há várias outras aplicações providenciadas pelos semicondutores, como na agricultura de precisão, alimentos, RFID, transformação de materiais, energia, transporte, nanotecnologia, saúde, medicamentos, robótica, entre outros. Descrevemos a seguir algumas destas aplicações.

Energia – Uma população crescente e uma sociedade cada vez mais evoluída apresentam também uma demanda crescente do uso de energia. Uma matriz energética diversificada é muito importante para reduzir a emissão de carbono como a gerada pela sociedade moderna. Assim, além da extração e uso das fontes tradicionais de energia, fontes alternativas devem ser desenvolvidas e aplicadas. A expansão do uso de TICs,

por um lado, vem aumentando os gastos com energia. Estima-se que 10% de toda energia elétrica seja gasta em aplicações de TICs. Por outro lado, os semicondutores também contribuem enormemente com a redução do consumo de energia fóssil, de quatro maneiras:

i) Uso de semicondutores para aumentar a eficiência energética das máquinas, veículos, etc. Em um relatório recente da ACEE foi estimado que em 2006 os EUA estariam utilizando 20% mais eletricidade, não fossem as tecnologias de semicondutores. Extrapolando este ganho para 2030, foi estimado que o consumo de energia será 27% (1.896 bilhões de kWh) menor em relação a um cenário hipotético no qual não seriam feitos novos investimentos na utilização de tecnologias de semicondutores, caso em que a eficiência da economia fica congelada, como mostra a Figura 1. Não obstante esse êxito, o relatório defende que ainda existe um enorme potencial para novos ganhos (mais 27% em relação ao caso de referência) por meio de níveis mais altos de investimentos em tecnologias de semicondutores.

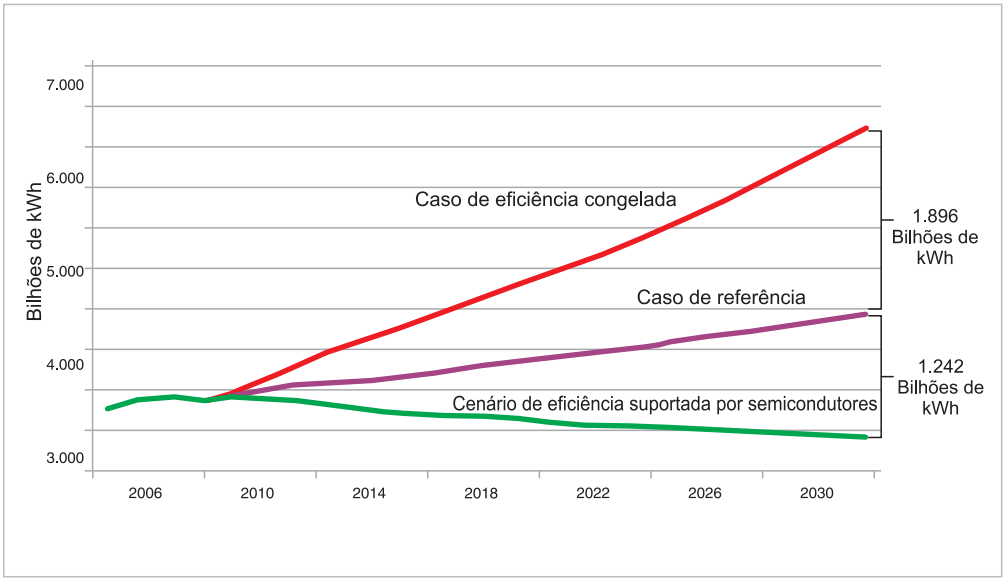


Figura 1 - Impacto dos semicondutores no cenário futuro da energia nos EUA.

ii) A energia solar fotovoltaica é a forma de energia renovável que mais tem crescido nos últimos anos, a uma taxa superior a 35% ao ano. Em 2009 a capacidade cumulativa instalada de energia solar fotovoltaica global era de 22,8 GW. Apenas dez anos antes, era de aproximadamente 1,4 GW. Embora a energia fotovoltaica seja comparativamente mais cara do que a energia convencional, e, por isso, depende fortemente de programas de subsídios pelos governos, tem havido uma queda contínua nos preços dos módulos fotovoltaicos, principalmente em virtude da economia de escala e da melhoria da sua eficiência. Com isso, espera-se que nos próximos dez anos seja atingida a paridade tarifária (quando o preço da energia fotovoltaica será competitivo com o preço da energia convencional) em muitas regiões do globo, favorecendo a rápida expansão da energia fotovoltaica. Estima-se que no ano de 2050 a energia fotovoltaica representará em torno de 11% da produção global de energia. A Figura 2 mostra que as tecnologias atuais de células baseadas em c-Si (atualmente com aproximadamente 80% do mercado) e filmes finos deverão coexistir ao longo das próximas décadas com tecnologias emergentes, com base em conceitos avançados que permitirão eficiências superiores.

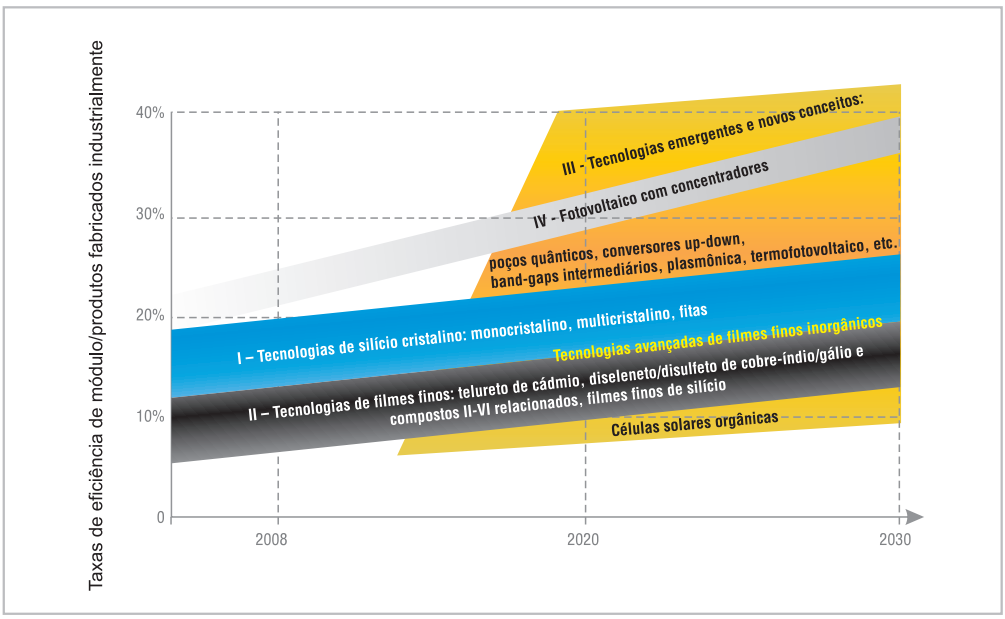


Figura 2 - Status e perspectivas das tecnologias fotovoltaicas.

iii) A importância dos LEDs de potência para a questão energética deve-se ao fato de que atualmente a iluminação representa por volta de 17,5% do consumo global de eletricidade. A Figura 3 mostra o alto grau de eficiência que a tecnologia LED poderá proporcionar em relação às demais tecnologias atuais.

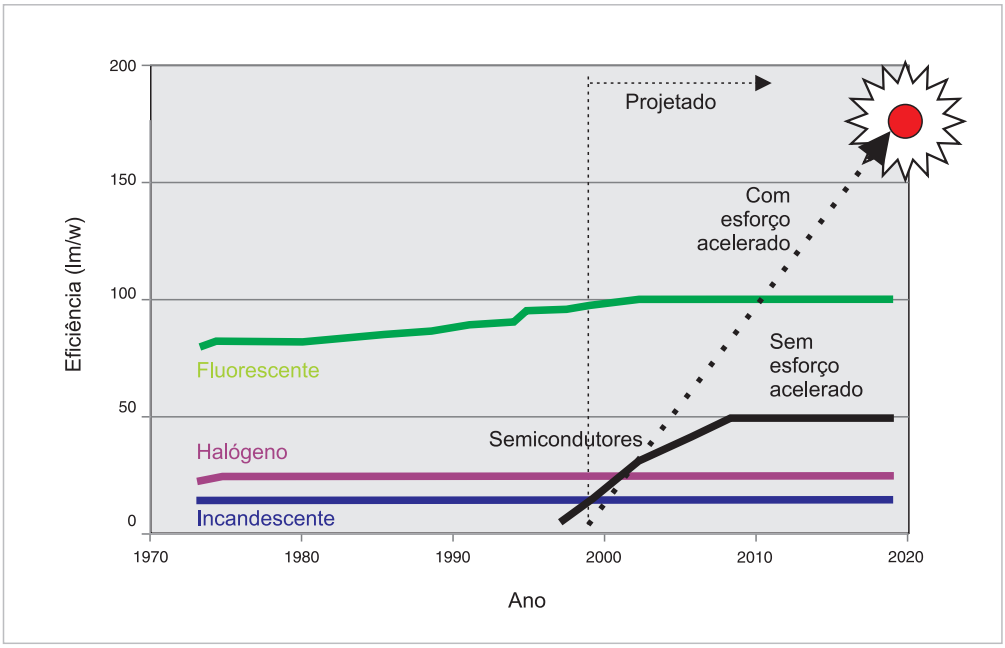


Figura 3 - Perspectivas das tecnologias de iluminação.

iv) Implantação de rede de energia elétrica inteligente (*smart grid*), ou seja, uma rede totalmente integrada que permita a troca de informações em tempo real entre as concessionárias e os seus clientes, a integração de uma multiplicidade de fontes de energia renovável e distribuída (tais como energia solar, eólica, biomassa, etc.) com as fontes centralizadas, otimizando geração, entrega e consumo de energia elétrica, e com a capacidade de diagnosticar e resolver problemas que possam surgir.

Redes de sensores – São grupos de dispositivos contendo sensores e/ou atuadores inteligentes que se comunicam. Normalmente a comunicação é do tipo sem fio. Um requisito de uma rede de sensores sem fio é o baixo consumo de potência e, se possível, com geração autônoma de energia, seja fotovoltaica ou outra forma de colheita de energia do meio ambiente. O CI utilizado nessas redes é normalmente do tipo SoC (*System-on-Chip*), que pode ser projetado e otimizado para a função planejada. As aplicações para redes de sensores são inúmeras e crescentes, incluindo agricultura de precisão, controle de meio ambiente, monitoramento e controle de pacientes médicos, sistemas de distribuição de energia, segurança, entre outros.

Telemetria – O uso de sistemas de medição inteligentes para o consumo de energia elétrica, de água, de gás e outros, tanto residencial como industrial, demandará uma quantidade expressiva de componentes eletrônicos, tendo em vista o número de residências e indústrias no Brasil.

Agricultura de precisão – Essa área de aplicação requer o uso crescente de semicondutores para monitoramento e controle automático da irrigação, aplicação de nutrientes e de defensivos nas lavouras. Os implementos agrícolas requerem uma automatização crescente para otimização dos processos, recursos e energia. Um país com grande extensão e produção agrícola deve investir para aumentar sua produtividade e competitividade.

Instrumentação médica – A área de assistência médica é também ávida por eletrônica. Uma UTI mais parece um laboratório de eletrônica que um hospital. Análises clínicas requerem redução de uso de reagentes e de tempo de resposta. Tudo isso é possível com o uso de tecnologia chamada *Lab on a Chip*, empregando sistema de microfluídicos com microssensores em tecnologia MEMS. O monitoramento e controle *in corpus* de grandezas vitais são também uma tendência, incluindo sistemas de marcapassos, controle de glicemia, ocular biônico, ouvido biônico, entre vários outros. Com a população envelhecendo e o alto custo da medicina, o desenvolvimento de novos instrumentos e dispositivos de baixo custo para auxílio à medicina é primordial, sobretudo para os países emergentes, com população pobre.

RFID – A identificação de pessoas, veículos e produtos em certos pontos é fundamental para controle de segurança, pagamento de impostos e pedágios, estoques, etc. Esta aplicação já é corriqueira em nosso meio e deverá crescer enormemente, abrindo grande demanda de mercado, com sistemas diversificados quanto a suas funções. Exemplos são o chip para passaporte e RG, o chip do boi, o projeto SINIAV para identificação de veículos, portos inteligentes, supermercados inteligentes, etc.

Robótica – O desenvolvimento de sistemas robóticos visa apoiar o ser humano na execução de operações repetitivas e muitas vezes perigosas, oferecendo um resultado com qualidade superior e consistente. As classes de aplicação, pesquisa e desenvolvimento nessa área incluem, entre outros: veículos robóticos (diferentes formas de veículos aéreos, terrestres, aquáticos, subaquáticos, voltados às mais diversas aplicações, como tomadas de imagens até dispositivos de atuação remota autônoma/semiautônoma); robótica de campo (agricultura, grandes veículos em transporte e manuseio de cargas, mineração, etc.); robôs de serviço (voltados ao apoio em atividades domésticas e de escritório no dia a dia, robótica para serviço doméstico como robô de auxílio à limpeza); robôs assistivos e de reabilitação (para suporte a portadores de necessidades especiais, robótica para auxílio ao idoso); robôs industriais; linhas viárias e veículos inteligentes (em rodovias e trânsito urbano, incluindo auxílio à condução); robôs para apoio a cirurgias; sistemas de processamento de imagens e visão computacional, em uma ampla gama que se estende de sistemas em tempo real (no âmbito da robótica e aplicações industriais, por exemplo) ao processamento *off-line* da informação (medicina, imagens de satélites, etc.).

8.2 Mercado de semicondutores

A eletrônica global constitui um dos maiores mercados, com um total anual de aproximadamente US$ 2 trilhões, sendo que os semicondutores respondem por aproximadamente US$ 300 bilhões (2010). A Figura 4 mostra a evolução desse mercado global ao longo das últimas décadas. De 1960 a 1995, cresceu a taxas médias de 16% a 17% ao ano; depois disso, o crescimento médio reduziu-se para aproximadamente 11% a 13% ao ano, com fortes oscilações ao longo do tempo. O Brasil importa praticamente todos os CIs que utiliza, tendo em vista a inexistência de uma indústria nacional nesse setor. No ano de 2008, as importações de CIs totalizaram US$ 4 bilhões (Figura 5), montante que deverá ser suplantado consideravelmente em 2010. A essas compras externas soma-se a importação de outros componentes e sistemas eletrônicos, produzindo um déficit na balança comercial correspondente a US$ 15 bilhões em 2008 (Figura 6). Esse déficit anual deve crescer significativamente nos próximos anos, tendo em vista que o mercado da área de TICs (tecnologias de informação e comunicação) cresce a taxas bem superiores às dos outros setores econômicos. Segundo dados apresentados por Peter Sondergaard, durante o Gartner

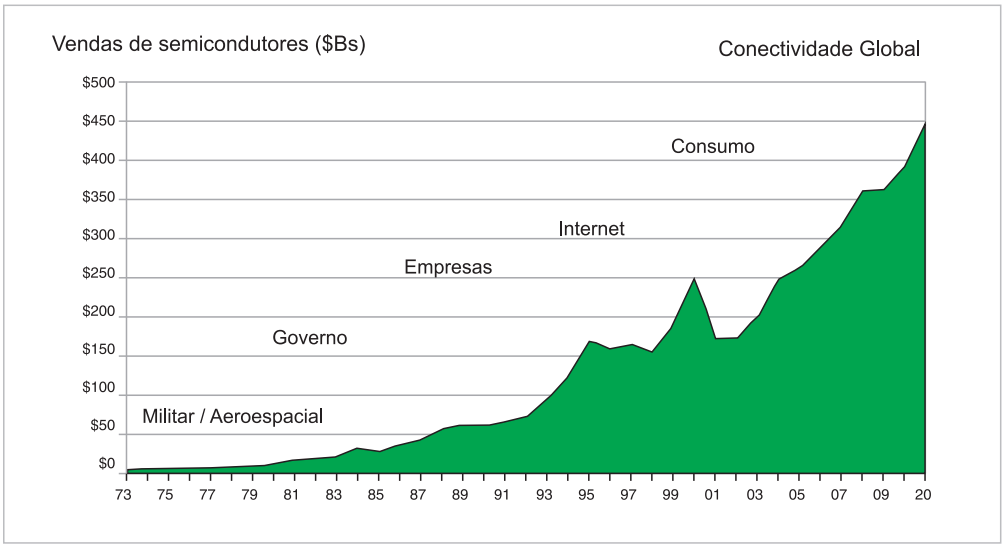


Figura 4 - Evolução do mercado de semicondutores até 2005 e previsão de crescimento, antes da crise econômica de 2008/2009, com indicação das aplicações predominantes.

Fonte: Gartner Dataquest 2005

Symposium, em São Paulo, em setembro de 2010, os gastos dos usuários finais de TI no Brasil chegaram a US$ 101,3 bilhões em 2010, representando 9,6% do PIB do país. Essa taxa está acima da média de 6,1% para os BRIC (Brasil, Rússia, Índia e China).

Os investimentos necessários para instalar e operar fábricas com tecnologia estado da arte de semicondutores, com dimensões críticas em escala nanométrica, estão na faixa de alguns bilhões de dólares e, portanto, requerem empresas de grande porte. Por outro lado, há espaço para várias atividades que não sejam fabricação *front-end* de tecnologia estado da arte, incluindo produtos específicos de baixo custo e/ou menores quantidades, produtos de eletrônica de potência, energia fotovoltaica, LED e OLED, displays, sensores e atuadores, projetos de CIs, incluindo projeto de blocos de propriedade intelectual (IPs) e empacotamento eletrônico (*back-end*). Os mercados globais de sensores e atuadores aproximam-se de US$ 10 bilhões, e os de displays atingem a ordem de US$ 100 bilhões (2010). Uma alternativa que não requer tão alto investimento são empresas de produção de CIs do tipo fabless, ou seja, sem planta própria, que terceirizam a produção. Dentre as dez maiores fabricantes de CIs mundiais, duas são do tipo *fabless*.

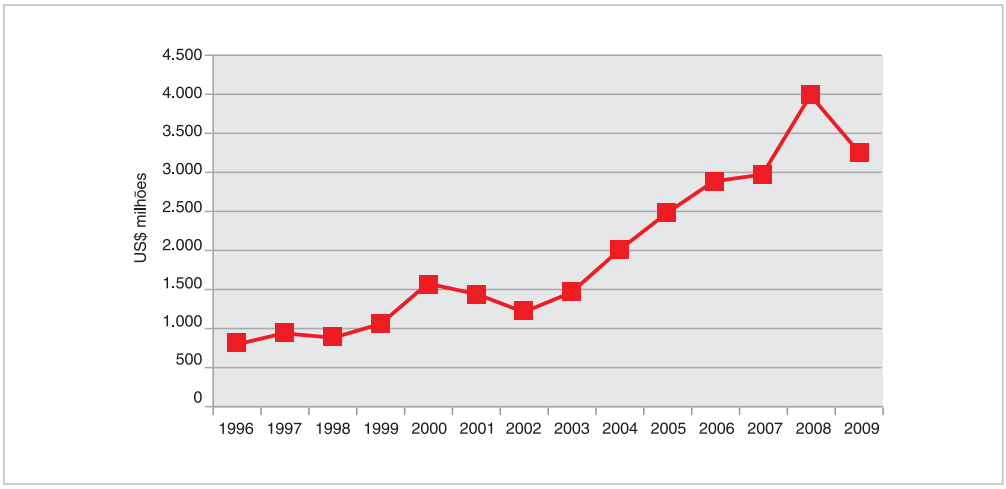


Figura 5 - Evolução das importações de CIs no Brasil.

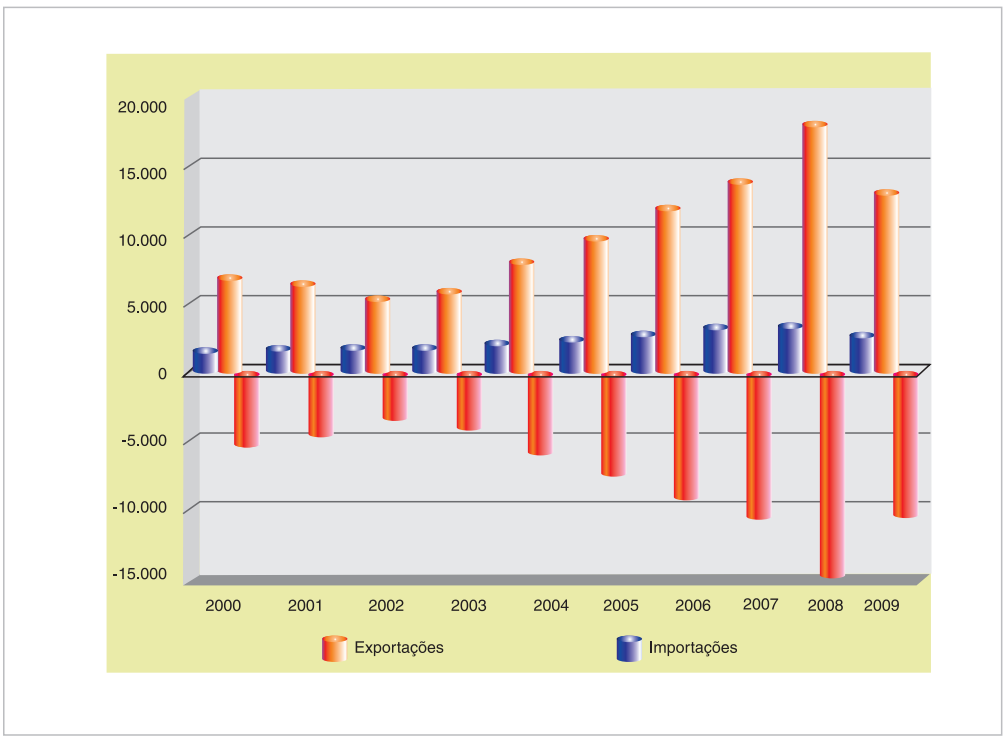


Figura 6 - Balança comercial de produtos e componentes eletrônicos.

8.3 Atividades de semicondutores no Brasil

O país teve atividades produtivas e científicas em semicondutores desde os anos 1960, bem cedo, portanto, relativamente à sua difusão mundial em meados dos anos 1950. Nos anos 1970, o Brasil estava em nível similar ou superior a países como Coreia do Sul e Taiwan. Porém, dezenas de atividades produtivas de semicondutores foram interrompidas nos anos 1990, após a política de abertura de mercados promovida pelo governo brasileiro. Atualmente temos uma fábrica de empacotamento de memórias (Smart), duas fábricas de componentes semicondutores discretos de potência (Aegis e Semikron), uma empresa de médio porte de projeto de CIs (Freescale) com quase 200 projetistas, e mais 17 *design houses* apoiadas pelo Programa CI-Brasil, localizados em Belo Horizonte, Brasília, Campinas, Florianópolis, Manaus, Recife, Rio de Janeiro e São Paulo. Uma empresa de fabricação de CIs, a Ceitec S/A, está em implantação em Porto Alegre, bem como uma nova empresa de empacotamento eletrônico de memórias (HT Micron).

Em junho de 2005 o MCT criou o programa CI-Brasil, dentro do Programa Nacional de Microeletrônica que fora instituído em 2002. O CI-Brasil apoia a atividade comercial de engenharia de projeto de circuitos integrados, em núcleos chamados de *design houses*, normalmente instalados próximos a centros universitários com pesquisa em microeletrônica. Até o final de 2010 haviam sido criadas 18 *design houses*, sendo sete com quase quatro anos de fundação, 11 criadas em 2009, das quais cinco são empresas privadas. As sete *design houses* iniciais já projetaram vários CIs comerciais para empresas. Como exemplos, podemos citar: chip de leitura de número de identificação por radiofrequência para rastreabilidade animal (pela Ceitec); moduladores para TV Digital DVB-C e DVBS2 e circuito de controle de iluminação pública (pelo Cetene); microcontrolador de oito bits baseado no Z80 para aplicação em TV analógica e Core Criptográfico do Algoritmo AES128 (pelo Werner Von Braun); detector de falha em sistemas de alta tensão, sintonizador para aplicações em TV digital, instrumentação industrial e protocolos de comunicação digital e analógica (pelo LSITec) e circuito decodificador de interface para cartão bancário (CTI), entre outros.

O Programa CI-Brasil, desde 2008, também apoia um programa de formação de engenheiros projetistas de CIs, com dois centros de treinamento, um na UFRGS, em Porto Alegre, e outro no CTI, em Campinas. Em dois anos o programa formou 340 projetistas.

O semicondutor predominante para CIs, MEMS e células fotovoltaicas, entre outras aplicações, é o silício. O Brasil possui uma das maiores jazidas de quartzo do

mundo, usado como matéria-prima para extrair o silício. O país tem essa atividade extrativa, porém com purificação até o grau metalúrgico (aproximadamente 99% de pureza). As aplicações eletrônicas e solares requerem níveis de pureza bem maior, chamadas respectivamente de eletrônica e solar. Essas etapas de purificação não são realizadas no Brasil, perdendo-se a oportunidade de exportar silício com maior valor agregado.

A falta de produção e desenvolvimento de componentes e produtos eletrônicos no país não somente afeta nossa balança comercial, mas também limita nossa capacidade de inovação, com novos produtos e aplicações nos vários setores da economia. Adicionalmente, ficamos sujeitos a restrições de exportação dos países desenvolvidos na compra de componentes considerados classificados ou estratégicos. Isso limita nosso desenvolvimento e competitividade em alguns setores, mesmo de âmbito civil, como por exemplo a área de satélites de comunicação e monitoramento ambiental.

Por fim, várias ações vêm sendo realizadas pelo governo (MCT, MDIC, BNDES, Finep, entre outros) para desenvolver o setor de semicondutores e atrair empresas para investimentos no país. Entre essas ações citamos a Lei de Informática, a Lei do Bem, a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (PADIS) e a recente MP 495, que inclui estímulo à tecnologia nacional nas compras governamentais, somados a programas de subvenção econômica. Estão em formação também redes do sistema Sibratec específicas para semicondutores: de Microeletrônica, de Produtos Eletrônicos e de Energia Fotovoltaica. O sistema Sibratec constitui instrumento de promoção de pesquisa e desenvolvimento para suporte e fomento às demandas das empresas por inovações tecnológicas.

Apesar dos investimentos e incentivos governamentais oferecidos, ainda não se observa um crescimento significativo das atividades empresariais de semicondutores no país. Quais seriam os maiores entraves para a atração dessas atividades? Podemos citar alguns: reduzida disponibilidade de mão de obra qualificada, alto custo (chamado *custo Brasil*), excesso de burocracia e de dificuldades aduaneiras, falta de desenvolvimento local de equipamentos eletrônicos, câmbio atual desfavorável, centros de P&D governamentais acanhados em termos de recursos financeiros e humanos quando comparados aos de países industrializados e mesmo emergentes, entre outros.

8.4 Recomendações

Para acelerar o desenvolvimento da área de semicondutores e suas aplicações recomendamos as seguintes ações e mecanismos:

- Priorizar P,D&I nos seguintes temas:
  - MEMS, sensores, *back-end* e integração de sistemas, projeto de CIs, testes, LED e OLED, eletrônica orgânica, fotovoltaico, TIC verde.
  - Inovação em componentes para instrumentação e redes de sensores com aplicações: agricultura, meio ambiente, saúde, educação, entretenimento, energia, telemetria, transporte, TIC verde, etc.
- Criar Observatórios Tecnológicos.
- Incentivar a inovação e aplicação de TI em setores estratégicos e áreas prioritárias da PDP.
- Estimular a produção de silício com valor agregado, grau eletrônico, grau solar e *wafers* (lâminas).
- Ampliar aporte de recursos do FNDCT para centros de P&D aplicados à indústria.
- Aperfeiçoar o modelo de gestão do FNDCT, visando programas de ações de longo prazo:
  - Operação de programas plurianuais.
  - Integração de mecanismos de apoio (crédito, subvenção, bolsas, capital de risco, etc.)
  - Criar novos modelos de operação da subvenção à inovação para apoiar demandas estratégicas de P&D, liberar P&D da Lei 8.666, contratação CLT em projetos financiados pela Finep, isenção ICMS, etc
- Multiplicar por dez as equipes de centros de P,D&I do governo e seus laboratórios associados, priorizando áreas tecnológicas.
- Ampliar e modernizar os laboratórios de micro e nanofabricação, projeto e aplicações, incluindo um grande centro nacional de P&D.
- Aumentar interação dos centros de P&D com a indústria e a criação de *spin-offs*.
- Continuar promovendo ações objetivas que adensem a cadeia produtiva de componentes, tendo como ponto de partida o mercado consumidor.

- Organizar a cadeia da Propriedade Intelectual.
- Fortalecer o programa CI-Brasil, dando suporte aos centros de projeto, visando a autossustentabilidade.
- Formar recursos humanos em quantidade e qualidade nos temas de projeto de CIs e em processos, empacotamento e testes.
- Fomentar o desenvolvimento de normas técnicas brasileiras, voltadas à qualificação e certificação nacional e internacional das novas tecnologias desenvolvidas.

Parte B

Setores Estratégicos

Capítulo 9
Químico

Jailson Bittemcourt de Andrade

9.1 Considerações iniciais

A agenda do século 21 tem por base três palavras que representam objetivos a serem alcançados por todos os segmentos sociais, em especial o acadêmico e o empresarial: sustentabilidade, interdisciplinaridade e inovação. Para tal é urgente o estabelecimento e fortalecimento das conexões entre educação, ciência, tecnologia e a inovação.

A sustentabilidade representa a busca permanente pelo bem-estar humano e a satisfação das suas necessidades econômicas e sociais, sem o comprometimento do progresso, do ambiente e do sucesso das futuras gerações. Para se atingir a sustentabilidade é necessário o rompimento das barreiras disciplinares, de modo que seja possível emergir uma visão ampla, estratégica e integrada dos diferentes fatores convergentes e/ou competitivos envolvendo a educação, a ciência, a tecnologia e a inovação.

A interdisciplinaridade emerge no início do século 21, substituindo completamente a visão e a abordagem disciplinar na educação, na ciência e na tecnologia que prevaleceram até a segunda metade do século 20. A monogamia disciplinar foi substituída pela poligamia, que cada vez mais requer uma visão e abordagem integradas das ciências naturais (biologia, física, matemática e química). Esta convergência permitiu o surgimento, neste século, de domínios híbridos,

mutáveis, convergentes e de elevada complexidade, resultando na unificação da ciência e da tecnologia baseada na combinação de grandes temas como, por exemplo, a nanotecnologia, a biotecnologia, a tecnologia da informação e a ciência cognitiva. Nesse sentido, os maiores desafios nas convergências científica e tecnológica estão além da fronteira das disciplinas. Ou seja, o principal foco é o tema em estudo e não a disciplina. (Figura 1).

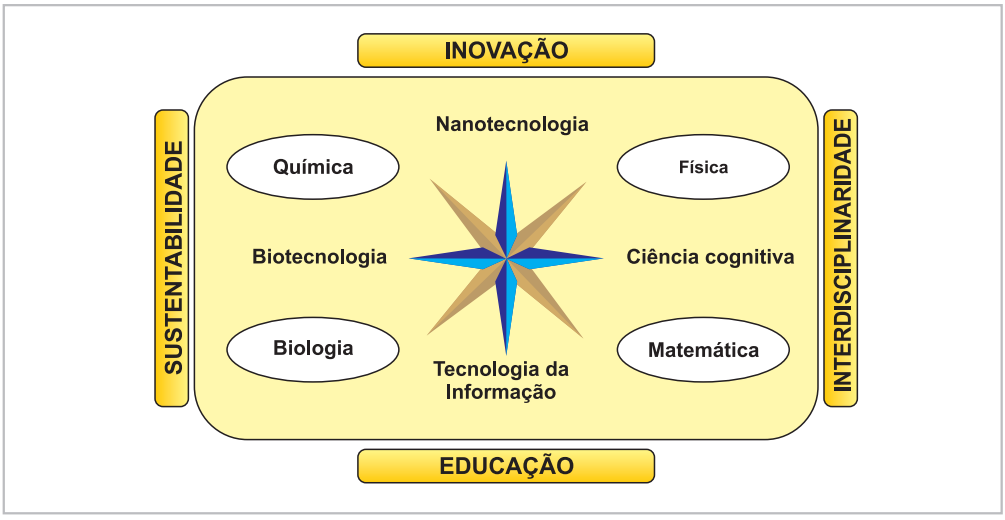


Figura 1 – Unificação da ciência e da tecnologia baseada na combinação de grandes temas.

A inovação, nesse novo cenário, emerge como a convergência que viabiliza a transformação de uma ideia, conceito ou invenção num produto comercial. Muitas das inovações consistem em melhorias incrementais de produtos e de processos. A inovação representa o principal combustível para a longevidade das corporações (Figura 2) e necessita de três fatores críticos para seu sucesso, quais sejam:

i) pessoal, de onde surgem as ideias que são o ponto central da inovação. Pessoal é o que define o ambiente inovativo, requerendo alto conteúdo de inteligência e criatividade;

ii) procedimentos, que requerem boas práticas de trabalho e padronização destas práticas para toda a equipe; e

iii) parcerias, que proveem o conhecimento, entendimento e habilidades, em tempo real, para a rápida inovação.

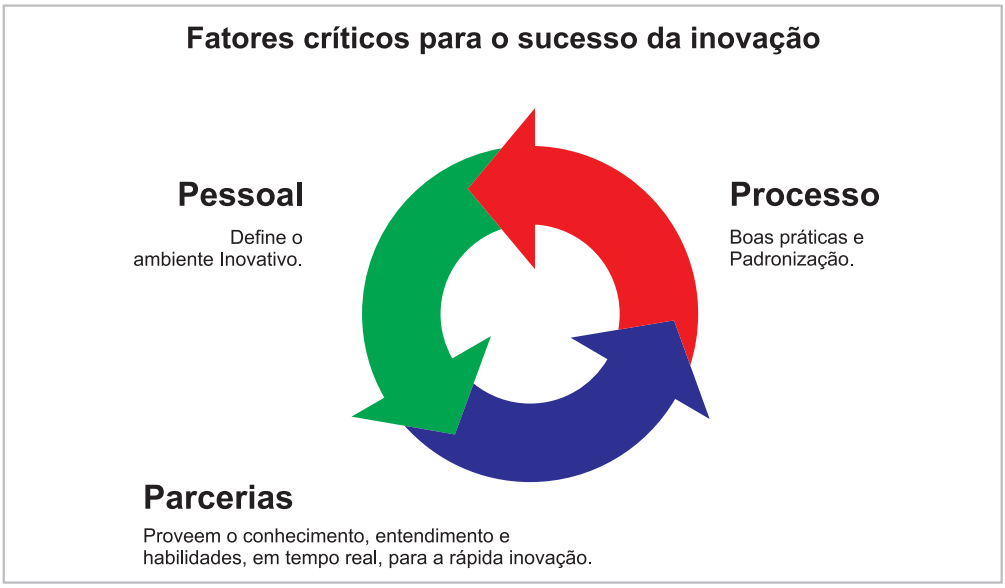


Figura 2 – Fatores críticos para o sucesso da inovação.

A agenda do século 21 exige mudanças de atitude significativas no setor empresarial e, especialmente, no setor acadêmico, requerendo uma reconfiguração ampla do ensino fundamental à formação de pós-doutores. São, pois, necessárias novas atitudes, novos currículos, novas concepções, novas formas de instituições educacionais e de instituições de pesquisa científica e tecnológica onde a criatividade e a coerência intelectual predominem.

9.2 O setor químico acadêmico

Nas duas ultimas décadas a área de química é uma das que apresentam maiores taxas de crescimento na formação de mestres e doutores, bem como no número de publicações de artigos em periódicos científicos de reconhecida qualidade. Vários componentes contribuíram para este crescimento, sendo que três merecem destaque: o amadurecimento acadêmico e científico do capital intelectual da área; a atuação proativa da Sociedade Brasileira de Química; e o apoio financeiro, da segunda metade da década de 1980 à primeira metade da década de 1990, do Plano de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT).

Em 2002, com o objetivo de contribuir para a formulação de políticas de C&T para a área de química, a diretoria e o conselho consultivo da Sociedade Brasileira de

Química, SBQ, promoveram uma série de atividades que resultaram na elaboração de um documento denominado "Eixos Mobilizadores em Química"[1]. O documento contemplou a discussão de temas como o ensino de graduação e pós-graduação em química, o novo modelo de financiamento à pesquisa, e a situação da área e suas perspectivas. Os eixos mobilizadores identificados foram:

i) Formação de recursos humanos qualificados;

ii) Desconcentração regional e combate à endogenia;

iii) Estímulo ao empreendedorismo e à interdisciplinaridade;

iv) Vinculação orçamentária de recursos para C&T;

v) Aproximação proativa da academia com a atividade econômica; e

vi) Combate aos gargalos institucionais.

Análises comparativas evidenciaram que para o país dar um salto na pesquisa científica e tecnológica, e também em inovação, era necessário um investimento significativo na formação de recursos humanos qualificados em profusão e em todos os níveis. Logo, o primeiro eixo mobilizador sugerido foi formação de recursos humanos qualificados. Associadas a este eixo estão algumas ações, tais como: estímulo ao acesso direto ao doutorado aos alunos que participaram do programa de iniciação científica; incentivo às atividades conjuntas da graduação e da pós-graduação; promoção de intercâmbio em química entre as instituições de ensino superior (IES) e também com as escolas de nível médio; o pós-doutorado deve ser considerado um processo de formação continuada; constituição de um grupo de trabalho da SBQ para acompanhar a implantação das diretrizes curriculares nas IES; incentivo a programas para a formação de professores, com nível universitário, para o ensino fundamental; realização de semanas nacionais de química com a participação de estudantes do nível médio, de graduação, pós-graduação e professores, como forma de mobilização e integração entre os vários níveis de ensino.

Uma visão geral da situação dos cursos de graduação em química revela que em 1998 eles ofereceram 5.737 vagas, matricularam em torno de 15.000 alunos e titularam 1.445 profissionais.

1 ANDRADE, J. B. de ; CADORE, S.; VIEIRA, P.C.;ZUCCO, C.; PINTO, A.; Eixos Mobilizadores em Química, *Química Nova*, 26(3), 445-451, (2003).

Após dez anos, em 2008, pode-se verificar (Tabela 1) que foram criados dez novos cursos e que ocorreu uma ampliação no número de vagas (8.146), no número de matriculados (21.440), e que o número de concluintes duplicou (3.063). Entretanto, estes números ainda são pequenos quando comparados ao tamanho do setor industrial químico brasileiro e a seus desafios para os próximos dez anos.

Tabela 1 - Evolução dos cursos de graduação em Química.

	1968	2008	% de crescimento
Nº Cursos	83	99	19,3
Vagas oferecidas	5.395	8.146	51,0
Candidatos	12.428	23.865	92,0
Ingressos	4.055	5.819	43,5
Matrículas	14.742	21.440	45,4
Concluintes	1.437	3.063	113,2

Uma visão geral da situação da pós-graduação em química, por meio da avaliação dos cursos realizada pela Capes, referente ao período 1998-2000, registrou a existência, em 2000, de 1.203 alunos matriculados no mestrado e 1.471 no doutorado, e a titulação, no triênio, de 1.064 mestres e 593 doutores. Naquele mesmo ano foram publicados 2.208 artigos, sendo 478 no País e 1.730 no exterior. Após dez anos, na avaliação do triênio 2007-2009, verificou-se um aumento significativo em todos os números: em 2009 havia 2.118 alunos matriculados no mestrado e 2.157 no doutorado e, no triênio, foram titulados 2.412 mestres e 1.371 doutores, e publicados 10.475 artigos. A pós-graduação em química revela um crescimento exuberante na primeira década deste século.

Tabela 2 - Avaliação dos cursos de pós-graduação em Química (dados Capes).

	1998-2000	2007-2009	% de crescimento
Matrícula mestrado	1.203	2.118	76,1
Matrícula doutorado	1.471	2.157	46,6
Titulação de mestres	1.064	2.412	126,7
Titulação de doutores	593	1.371	131,2
Publicação	2.208	10.475	374,4

A área de química foi pioneira na abordagem sistêmica da questão da informação. Já na sua criação, em 1977, a Sociedade Brasileira de Química decidiu editar um periódico, *Química Nova*[2] , publicado ininterruptamente e com crescentes qualidade e sucesso. Na segunda metade da década de 1980, ocorreu a criação de um novo periódico, o *Journal of the Brazilian Chemical Society*[3], publicado totalmente em língua inglesa e contendo apenas artigos científicos. Na década de 1990 foi criado o terceiro periódico, *Química Nova na Escola*[4], que contém textos dedicados especialmente aos professores e estudantes do ensino médio e superior. Já neste século foi criado o *Química Nova Interativa*, um portal do conhecimento em química dedicado aos estudantes e professores do ensino fundamental e médio, desenhado para atuar como a conexão entre a ciência e a educação[5].

A visibilidade do que se publica em química no Brasil pode ser avaliada por meio de *Química Nova* e do *Journal of the Brazilian Chemical Society*, JBCS. Ambos recebem mais de 800 artigos por ano para publicação e exibem expressivos fatores de impacto[6], respectivamente, 0,89 e 1,46, que são os maiores quando comparados com outros periódicos da área editados na América Latina e Caribe. O *JBCS*, por exemplo, recebeu 836 artigos para publicação em 2009, sendo 54% oriundos de outros países.

2 http://quimicanova.sbq.org.br/index.php
3 http://jbcs.sbq.org.br/
4 http://qnesc.sbq.org.br/
5 http://qnint.sbq.org.br/qni/pagina.php?idPagina=12
6 http://isiwebofknowledge.com/products_tools/analytical/jcr/

O crescimento do setor químico acadêmico é expressivo e continuado. Entretanto, alguns gargalos permanecem e precisam ser revistos: a formação de professores de química é pequena quando comparada com as necessidades do País; os cursos de graduação continuam formando químicos voltados prioritariamente para os cursos de pós-graduação, enquanto os cursos de pós-graduação continuam formando mestres e doutores para atuarem, prioritariamente, no setor acadêmico. É necessário reforçar a conexão entre a formação de químicos e o desafio educacional do País, bem como a formação de mestres e doutores empreendedores e conectados com os desafios do setor industrial químico.

9.3 O setor químico industrial

Em documento recente, a Confederação Nacional da Indústria[7] prevê que o Brasil pode dobrar a sua renda *per capita* a cada 15 anos, atingindo cerca de U$ 20 mil em 2025 e U$ 40 mil em 2040, ressaltando que a produção e a exportação de manufaturas constituem o caminho mais viável para a transição de uma economia de baixa renda para outra de renda média ou alta. Hoje, um de cada quatro trabalhadores formais está empregado na indústria, que paga 27% do total de salários da economia e responde por 22% do PIB do Brasil. O documento destaca ainda que a educação é a base para a produtividade e a inovação e que estes dois elementos estão no DNA dos casos de sucesso de empresas brasileiras que se tornaram mais competitivas nos mercados nacional e internacional.

Entretanto, existem razões para preocupação, embora não se possa caracterizar a situação brasileira atual como um caso clássico de desindustrialização. A estabilização econômica dos anos 1990 e a superação da restrição externa na primeira década deste século – com o crescimento das exportações com base agroindustrial – criam condições que favorecem a valorização do câmbio e colocam sob discussão o papel da indústria na estratégia de crescimento do país. Comparando-se a situação atual com a da década de 1980, pode-se observar que a participação da indústria na economia do país em 2008 foi 23%, o que representa uma redução significativa em relação aos 36% de 1985.

7 A indústria e o Brasil: uma agenda para crescer mais e melhor. Confederação Nacional da Indústria. – Brasília, 2010. 235 p. : il. ISBN 978-85-7957-025-4.

O relatório do Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (Iedi) referente ao primeiro semestre de 2010 amplia a preocupação com a desindustrialização, pois registra déficit crescente nos segmentos de eletroeletrônica, química, bens de capital e equipamentos de transporte, atingindo US$ 28,5 bilhões naquele período. O setor industrial químico, que é um dos mais importantes e dinâmicos da economia do país e se situa entre os dez maiores do planeta, teve queda de faturamento em 2009. De acordo com a Abiquim[8] , o faturamento líquido foi de US$ 103,3 bilhões, 15,5% abaixo do valor do ano anterior (Figura 3).

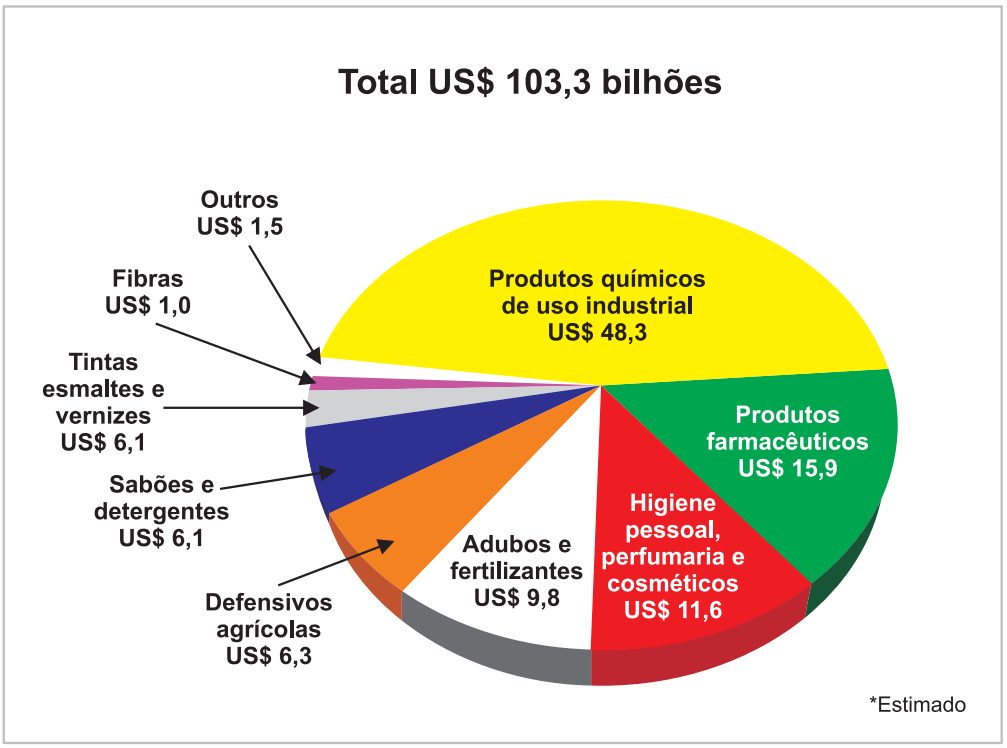


Figura 3 - Faturamento Líquido da Indústria Química Brasileira - 2009*.

Fonte: Abiquim e associações do segmento

8 http://www.abiquim.org.br/conteudo.asp?princ=ain&pag=balcom

Para comparação, o setor industrial químico dos Estados Unidos da América é a principal fonte de produtos químicos no mundo, com um faturamento anual de US$ 674 bilhões[9] . Existem mais de 80 mil produtos químicos registrados nos Estados Unidos e mais de dois mil são registrados anualmente. O empreendimento químico é o maior negócio no país e está relacionado a cerca de 25% do produto interno bruto. O setor químico é o responsável pelo emprego de cerca de cinco milhões de trabalhadores e pela maior parte das exportações, atingindo US$ 174 bilhões anuais.

O Brasil tem a segunda indústria química do continente americano, atrás apenas dos Estados Unidos da América, e está entre os dez mais importantes no ranking mundial. Dentre estes, considerando o faturamento total em 2009 da ordem de US$ 2,5 trilhões, o faturamento do setor industrial químico brasileiro representou cerca de 4,2%. Em razão da crise internacional, que derrubou a demanda mundial e puxou os preços para baixo, as exportações da indústria química brasileira caíram 12,2% em 2009, atingindo a cifra de US$ 103,4 bilhões[10] . As importações tiveram redução mais acentuada (-25,5%), baixando para US$ 26,1 bilhões. Com isso, o déficit da balança comercial de produtos químicos passou de US$ 23,20 bilhões em 2008 para US$ 15,7 bilhões em 2009.

Em 2008, cerca de 50% (US$ 61,2 bilhões) do faturamento do setor industrial químico brasileiro se referiu à exportação de produtos químicos de uso industrial. Em 2009, a parcela de faturamento deste setor diminuiu para 46,7%, equivalente a US$ 48,3 bilhões. A comercialização de commodities é importante para a balança comercial brasileira; entretanto, é urgente a agregação de valor à matéria-prima nacional como forma de melhorar o desempenho do país no comércio internacional.

Uma visão geral de alguns parceiros comerciais revelou que Argentina, Paraguai e Uruguai importaram US$ 2,3 bilhões em produtos químicos brasileiros em 2009, representando 22% do total das exportações do setor. Estados Unidos, Canadá e México compraram cerca de US$ 2,2 bilhões, valor equivalente a 21% das vendas externas. No sentido inverso, a União Europeia, com vendas de US$ 8,4 bilhões, permaneceu como o principal fornecedor de produtos químicos para o Brasil. Em 2009 a participação do setor industrial químico brasileiro no PIB foi de 2,6%, apresentando uma queda de 0,4% quando comparado com 2008, e de 1,0% na comparação com 2004. O PIB brasileiro fechou 2009 com queda de 0,2%.

9 http://www.americanchemistry.com/s_acc/sec_topic.asp?CID=5&DID=8
10 http://www.abiquim.org.br/conteudo.asp?princ=ain&pag=balcom

O setor químico industrial, global e no Brasil, é um dos maiores investidores em pesquisa e desenvolvimento, com índices crescentes de inovação. O seu maior desafio atual é a sustentabilidade, que deve envolver produtos, processos, energia, competitividade econômica e, especialmente, não agredir o ambiente e a vida. Isto inclui o estabelecimento e/ou a potencialização de conexões estratégicas entre pesquisa básica, desenvolvimento tecnológico, inovação e articulação social.

Neste século, o grande consumo de matérias-primas deve ser substituído, em vários setores, pelo reuso e reciclagem. O Brasil já é um exemplo na produção de alumínio. O consumo intensivo de energia para a produção deste elemento químico a partir da bauxita, acoplado à limitação energética nacional, resultou num sistema de reciclagem de latas de refrigerante e cerveja altamente eficiente.

Pelo menos outras duas mudanças significativas são necessárias: a migração do uso intensivo de combustíveis fósseis para o uso de energia renovável; e a transição do controle de efluentes para a economia de átomos. Essas mudanças representarão importante passo para a economia de matéria-prima e de recursos financeiros e para proteção ao ambiente e à vida (Figura 4).

Os desafios e oportunidades no setor químico com relação a ciência, tecnologia e inovação, e o uso dos recursos naturais estão bem documentados em uma edição especial do periódico *Química Nova*[11] , como também foram amplamente discutidos na

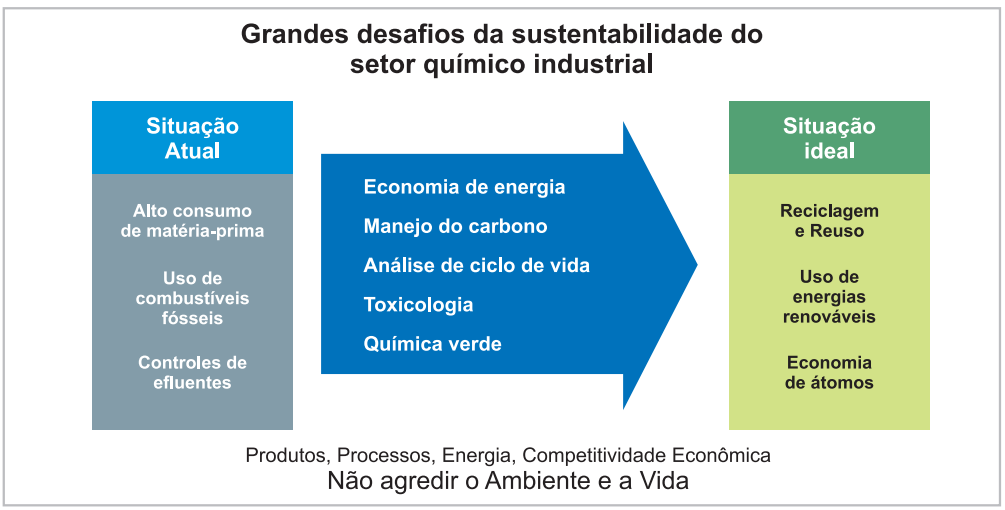


Figura 4 - Sustentabilidade.

11 http://quimicanova.sbq.org.br/index.php

4ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, em maio de 2010. Dois dos documentos apresentados na Conferência refletem uma visão ampla do setor[12] , Sessão Áreas Estratégicas, Nanotecnologias, Produtos da Agricultura e Minerais Abundantes, Brasília, Brasil, 2010. Um caso de sucesso que sempre merece ser citado é o do etanol combustível. O Brasil é hoje o único, no mundo, que produz combustível líquido a partir de fontes renováveis a preços competitivos com os derivados de petróleo e sem qualquer subsídio. Atualmente, o Brasil está produzindo mais de quinze bilhões de litros de etanol por ano, a partir de cana-de-açúcar (5.200 litros de etanol por hectare e custo menor do que US$ 0,60 por galão (3,6 litros)). Uma tonelada de cana produz cerca de 70 litros de etanol e 250 kg de bagaço, cuja hidrólise, quando otimizada, poderá dobrar a produção de etanol sem ampliação da área plantada.

Para efeito de comparação, em 2006 os Estados Unidos da América produziram cerca de 4,8 bilhões de litros de etanol a partir do milho. Enquanto o etanol obtido a partir da cana-de-açúcar produz oito Joules para um Joule consumido no processo, o obtido do milho produz apenas 1,3 a 1,8 Joule. Uma das metas dos Estados Unidos da América é em 2012 produzir etanol a partir da celulose a custo competitivo.

Do ponto de vista ambiental, vale ressaltar que a produção de etanol, como a de todos os biocombustíveis, é uma estratégia para consumo de CO_2 atmosférico. A agricultura é um dos mais óbvios capturadores de CO_2, contribuindo decisivamente para a redução do teor de gases estufa. Nesse sentido, o desenvolvimento de processos para produção de fertilizantes de liberação controlada e de condicionadores orgânicos, como o "biochar" ou "terra preta de índio", são de grande relevância na minimização dos custos de importação de fósforo e potássio, utilizados como fertilizantes, bem como de novos processos que potencializem o uso de micro-organismos na conversão de nitrogênio da atmosfera em fertilizante.

Um grande desafio é a criação de novas atividades produtivas baseadas em recursos renováveis dos ecossistemas, cujo principal resultado seja a agregação de valor ao próprio ecossistema e cujo resultado final seja a sua proteção e perenização. Há muitos casos a considerar, mas o de maior vulto, obviamente, é a Floresta Amazônica. É possível retirar da floresta, sem danos, o que é natural e abundantemente reposto, ou seja: água, ar e luz solar. Podem-se retirar da floresta, por exemplo, óleos, ceras e látex, desde que sejam produzidos e transportados de forma não agressiva. Por outro lado, a

12 ANDRADE, J. B. de; LOPES, W. A. 4ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, Brasília, Brasil, 2010, Sessão Plenária 3, pp. 163-167.

floresta e seus rios têm carência de constituintes simples e de baixo valor, como o cálcio, o que cria limitações sérias ao desenvolvimento da própria biota. Carências de cálcio podem ser corrigidas realizando-se a calagem, mas a custos de transporte inaceitáveis. Por outro lado, o uso de sistemas de liberação controlada no fornecimento de cálcio e outros insumos críticos pode demandar quantidades muito inferiores, que resultem gastos muito menores com transporte, viabilizando economicamente o seu uso[13].

O desenvolvimento de empresas com alto conteúdo tecnológico no Brasil envolve, além de boas ideias, pessoal, procedimentos, parcerias; a coragem e o "olhar de Janus"! Não basta desenvolver o novo produto. É preciso desenvolver uma cadeia de "fornecedores verdes", no sentido ambiental, social e tecnológico. Se de um lado é preciso vislumbrar e desenvolver o antes (a cadeia de fornecedores), do outro lado é preciso identificar os possíveis consumidores e/ou desenvolver a cadeia que utilizará o novo produto. Nesse sentido, é urgente rever o sistema de incentivos à inovação e aos gastos de P&D do setor empresarial, bem como a implantação de políticas efetivas de fortalecimento de micro e pequenas empresas (Figura 5).

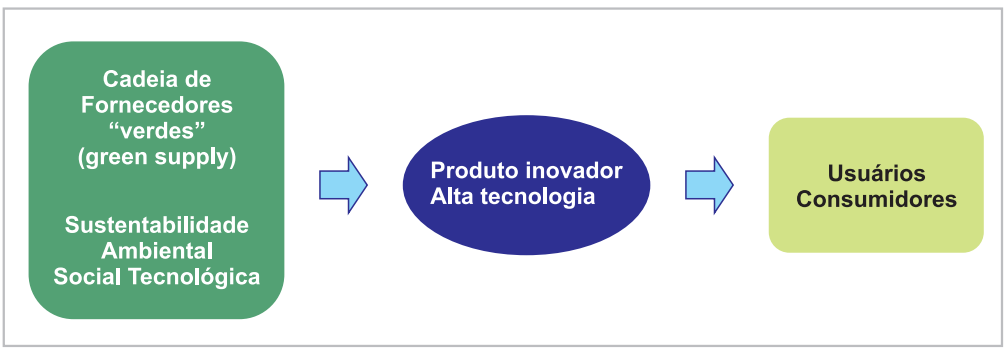


Figura 5 - Sustentabilidade - Empresas de alta tecnologia.

O Brasil tem uma série de desafios a enfrentar para promover a inovação e garantir o desenvolvimento tecnológico das empresas. Um deles é investir pesado na qualidade da educação e no aumento do nível de escolaridade dos trabalhadores. É preciso, pois, educar para inovar e inovar para educar. O país está pronto para a agenda do século 21, que exige foco e investimentos em inovação, sustentabilidade e interdisciplinaridade. O que somente se tornará viável com o fortalecimento das conexões entre educação, ciência, tecnologia e inovação.

13 GALEMBECK, F.; 4ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, Brasília, Brasil, 2010.

9.4 Recomendações

- Promover uma reconfiguração ampla do ensino fundamental à formação de pós-doutores. São, pois, necessárias novas atitudes, novos currículos, novas concepções, novas formas de instituições educacionais e de instituições de pesquisa científica e tecnológica onde a criatividade e a coerência intelectual predominem.
- Reforçar a conexão entre a formação de químicos e o desafio educacional do País, bem como a formação de mestres e doutores empreendedores e conectados com os desafios do setor industrial químico.
- Estimular e apoiar a transformação do setor químico industrial numa atividade sustentável. Esta transformação deve envolver produtos, processos, energia, competitividade econômica e, especialmente, não agredir o ambiente e a vida. Isto inclui o estabelecimento e/ou a potencialização de conexões estratégicas entre pesquisa básica, desenvolvimento tecnológico, inovação e articulação social.
- Estimular a criação de novas atividades produtivas baseadas em recursos renováveis dos ecossistemas, cujo principal resultado seja a agregação de valor ao próprio ecossistema e cujo resultado final seja a sua proteção e perenização.
- Rever o sistema de incentivos à inovação e aos gastos de P&D do setor empresarial, bem como a implantação de políticas efetivas de fortalecimento de micro e pequenas empresas. É necessário intensificar a inovação tecnológica em empresas de todos os portes e em outros arranjos econômico-produtivos e fortalecer a sua interação com instituições de pesquisa. Deve ser estimulada a agregação de valor a matérias-pri-mas e a geração de novos produtos e processos, bem como a criação de empresas de base tecnológica e a promoção de projetos mobilizadores.
- Rever o sistema de avaliação de pesquisadores, projetos, cursos e instituições. Aspectos relacionados a Tecnologia e a Inovação devem ser incluídos, qualificados e valorizados nos processos de avaliação; e
- Apoiar e incentivar cada vez mais a pesquisa básica. Ela é o principal vetor do desenvolvimento tecnológico e da inovação.

Agradecimentos aos colegas professores Angelo Pinto (UFRJ), Antonio Mangrich (UFPR), Cesar Zucco (UFSC), Fernando Galembeck (Unicamp) e Wilson A. Lopes (UFBA), e à doutora Lilian Guarieiro (UFBA), pelas valiosas sugestões e comentários.

Parte B

Setores Estratégicos

Capítulo 10
Fármacos e Medicamentos

João Batista Calixto

10.1 Pesquisa e desenvolvimento de medicamentos

O processo de pesquisa e desenvolvimento (P&D) de um novo medicamento pode ser caracterizado como um dos mais exigentes, custosos e longos, entre todos os setores da economia. O processo que conduz a uma droga inovadora, desde a etapa de P&D até sua introdução no mercado, pode demorar mais de dez anos e é dividido em quatro grandes etapas: pesquisa básica (descoberta), pesquisa pré-clínica e pesquisa clínica, registro e pós-comercialização (Figura 1).

A pesquisa básica é a fase em que se procura identificar novos compostos promissores como candidatos ao tratamento de alguma doença. Essa busca pode ocorrer por meio de diversas rotas tecnológicas, como síntese química, prospecção de compostos naturais (plantas, animais, microrganismos, produtos marinhos, etc.), ou por processos biotecnológicos. Nesse estágio, são pesquisados milhares de compostos; aqueles que se mostrarem promissores na fase de pesquisa básica continuam a ser investigados. Após a descoberta da molécula líder, passa-se à etapa de desenvolvimento do medicamento com o início dos testes pré-clínicos, considerados o grande filtro no processo de P&D no desenvolvimento de novas drogas. Nessa etapa, são feitos testes em laboratório (*in vitro*) e em animais (*in vivo*), para realizar-se a prova de conceito do novo composto, bem como se avaliarem os parâmetros de sua segurança e eficácia pré-clínica. Para os estudos de segurança, são realizados testes de toxicidade (aguda e

crônica), a fim de se determinarem os potenciais efeitos nocivos da droga no sistema orgânico – em especial nos sistemas cardiovascular, nervoso central e reprodutivo –, bem como alterações genéticas. Outros testes *in vivo* têm o objetivo de avaliar a absorção, distribuição, metabolização e excreção do novo composto, bem como seu grau de estabilidade e pureza. São os testes pré-clínicos, em especial em animais, que oferecem as margens de segurança para o início dos primeiros testes em humanos (os ensaios clínicos de fase I, ou de segurança). Os ensaios clínicos, conhecidos como fase I, II e III, constituem a etapa mais onerosa e demorada no processo de desenvolvimento de um novo medicamento, e consistem em submeter a droga aprovada na etapa pré-clínica a testes de segurança e, posteriormente, de eficácia em humanos. Somente com base nos resultados dos ensaios clínicos é possível a elaboração de um dossiê completo de informações necessárias para a obtenção do registro por parte das agências regulatórias, condição necessária para posterior comercialização do medicamento.

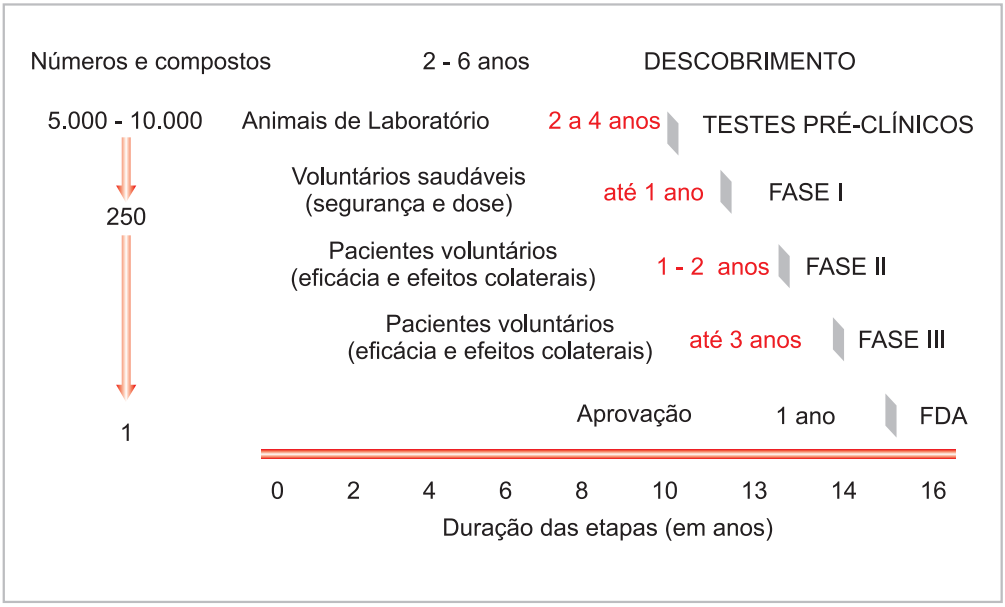


Figura 1 - Etapas da pesquisa e desenvolvimento de um novo medicamento.

Fonte: Pharma. Baseado nos dados do Centro para o Estudo do Desenvolvimento de Drogas, Tufts University

Várias etapas do desenvolvimento de medicamentos necessitam ser realizadas de acordo com as "Boas práticas de laboratório" (BPL, Good laboratory practices). Esse sistema, aprovado há mais de 40 anos, é considerado atualmente um pré-requisito para qualquer laboratório interessado em desenvolver ensaios para o registro de um novo medicamento. Desde então, como tendência mundial, ficou claro que cada dado obtido (protocolos e resultados) deveria ser documentado, e um relatório final detalhado seria submetido às autoridades relacionadas. Os princípios das boas práticas elaborados pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) foram desenvolvidos por um grupo de peritos em BPL, em 1978, sob o programa de controle de produtos químicos. Apesar de as BPL serem adotadas há mais de 40 anos nos países desenvolvidos, a falta de laboratórios qualificados para trabalhar dentro de seus princípios constitui um dos mais importantes gargalos para o desenvolvimento de produtos farmacêuticos no Brasil. Diante dessa constatação, o governo federal (representado pelos Ministérios da Saúde e da Ciência e Tecnologia) tomou a iniciativa de financiar dois centros de referência dotados com BPL, que estão sendo construídos na Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, e no Sapiens Parque, em Florianópolis, SC.

10.2 Os mercados brasileiro e mundial de medicamentos

A partir da Segunda Guerra Mundial, a indústria farmacêutica surgiu em vários países da Europa e, sobretudo, nos Estados Unidos. Surgiram também as grandes corporações farmacêuticas multinacionais, sediadas em poucos países, principalmente nos Estados Unidos, Japão, Alemanha, Suíça, Inglaterra e França. Uma forte e estreita interação entre as principais indústrias farmacêuticas, as universidades de vários países e institutos de pesquisas da Europa e Estados Unidos passou a ser firmada, iniciando a partir daí o conceito moderno empregado para a descoberta e o desenvolvimento de novos medicamentos, baseado em: descoberta de alvos terapêuticos; desenho e seleção da molécula líder para o alvo pretendido; otimização da molécula líder; seleção da molécula candidata ao desenvolvimento; finalmente, a descoberta do medicamento. Para agilizar esse processo, a indústria passou a utilizar os recursos da química combinatória e a realizar testes totalmente controlados por robôs de alta capacidade, em condições de testar milhares de amostras a cada dia. Esse fato, ao mesmo tempo que reduziu, em parte, o tempo da descoberta de novas drogas, fez com que os custos de desenvolvimento de um novo medicamento aumentassem expressivamente. A Figura 2

mostra que, acima de qualquer outro setor, a indústria farmacêutica mundial é a que mais investe em pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I), cerca de 20% do seu faturamento das vendas, contra 6% da indústria eletrônica, 5% da indústria de telecomunicações e 4% da automobilística. No ano de 2008 a indústria farmacêutica mundial investiu US$ 65 bilhões em P&D. Somente nos EUA foram aplicados US$ 45 bilhões. Assim, em função do longo tempo, dos altos custos e dos elevados riscos envolvidos no desenvolvimento de um novo medicamento (estimado atualmente em mais de US$ 1 bilhão), essas pesquisas ficam restritas a poucos países desenvolvidos. Os Estados Unidos são os líderes absolutos, com cerca de 40% das descobertas mundiais, seguidos do Japão, com 19%, Alemanha (10%), França (9%), Reino Unido (7%) e Suíça (5%).

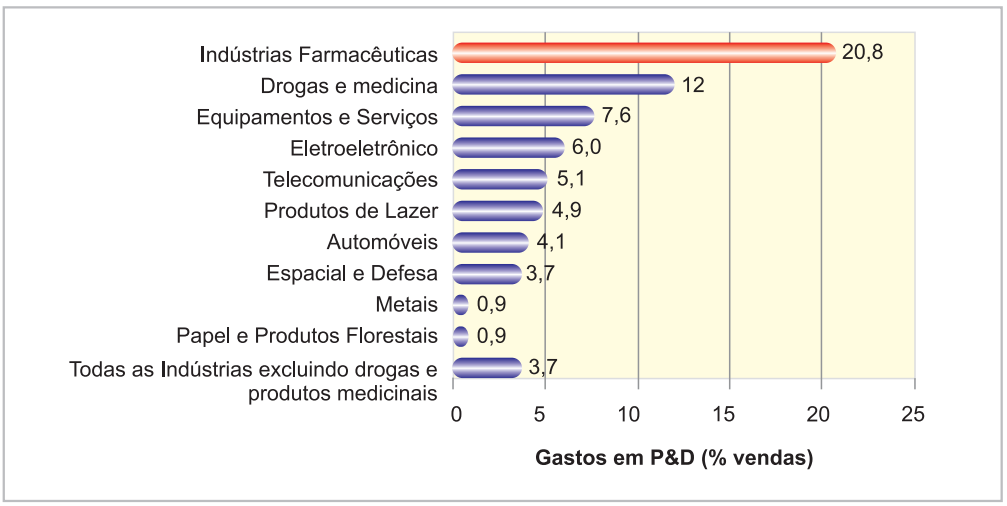


Figura 2 - Gastos em P&D como percentagem do faturamento em vários setores da economia.

Fonte: Drug Discovery and Development - Technology in transition, H.P.Ra ng; 313,2006.

Apesar dos custos crescentes para se desenvolver uma droga, a quantidade de novas entidades químicas aprovadas mundialmente vem decrescendo marcadamente a cada ano, estabilizando nos últimos quatro anos em torno de 18-21 novas drogas (Figura 3). Tal fato fez com que os investimentos em P&D por parte das grandes indústrias farmacêuticas mundiais passassem de cerca de US$ 2 bilhões na década de 1980 para mais de US$ 65 bilhões atualmente. Isso explica, pelo menos em parte, o grande aumento dos preços observados para os novos medicamentos.

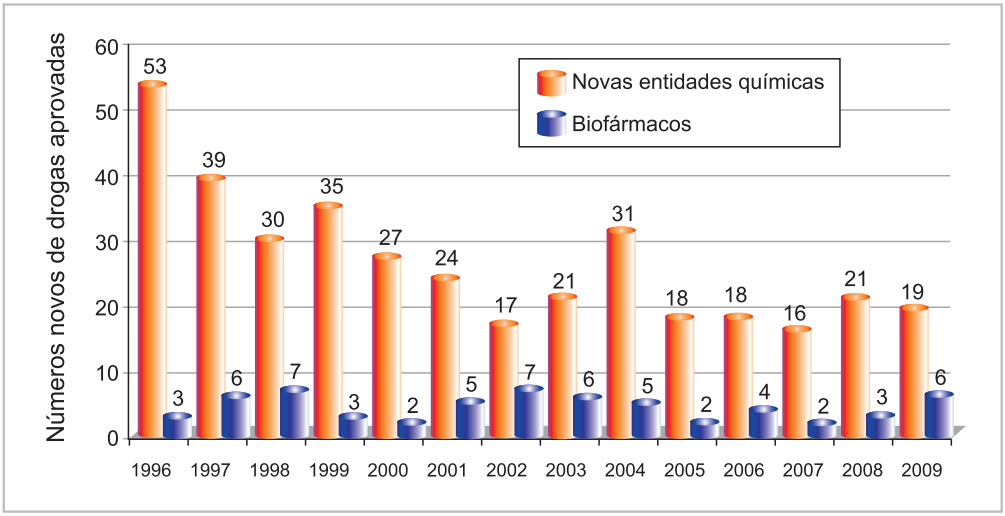


Figura 3 - Desenvolvimento de novos medicamentos.

Fonte: Nature Reviews Drug Discovery 5: 976,2006

Na última década ocorreram avanços científicos relevantes que contribuíram para o surgimento de novos medicamentos produzidos por processos biotecnológicos, especialmente com o emprego de anticorpos monoclonais. Assim, foi possível avançar no tratamento de doenças até então sem uma terapia adequada, principalmente de vários tipos de câncer e das chamadas doenças autoimunes. O mercado mundial desses medicamentos em 2008 atingiu cerca de US$ 85 bilhões e a expectativa era que chegasse a US$ 100 bilhões em 2010. Entretanto, considerando os complexos processos de fabricação e o controle de qualidade desses medicamentos, seus custos são em geral muito elevados, impactando seriamente os gastos governamentais. No Brasil, os biofármacos utilizados na clínica são na sua totalidade produzidos em países desenvolvidos. Tal fato tem criado problemas sérios para o SUS, pois, embora comparados com os medicamentos sintéticos os medicamentos produzidos por rotas biotecnológicas correspondam atualmente a apenas 2%, em função de seus elevados custos eles representam cerca de 45% dos gastos governamentais com medicamentos. A expectativa é que nos próximos anos sejam desenvolvidos e lançados no mercado novos medicamentos de origem biotecnológica, o que certamente causará impacto financeiro imprevisível no Sistema Único de Saúde (SUS).

Alguns dos primeiros biofármacos desenvolvidos na última década já estão com suas patentes vencidas, fato que, em tese, permitiria a indústrias brasileiras comercializá-los na forma de biossimilares. Ocorre, porém, que somente recentemente

alguns poucos países estabeleceram regulamentos para o registro de tais produtos. A Anvisa está neste momento (final de 2010) discutindo com a comunidade em geral uma proposta de regulamentação para permitir que empresas brasileiras possam registrar esses medicamentos na forma de biossimilares. Algumas das maiores empresas nacionais, lideradas por Cristália, EMS, Eurofarma e Aché, já estão trabalhando para comercializar esses medicamentos no Brasil. Os desafios tecnológicos a serem vencidos são enormes, mas existem reais possibilidades de que, caso haja uma política de Estado, e bem coordenada, o Brasil poderá, no futuro não muito distante, fabricar alguns desses medicamentos cujas patentes já estão expiradas.

Os dados da Figura 4 mostram que o mercado brasileiro de medicamentos é expressivo, mesmo levando-se em conta que cerca de 50% da população brasileira ainda não tem acesso a eles por falta de recursos. Essa parcela da sociedade é assistida pelos governos federal, estadual e municipal, por meio do SUS. Tendo em vista que o Brasil encontra-se em processo de crescimento, o aumento do PIB e a distribuição da renda podem causar aumentos significativos nesse mercado. O mercado de medicamentos no Brasil em 2009 foi da ordem de R$ 33 bilhões (cerca de US$ 17 bilhões), o que posiciona o Brasil entre os dez maiores mercados do setor. Apesar disso, a indústria farmacêutica de capital nacional brasileiro ainda é bastante incipiente, sendo considerada uma indústria de transformação.

Outro aspecto preocupante é o fato de que há um processo crescente de desnacionalização do setor industrial farmacêutico no Brasil. A Tabela 1 mostra que apenas oito empresas nacionais figuram entre as 30 maiores indústrias farmacêuticas

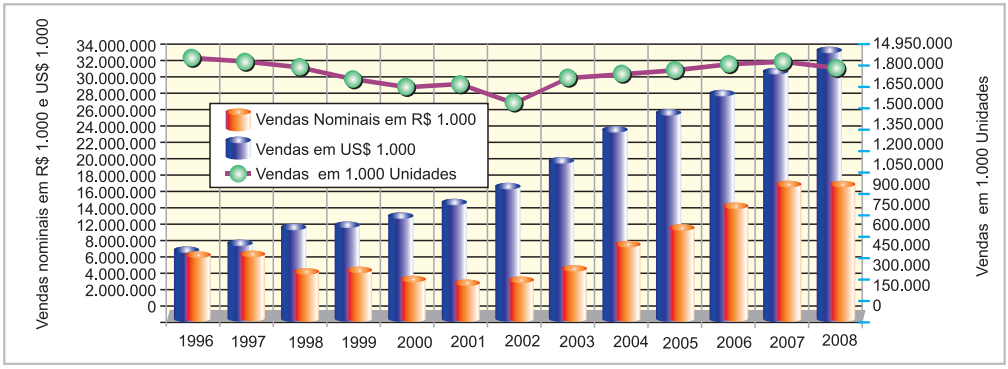


Figura 4 - Mercado Farmacêutico - Brasil
Vendas nominais em R$ 1.000 e US$ 1.000 (sem impostos)
e em 1.000 unidades - Período: 1997 a 2009.

Os dados de 2002 a 2007 foram retificados pelo Grupemef *(vide nota na tabela de dados)*
Fonte: GRUPEM EF - Elaboração: Sindusfarma / Gerência de Economia

Tabela 1 - As 30 maiores indústrias farmacêuticas no Brasil em 2009.

RANKING	COMPANHIA	R$ (MILHÕES)	PERCENTAGEM DO MERCADO
1	**EMS PHARMA**	2.012.019	5,97
2	SANOFI-AVENTIS	1.806.843	5,36
3	**ACHÉ**	1.721.670	5,11
4	**MEDLEY**	1.547.327	4,59
5	EUROFARMA	1.246.626	3,70
6	NOVARTIS	1.213.014	3,19
7	PFIZER	1.074.537	3,18
8	BAYER SCHERING PH	803.118	2,38
9	ASTRAZENECA BRASIL	743.899	2,21
10	BOEHRINGER ING	644.987	1,91
11	NYCOMED PHARMA LTD	623.951	1,85
12	BIOLAB-SANUS FARMA	601.885	1,79
13	SANDOZ DO BRASIL	589.020	1,75
14	ROCHE	563.668	1,67
15	D M IND.FTCA	562.480	1,67
16	**MANTECORP I Q FARM**	558.037	1,66
17	SCHERING PLOUGH	550.900	1,64
18	MERCK	533.689	1,59
19	**NEO QUIMICA**	466.528	1,59
20	**LIBBS**	446.360	1,32
21	ABBOTT	413.409	1,23
22	JOHNSON & JOHNSON	412.428	1,22
23	**UNIÃO QUÍMICA F N**	404.226	1,20
24	JANSSEN CILAG	399.582	1,19
25	ALCON	373.583	1,11
26	LILLY	367.548	1,09
27	MERCK SHARP DOHME	366.209	1,08
28	GLAXOSMITHKLINE	366.174	1,08
29	GSK CONSUMO	348.721	1,03
30	BRISTOL MYER SQUIB	339.520	1,00

Fonte: PMB- IMS Health,
Em negrito: Empresas de capital nacional

instaladas no Brasil, sendo que o conjunto das nacionais é responsável por cerca de 25% do mercado brasileiro de medicamentos. Outro aspecto a merecer destaque é que a grande maioria dos insumos farmacêuticos e de alguns medicamentos acabados é importada dos principais países desenvolvidos e/ou de países em desenvolvimento (China, Índia, Israel e Coreia). Esse fato tem causado um crescente aumento no déficit comercial da balança de pagamentos no setor farmacêutico. A Figura 5 mostra que em 2009 esse valor atingiu aproximadamente US$ 3,4 bilhões. O Brasil tem se esforçado para exportar medicamentos e principalmente insumos para países latino-americanos. Essas exportações, que somaram em 2009 cerca de US$ 1,07 bilhão, são basicamente de produtos primários, de baixo valor agregado, principalmente derivados de produtos naturais, como sal de pilorcapina, rutina, sais biliares etc. Para equilibrar esse déficit comercial, grande parte das exportações brasileiras (especialmente de produtos não industrializados) é utilizada para cobrir as despesas de importação de produtos farmacêuticos. Essa situação pode ser considerada bastante preocupante; os medicamentos constituem um bem essencial para a população, sendo considerados por muitos uma área sensível e mesmo de segurança nacional. Qualquer descontinuidade no fornecimento externo e/ou no processo de importação poderia causar consequências imprevisíveis ao Brasil.

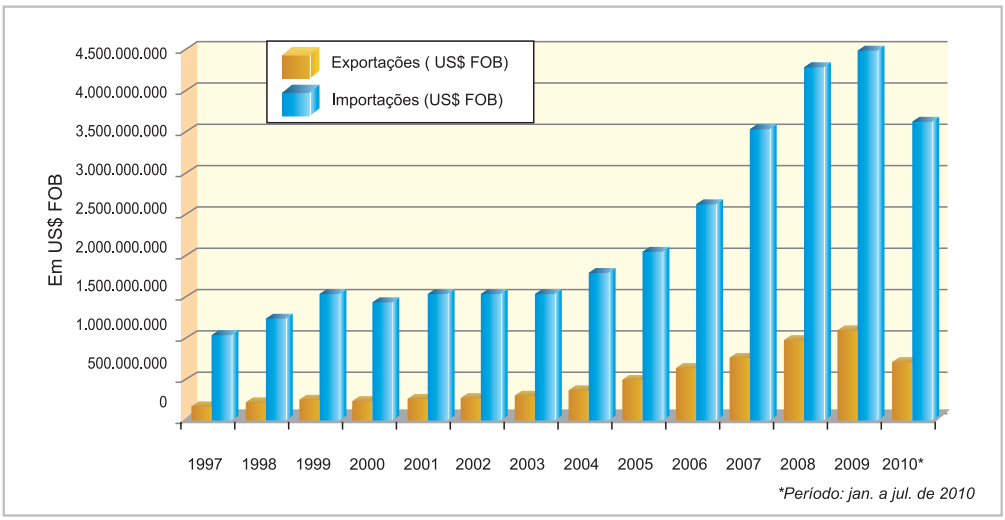


Figura 5 - Produtos Farmacêuticos - Balança Comercial
Exportações e importações brasileiras - Capítulo 30 da NCM
Período: 1997 a 2010* - em US$ FOB.

Fonte:MDIC/Secex\Sistema Alice
Elaboração: Sindusfarma / Gerência de Economia

10.3 Reconhecimento da lei de patentes no Brasil

Em 1997 o governo brasileiro aderiu ao Acordo de Propriedade Intelectual (Trips) e passou a reconhecer patentes (Lei 9.279). A indústria farmacêutica nacional, que até então podia copiar medicamentos modernos desenvolvidos nos países desenvolvidos, teve que subitamente respeitar a nova legislação. Entretanto, a aprovação dessa lei de patentes no Brasil não foi acompanhada da introdução de políticas públicas compensatórias, necessárias para a proteção do setor farmacêutico nacional, naquela época totalmente dependente de cópias de produtos fabricados nos países desenvolvidos. Entre outros aspectos, a aprovação da lei de patentes deixou de contemplar: 1) o estabelecimento de uma política industrial para o setor farmacêutico nacional; 2) o apoio de políticas de incentivo às atividades de P&D para o setor farmacêutico; 3) a pouca experiência do setor farmacêutico nacional na área de P&D e, sobretudo na interação das empresas farmacêuticas brasileiras com as universidades e centros de pesquisa; 4) a completa ausência de infraestrutura e de pessoal qualificado em propriedade intelectual no Brasil; 5) a formação de recursos humanos especializados, especialmente na pós-graduação, em áreas prioritárias da cadeia de medicamentos, como propriedade intelectual, toxicologia, farmacologia clínica, farmacocinética, tecnologia farmacêutica, química sintética e analítica, entre tantas outras necessárias ao desenvolvimento da área de medicamentos.

Certamente, todos esses fatos listados acima contribuíram para dificultar o desenvolvimento do setor farmacêutico no Brasil, especialmente para as atividades relacionadas com P,D&I. Em fevereiro de 1999 foi aprovada pelo Congresso Nacional a lei que regulamentou a comercialização dos medicamentos genéricos (Lei 9.787). Essa lei permitiu o desenvolvimento da indústria farmacêutica nacional, com o surgimento de grandes empresas nacionais dedicadas quase que exclusivamente à comercialização dessa classe de medicamentos. Ainda decorrente da aprovação da lei de genéricos no Brasil, houve a necessidade premente de criação de centros dedicados à pesquisa clínica, especialmente aqueles voltados para o desenvolvimento de estudos de bioequivalência, muitos deles apoiados pelo Ministério da Saúde.

Não há dúvida de que os medicamentos genéricos constituem hoje uma realidade no Brasil, ocupando uma parcela expressiva e sempre crescente do mercado nacional de medicamentos (Figura 6). No ano de 2009 a venda dos medicamentos genéricos atingiu 19,2% do mercado nacional, que é praticamente dominado pelas empresas nacionais (cerca de 88%). Contudo, houve, sem dúvida, uma falha estratégica por parte do governo e das empresas farmacêuticas interessadas em explorar esse setor,

por não ter sido estimulado, paralelamente e com a mesma intensidade, o surgimento da indústria de farmacoquímicos no Brasil. Essa indústria deveria ser capaz de sintetizar em grande escala os princípios ativos já desprotegidos do privilégio de patente pelas empresas responsáveis pelo seu desenvolvimento. Em função disso, o Brasil passou a depender totalmente da importação dessas matérias-primas de vários países, especialmente Índia, China, Israel e Coreia. É importante ressaltar que a Índia somente veio a reconhecer a lei de patentes em medicamentos em 2006, sendo hoje um dos países exportadores de medicamentos. A ausência de estímulo para o desenvolvimento do setor de farmacoquímicos no Brasil causou, e ainda vem causando, grandes dificuldades para a necessária fiscalização das fábricas produtoras, condição indispensável para o estabelecimento do controle de qualidade dessas matérias-primas e, consequentemente, dos próprios medicamentos acabados. Esse fato tem reflexos na credibilidade de alguns medicamentos genéricos junto à sociedade brasileira, em especial a classe médica.

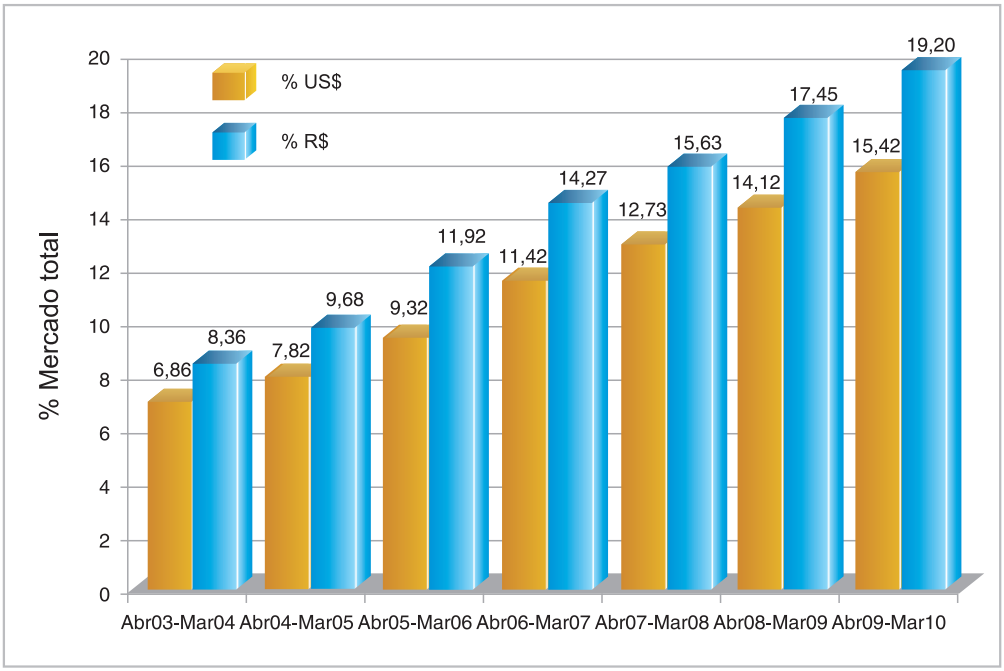


Figura 6 - Evolução do mercado brasileiro de medicamentos genéricos.

Fonte: http://www.progenericos.org.br/informercado2009.shtml

10.4 Pesquisas e desenvolvimento de medicamentos a partir de plantas no Brasil

O Brasil possui a maior biodiversidade do mundo, compreendendo mais de 50 mil espécies de plantas superiores (20-22% do total existente no planeta). O interesse pelos medicamentos derivados de plantas, também conhecidos como fitoterápicos ou fitomedicamentos, tem aumentado expressivamente em todo o mundo, em especial nos países desenvolvidos, notadamente em alguns da Europa e nos Estados Unidos. Estima-se que o mercado mundial dessa classe de medicamentos já atinja a casa dos US$ 20 bilhões anualmente. Por outro lado, os compostos derivados de plantas são atualmente empregados na terapêutica moderna, além de terem um papel relevante para síntese de algumas moléculas mais complexas. Cerca de 30% dos medicamentos disponíveis no mercado são derivados direta ou indiretamente de produtos naturais, notadamente das plantas. Em algumas doenças, como o câncer, os medicamentos derivados de plantas chegam a 60%.

Em um levantamento realizado no período entre 1984 a 2004, através do site Web of Science [1], foi demonstrado, com base no número de trabalhos publicados em periódicos internacionais, que poucas áreas de pesquisa cresceram tanto no Brasil como as de pesquisas com plantas. As publicações brasileiras na área de plantas passaram de 24 entre 1984-1986 para 1.431 entre 2002-2004. Uma atualização recente para o período entre 2008-2010 (até o mês 7) demonstra um enorme crescimento, com 4.240 publicações em periódicos internacionais.

Nos últimos dez anos observa-se um interesse crescente das indústrias farmacêuticas nacionais em estabelecer parcerias com universidades e centros de pesquisa, com o objetivo de desenvolver fitomedicamentos com comprovação científica quanto a eficácia, segurança e qualidade, baseados em estudos pré-clínicos e clínicos, conforme estabelecido na RDC Anvisa 48/2004. Ao contrário dos enormes investimentos, dos altos riscos e do longo tempo de desenvolvimento de uma droga inovadora (nova entidade química), restrito às grandes indústrias farmacêuticas multinacionais, o desenvolvimento de um fitomedicamento com comprovação científica de segurança, eficácia e qualidade demanda muito menos recursos e consequentemente menores riscos. O anti-inflamatório tópico Acheflan®, do

1 CALIXTO, J.B. Twenty-five years of research on medicinal plants in Latin America: a personal view. J. Ethnopharmacol, v. 100, p. 131-134, 2005.

Laboratório Aché, produzido a partir da planta *Cordia verbenacea*, totalmente desenvolvido no Brasil, registrado na Anvisa em 2004 e lançado no mercado em 2005, é um bom exemplo a ser seguido. Desde o seu lançamento em 2005, o Acheflan® é o mais prescrito (cerca de 46%) pela classe médica brasileira dentro dos anti-inflamatórios tópicos. Esse fato em si vem estimulando outras indústrias; atualmente existem algumas empresas farmacêuticas brasileiras, com projetos de P,D&I já em estágios de pesquisa clínica avançada, cujos medicamentos deverão entrar no mercado nos próximos dois a três anos, ou mesmo antes disso.

10.5 Principais problemas que dificultam a inovação na área de medicamentos no Brasil

A falta de uma política de Estado de caráter duradouro e a descontinuidade de programas existentes, naturalmente com ênfase na coordenação e na cobrança de resultados, certamente têm sido os maiores problemas para o desenvolvimento e a consolidação do setor farmacêutico no Brasil. Por se tratar de uma área prioritária, e mais do que isso, mesmo de segurança nacional, foi criado na década de 1970 um órgão estatal para o setor, a Central de Medicamentos (CEME), vinculada ao Ministério da Saúde, que tinha por objetivo, entre outros, propiciar o desenvolvimento do setor farmacêutico no Brasil, especialmente visando atingir em longo prazo a autonomia brasileira para a fabricação local dos principais medicamentos de interesse nacional. Infelizmente, ao contrário do que foi possível atingir nas áreas como a do petróleo com a Petrobras, com a fabricação de aviões pela Embraer, e também com a Embrapa na área agrícola, a CEME, principalmente em função do seu uso político, perdeu completamente os objetivos norteados por ocasião da sua criação, o que culminou com sua extinção ainda jovem, em 1998.

O aspecto regulatório é outro que vem recebendo contínuas críticas e questionamentos por parte das indústrias farmacêuticas brasileiras e internacionais. A criação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), em janeiro de 1999 (Lei 9.782), foi sem dúvida um grande avanço. Todavia, em coerência com o que havia sido originalmente idealizado por ocasião da sua criação, a Anvisa deveria estar vinculada ao Ministério da Saúde e funcionar como uma agência semelhante ao FDA nos Estados Unidos – ou seja, estar alinhada com as políticas de saúde do país. Porém, sua atuação independente, por um lado, e, por outro, a escolha de seus dirigentes com base em critérios político-partidários, fizeram com que a Anvisa perdesse grande parte dos seus reais objetivos, principalmente no que se refere ao estabelecimento de uma política de

Estado, de longo prazo, na área de fármacos e medicamentos, e à necessidade de o Brasil consolidar o setor farmacêutico nacional, visando atingir independência na produção dos medicamentos essenciais.

As questões relacionadas ao acesso à biodiversidade, que nos últimos cinco anos pouco ou quase nada avançaram no Brasil, têm criado enormes dificuldades para os pesquisadores e as empresas farmacêuticas nacionais interessadas em desenvolver medicamentos inovadores a partir de recursos naturais. Igualmente preocupante é a questão da regulamentação dos organismos geneticamente modificados pela Comissão Técnica de Biossegurança (CTNBIO), que ao longo dos últimos anos tem causado sérias restrições para a utilização no Brasil de produtos derivados de biotecnologia.

A aprovação da Lei de Inovação (Lei 10.973/04), que ainda precisa ser adequadamente regulamentada, traz grandes esperanças para os pesquisadores e empresários nacionais de maneira geral, visando criar condições para facilitar e estimular a interação entre universidades e empresas, e com isso propiciar o processo de inovação tecnológica no Brasil. Contudo, no atual momento, ainda é bastante modesta a interação das universidades brasileiras e centros de pesquisas com as empresas farmacêuticas. As resistências são múltiplas e as dificuldades ainda estão presentes, apesar dos imensos esforços por parte do governo federal, como por exemplo com a criação dos fundos setoriais e posterior lançamento dos inúmeros editais para apoiar o desenvolvimento de pesquisa conjunta entre universidades e empresas, incluindo a área farmacêutica. A criação do Profarma pelo BNDES, em 2004, e sua recente renovação e ampliação, destinado a apoiar a inovação na área farmacêutica e da saúde em geral, é um fato que merece destaque. Somam-se a isso os diversos apoios financeiros por parte da Finep, do CNPq e do Ministério da Saúde, visando propiciar o fortalecimento das pesquisas básicas e clínicas nas áreas relacionadas ao desenvolvimento de medicamentos no Brasil. Finalmente, é também digno de nota o programa de subvenção econômica, por parte da Finep, para estimular as empresas nacionais, bem como a aprovação da Lei do Bem (Lei 11.196/05), que possibilita maiores investimentos das indústrias em P,D&I.

10.6 Recomendações

- Criar uma política de Estado para apoiar a pesquisa e a inovação em fármacos e medicamentos no Brasil.
- Utilizar o poder de compra do Estado para estimular as inovações no setor farmacêutico brasileiro, dando preferência para produtos desenvolvidos por empresas brasileiras. Essa política tem sido utilizada com muito sucesso em vários países desenvolvidos. Além disso, seria desejável que os laboratórios estatais na área farmacêutica existentes no Brasil fossem modernizados, especialmente no que concerne à sua gestão e na contratação de pessoal científico qualificado para estabelecer parcerias efetivas com o setor privado.
- Melhorar e modernizar o marco regulatório, que vem dificultando a inovação na área farmacêutica no Brasil, inclusive com reflexos na inibição aos investimentos em P&D pelo setor farmacêutico nacional.
- Estimular os centros de pesquisas nacionais em farmacologia pré-clínica, notadamente nas áreas de toxicologia animal e de farmacocinética, tecnologia farmacêutica etc. A ausência de biotérios de padrão internacional é outro gargalo que necessita ser urgentemente solucionado, pois a qualidade dos animais para pesquisa é uma condição essencial para a acreditação dos laboratórios brasileiros junto aos órgãos regulatórios internacionais.
- Fortalecer a farmacoquímica brasileira, sendo necessário para isso suporte para ampliar a formação de especialistas em áreas como a química orgânica e química analítica, entre outras.
- Facilitar a aquisição no exterior de reagentes e de equipamentos para pesquisa, fato que tem causado prejuízos irreparáveis para o setor de P&D de maneira geral, e em particular no setor farmacêutico. Esse aspecto torna nossos laboratórios de pesquisas pouco competitivos quando comparados aos existentes nos países desenvolvidos.
- Redirecionar e ampliar a formação de recursos humanos na pós-graduação, visando propiciar a capacitação de pessoal em áreas carentes da cadeia de fármacos e medicamentos, como propriedade intelectual, boas práticas de laboratório, aspectos regulatórios, transposição de escala etc.
- Estimular a contratação de doutores pelas empresas, para que consolidem seu setor de P&D.

Parte B

Setores Estratégicos

Capítulo 11
Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC)

Virgilio A. F. Almeida* e
José Carlos Maldonado**

A evolução vertiginosa da computação suscita muitas perguntas sobre o futuro da área no Brasil e suas implicações para a sociedade. A maneira mais segura de nos prepararmos para o futuro é garantir uma ampla formação de recursos humanos de alta qualidade. A estratégia certamente passa por três grandes ações: i) valorizar a área e os profissionais de computação; ii) atrair novos e brilhantes alunos; e iii) ampliar os investimentos em pesquisa e desenvolvimento em computação, fortalecendo a relação academia-empresa.

Paralelamente, uma questão mais ampla é a compreensão, dentro e fora da academia, sobre o que é a ciência da computação, seus potenciais e suas implicações sociais e culturais.

A computação tem um caráter intrinsecamente multidisciplinar, que deve ser explorado dentro da própria área, pelos currículos de graduação. As interações da computação com diferentes áreas do conhecimento são essenciais para ampliar o

***Autor: Virgilio Augusto Fernandes Almeida** – graduado em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (1973), mestre em informática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1980) e doutor em ciência da computação pela Vanderbilt University (1987). É membro da Academia Brasileira de Ciências e professor titular do departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Minas Gerais.

****Coautor: Jose Carlos Maldonado** – graduado em engenharia elétrica pela Universidade de São Paulo (1978), mestre em engenharia e tecnologia espaciais pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (1983) e doutor em engenharia elétrica - computação e automação pela Universidade Estadual de Campinas (1991). É professor titular do departamento de Ciências da Computação, do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, da Universidade de São Paulo.

componente multidisciplinar da formação dos profissionais de computação. A pesquisa em ciência da computação é chave para a evolução do setor das tecnologias da informação e comunicação (TICs) e estratégico para a formulação de políticas de desenvolvimento social e industrial do país. As inovações derivadas da pesquisa desenvolvimento em TICs são vitais para o desenvolvimento sustentável do país e para o aumento da eficiência dos processos destinados a elevar a qualidade de vida no Brasil, em particular na educação, saúde, transporte, meio ambiente e segurança.

11.1 Introdução

As tecnologias da informação e comunicação têm profundo impacto sobre as economias dos países avançados. De acordo com estimativas do Bureau of Economic Analysis, do governo americano[1], em 2006 os setores com uso intenso de TICs foram responsáveis por 4% dos US$ 13.247 bilhões da economia dos Estados Unidos da América e contribuíram com 14% do crescimento do PIB daquele país. Como referência, o financiamento da pesquisa em computação pelo governo federal foi em torno de US$ 3 bilhões, menos de 0,025% do PIB. Essa contribuição substancial para a economia reflete apenas uma parte dos benefícios globais dos investimentos de longo prazo na pesquisa em computação-TICs .

No entanto, o impacto da tecnologia da informação vai muito além da sua influência na redução de custos de produtos tradicionais e ganhos de produtividade nos setores de serviços. O impacto do uso intensivo de TICs permeia toda a sociedade. De acordo com Apte e Nath[2], "trabalhadores da informação" já representam 70% da força de trabalho dos Estados Unidos. O processamento de informações por parte dos trabalhadores representa um componente em crescimento do PIB e baseia-se essencialmente nas tecnologias da informação.

As TICs têm sido consideradas também o motor da inovação das economias avançadas. Vários setores industriais dependem de TICs e de empregados qualificados nessas tecnologias para crescerem. Por exemplo, as engenharias mecânica e automotiva, as tecnologias médicas, de energia e de automação, e o setor de serviços e logística, têm dependência vital das tecnologias da computação. De acordo com uma

1 BRYNJOLFSSON, E. The IT Productivity Gap. *Optimize*, Issue 21, Jul. 2003. Available at http://ebusiness.mit.edu/erik/Optimize/pr_roi.html; accessed October 28, 2008.
2 APTE, U.; NATH, H. Size, Structure, and Growth of the U.S. Economy. *Center for Management in the Information Economy, Business and Information Technology (BIT)* Working Paper, UCLA, December 2004.
3 ACHATZ, R. Siemens. Economist, Oct 11, 2007.

pesquisa divulgada pelo Ministério da Educação e Pesquisa da Alemanha[3] em 2007, executivos de vários setores industriais esperam que 11,2% de todas as inovações comercializáveis devem se basear nos progressos da computação, colocando as TICs em terceiro lugar nas prioridades de pesquisa, após a nanotecnologia e a biotecnologia. É importante ressaltar que tanto a nanotecnologia como a biotecnologia fazem uso intensivo de tecnologias da computação.

As TICs são também garantias para a manutenção de posições de liderança tradicionais da Alemanha, como na indústria automobilística. Segundo um documento do governo alemão [4], um carro BMW é hoje praticamente "uma rede de computadores".

A evolução da tecnologia da informação tem mudado fundamentalmente a condução da pesquisa em outras áreas do conhecimento, permitindo pesquisas inovadoras que vão desde o mapeamento do cérebro humano até a modelagem das mudanças climáticas. Os pesquisadores de várias áreas da ciência são confrontados com problemas de pesquisa cada vez mais complexos e cuja abordagem tem sido crescentemente multidisciplinar em sua natureza. Os avanços da computação criam o ambiente adequado, capaz de suportar simulações de experimentos complexos, visualização, análise e gerenciamento de enormes conjuntos de dados

11.2 O ensino e a pesquisa em computação

Historicamente, o ensino e a pesquisa em computação nasceram ora associados às ciências exatas, notadamente a matemática, ora ligados às engenharias, notadamente a elétrica. Aos poucos, a computação foi sendo reconhecida como uma área à parte. Isto é refletido na grande maioria das instituições de ensino e pesquisa em todo o mundo, e também no Brasil, pela criação de unidades separadas. Dado seu caráter de ciência fundamental e devido a suas aplicações, que permeiam praticamente todas as áreas da pesquisa científica e tecnológica, a ciência da computação tem sido organizada, em países que lideram o desenvolvimento científico, como área distinta das demais tanto por agências de fomento à pesquisa científica como por agências de avaliação de programas de pós-graduação.

O ensino e a pesquisa em computação visam a desenvolver modelos, métodos e tecnologias para ajudar a projetar, produzir e operar os sistemas computacionais e de informação. Em resumo, a ciência da computação cria construções artificiais não

4 ICT 2020: Research for Innovations, Federal Ministry of Education and Research, Germany, 2008.

limitadas pelas leis da natureza, busca os limites fundamentais do que pode ser computado, trata do crescimento exponencial de certos fenômenos e busca compreender as ações racionais, analíticas e complexas que estão associadas à inteligência humana.

No Brasil, com a realização do seminário Grandes Desafios de Pesquisa em Computação, em São Paulo, foi proposto pela Sociedade Brasileira de Computação (SBC) um conjunto de cinco grandes desafios de pesquisa de longo prazo (2006-2016), a saber: 1) Gestão da Informação em grandes volumes de dados multimídia distribuídos; 2) Modelagem computacional de sistemas complexos artificiais, naturais e socioculturais e da interação homem-natureza; 3) Impactos para a área da computação da transição do silício para novas tecnologias; 4) Acesso participativo e universal do cidadão brasileiro ao conhecimento; 5) Desenvolvimento tecnológico de qualidade: sistemas disponíveis, corretos, seguros, escaláveis, persistentes e ubíquos. Para alcançar resultados significativos e relevantes, é necessário aumentar significativamente os recursos de ensino e de pesquisa para a área de computação[5].

Na mesma direção, essa ação foi retomada na perspectiva latino-americana, com a realização do seminário CHARLA-2008, em setembro de 2008, em Buenos Aires, e quatro desafios foram determinados: i) Tecnologias de informação e comunicação orientadas ao cidadão; ii) Multilinguismo e identidade latino-americana em um mundo digital; iii) Computação orientada ao monitoramento e controle ambiental; iv) Redes colaborativas complexas (na América Latina).

Posteriormente, em março de 2009, em Manaus (AM), com participação de setores da indústria, foi enfatizada a perspectiva de se revisitarem esses desafios nos diversos e inúmeros domínios de aplicação. Esses seminários determinaram uma atitude mais proativa da comunidade e motivaram a realização de editais e alocação de verbas para projetos de pesquisa e desenvolvimento na Fapesp, na CATI, no CNPq e na Finep, com a participação da indústria.

Nos EUA, os recursos para a pesquisa de computação vêm de diversas agências, desde a National Science Foundation (NSF) até o DoD (Department of Defense), incluindo também o DoE (Department of Energy) e o NIH (National Institutes of Health). Na NSF, a área de computação tem um orçamento de US$ 648 milhões e esse orçamento vem crescendo a uma taxa de 10% nos últimos três anos. Isso reflete a prioridade e multidisciplinaridade da pesquisa em TICs.

5 http://www.sbc.org.br/index.php?option=com_jdownloads&Itemid=195&task=view.download&catid=50&cid=11.

A pesquisa em computação é fundamental para a evolução das tecnologias da informação e comunicação, setor estratégico para a formulação de políticas de desenvolvimento social e industrial do país. As inovações derivadas da pesquisa em TI são vitais para o desenvolvimento e a segurança nacional, além de oferecerem potencial para aumentos relevantes na eficiência de componentes-chaves para elevar a qualidade de vida no Brasil, como educação, saúde, transporte, meio ambiente e segurança. Assim, a existência de políticas de governo para a pesquisa e a geração de conhecimentos em TICs é necessária para que o país possa ter estratégias e políticas públicas voltadas para esse setor.

Vários países têm articulado políticas nacionais para as tecnologias da informação e comunicação. Em 2009, o presidente Obama criou o Programa Stimulus para recuperação econômica dos EUA[6]. O plano de US$ 825 bilhões contempla três áreas ligadas às tecnologias da informação, a saber: US$ 20 bilhões para sistemas inteligentes na área de saúde, em especial o chamado sistema computadorizado de registros médicos; US$ 11 bilhões para criação de redes inteligentes para distribuição de energia; e US$ 6 bilhões para expandir a rede de banda-larga para áreas rurais e comunidades carentes. Em março de 2010, o primeiro ministro da Inglaterra anunciou um plano para construir o futuro digital da Grã-Bretanha[7], concentrado em três objetivos estratégicos: i) digitalizar a Grã-Bretanha, criando redes de banda-larga para 100% dos cidadãos ingleses; ii) personalizar os serviços do governo para cada cidadão, através das tecnologias digitais; iii) economizar os gastos do governo, com aumento da eficiência da máquina pública por meio de tecnologias digitais inovadoras.

O desenvolvimento sustentado das tecnologias da informação ao longo de várias décadas tem contribuído significativamente para quase todos os aspectos da economia e da sociedade. Esse desenvolvimento foi impulsionado pela participação e cooperação de três grandes grupos que formam o ecossistema de pesquisas e desenvolvimento em TI. São eles: universidades, indústria e governo. Países, como os EUA, que articularam adequadamente esses três grupos conseguiram maiores avanços no desenvolvimento das tecnologias da informação. Em períodos de intensa concorrência global, em que surgem novas forças econômicas atuantes no setor de TI, como Índia e China, o fortalecimento do ecossistema de pesquisa e desenvolvimento em computação e das tecnologias de informação e comunicação é essencial para a preparação do Brasil para um futuro digital.

6 American Recovery and Reinvestment Act of 2009 http://www.recovery.gov/Pages/home.aspx
7 Digital Economy Act 2010, United Kingdom, www.opsi.gov.uk/acts/acts2010/ukpga_20100024_en_1

11.2.1 Ensino da computação

O corpo de conhecimento teórico e experimental dentro da ciência da computação reflete a solidez e a profundidade da área. A ciência da computação foi recentemente redefinida por um estudo da Academia de Ciências dos EUA da seguinte forma: "Ciência da computação é o estudo dos computadores e do que eles podem fazer – a capacidade e as limitações inerentes dos computadores abstratos, o projeto e as características dos computadores reais, e as inumeráveis aplicações dos computadores na solução de problemas".

A ciência da computação busca entender como representar e raciocinar a respeito de processos e informações. Linguagens são criadas para representar esses fenômenos e métodos para avaliá-los. São criadas e estudadas abstrações e algoritmos para manipular e representar outras abstrações. Estudam-se também representação simbólica, implementação, manipulação e comunicação da informação. A pesquisa e o ensino na área envolvem ainda a criação, o estudo, a experimentação e a otimização de sistemas de informação e computação para o mundo real, que incluem artefatos de hardware e software. Em resumo, como já apontamos anteriormente, a ciência da computação cria construções artificiais não limitadas pelas leis da natureza, busca os limites fundamentais do que pode ser computado, trata do crescimento exponencial de certos fenômenos e busca compreender as ações racionais, analíticas e complexas que estão associadas à inteligência humana. Esse conjunto de características de pesquisa forma a identidade científica própria e exclusiva da área. As subáreas da ciência da computação podem ser agrupadas em:

- Ciência da computação: teoria da computação, computabilidade, teoria das funções recursivas, linguagens formais, complexidade, lógica matemática, matemática computacional, grafos e otimização, modelagem e avaliação de sistemas de computação e combinatória.
- Engenharia da computação: arquitetura e organização de computadores, redes de computadores e sistemas distribuídos, automação e robótica, sensoriamento remoto, sistemas eletrônicos computacionais e processamento paralelo e de alto desempenho
- Tecnologias da computação: linguagens de programação, processamento de imagens e computação gráfica, bases de conhecimento, bancos de dados, interação homem-máquina, sistemas de informação, sistemas inteligentes, jogos, inteligência artificial e engenharia de software.

A formação de recursos humanos de qualidade constitui um ponto central para o domínio, disseminação e evolução do conhecimento. A formação de recursos humanos na área de computação é fator estratégico para todos os países, em particular para o Brasil. Estima-se que o crescimento nesta década da área de TICs permanecerá acima de 10% ao ano, diante de uma expectativa mundial um pouco superior a 3%, e que haverá carência de um número superior a três milhões de profissionais no médio prazo (MCT)[8]. Este cenário, por um lado positivo, traz dificuldades e demandas para o processo de formação de recursos humanos qualificados, exigindo maiores investimentos e planejamentos.

Primar pela formação de qualidade, com o estabelecimento de mecanismos de avaliação efetivos e transparentes deve ser um papel exercido com muita responsabilidade por todos os agentes do sistema. É importante salientar que devemos primar pela qualidade do ensino em todos os níveis da cadeia de formação de recursos humanos. Entendemos que a computação deva ser ensinada desde o ensino fundamental, a exemplo de outras ciências como física, matemática, química, biologia, etc. Esses são pontos muito importantes para que no futuro tenhamos recursos humanos qualificados para enfrentar os desafios que advirão para a sociedade.

Ressalta-se que o caminho para a preparação do Brasil para um futuro digital requer o fortalecimento do sistema de pesquisa e desenvolvimento das tecnologias da informação e comunicação, como também a ampliação do ensino dessas novas tecnologias em todos os níveis do processo educacional.

11.3 Graduação, pós-graduação e pesquisa em computação no Brasil

A pesquisa em computação no Brasil ocorre em quase sua totalidade nas universidades, principalmente nos programas de pós-graduação. O sistema de pós-graduação no Brasil é fortemente alimentado por egressos dos cursos de graduação em computação.

Um ponto fundamental para a área de computação foi o crescimento significativo do número de programas e cursos nos últimos dez anos, na graduação e na pós-graduação.

8 http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/66226.html.

Em termos de graduação, as principais denominações são: ciência da computação, engenharia de computação, sistemas de informação, engenharia de software, licenciatura em computação, além dos cursos de tecnologia e dos cursos sequenciais de formação específica. No início do século, tínhamos menos de 500 cursos na área; atualmente são mais de 2.000 cursos, com forte concentração no Sul, Sudeste e Nordeste. Praticamente metade dos cursos é de tecnologia; cerca de 25% são cursos de sistemas de informação; em torno de 16% são de ciência de computação; e 5% de engenharia de computação. Somente mais recentemente foram concebidos e criados os cursos de engenharia de software.

Os cursos que tiveram menor crescimento nesta década, em termos percentuais, foram o de ciência de computação e engenharia de computação. Por outro lado, os de tecnologia tiveram um crescimento surpreendente: de um total de 100 cursos no início deste século, hoje temos perto de 1.000 cursos. Em termos de matrículas, o país tinha pouco mais de 100 mil alunos e atualmente são mais de 300 mil, sendo que em torno de 20% estão engajados nos cursos de ciência e engenharia de computação, 30% nos cursos de sistema de informação e em torno de 40% nos cursos de tecnologia. Egressos desses cursos perfaziam um total próximo de 12 mil e atualmente o número está próximo de 40 mil, obedecendo praticamente à mesma distribuição nos cursos que o número de matriculados. Uma questão fundamental que se coloca neste cenário é a avaliação da qualidade de formação dos egressos.

Em termos de pós-graduação, a área conta com 52 programas, sendo que 21 deles oferecem ambos os cursos, de mestrado e doutorado. Vários programas de doutorado foram aprovados no triênio anterior e no corrente. Tem-se um total de 71 cursos: 45 de mestrado, 21 de doutorado e 5 de mestrado profissionalizante.

Segundo o documento da área na Capes [5], os programas de pós-graduação *stricto sensu* em ciência da computação no Brasil produziram, no triênio 2004-2007, 2.703 publicações qualificadas em veículos internacionais (829 artigos em periódicos internacionais e 1.874 em anais de conferências internacionais) e 1.879 em veículos nacionais qualificados. Estudos realizados com base no corpo docente de 22 programas de excelência em computação do exterior e de oito programas nacionais com nota superior ou igual a cinco, mostraram que a produção dos principais programas nacionais é comparável (quantitativamente) à de 12 dos 22 programas estrangeiros analisados [27]. No triênio 2007-2009 a área publicou 1.617 artigos em periódicos e 5.981 em conferências qualificadas, evidenciando um expressivo aumento de produção de 66%. Somente 17,6% dos programas[9] estão classificados nos níveis cinco, seis e sete (8%, 6%, 4%, respectivamente). Observa-se que houve um crescimento de aproximadamente 200% nos últimos dez anos.

A área de ciência da computação formou, no triênio 2001-2003, 2.354 mestres e 238 doutores. No triênio 2004-2006 foram formados 2.254 mestres e 312 doutores. No triênio 2007-2009, 2.705 mestres e 409 doutores, caracterizando um aumento considerável nos dois últimos triênios, mesmo considerando que boa parte dos programas criados mais recentemente ainda não contribuiu para a formação principalmente de doutores.

É importante ressaltar a natureza específica da produção científica da computação. Durante os últimos períodos de avaliação trienal da Capes (2001-2003, 2004-2006 e 2007-2009), a área de ciência da computação trabalhou com publicações em conferências e periódicos. Na área da computação, as publicações submetidas a conferências tradicionais passam por um rigoroso processo de avaliação por pares e os artigos publicados, disponíveis em bases de dados internacionais, são hoje tão importantes para o avanço da área como os melhores artigos em veículos chamados de periódicos. Qualquer pesquisador da área de ciência da computação sabe que há conferências de enorme prestígio e os artigos publicados em seus anais são levados em alta conta em avaliações de pesquisa. Há documentos, inclusive do IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), enfatizando a importância das conferências para a área da computação. No documento da área de computação da Capes esta questão é criteriosamente definida.

Dada a relevância da formação de recursos humanos na área de computação, os programas de pós-graduação devem intensificar a formação de mestres e doutores, considerado o devido apoio institucional e governamental e mantida a preocupação de formação com alta qualidade. Observa-se ainda que os programas e cursos, tanto de graduação como de pós-graduação, são concentrados nas Regiões Nordeste, Sul e Sudeste, exigindo uma definição e planejamento de políticas que facilitem a instalação de habilidades e competências em computação nas diversas regiões e estados do Brasil.

11.3.1 Investimentos em pesquisa

A principal fonte de financiamento ao pesquisador individual ou grupos de pesquisa é o CNPq, cujos investimentos na área de computação, em fomento e bolsas, estão mostrados nos Gráficos 1 e 2, a seguir.

Para se ter uma referência de comparação, a National Science Foundation, dos EUA, investiu em pesquisa em computação no triênio 2008-2010 os valores de US$

9 http://www.sbc.org.br/index.php?option=com_jdownloads&Itemid=195&task=finish&cid=56&catid=39.

Gráfico 1 – Fomento à pesquisa em R$ mil.

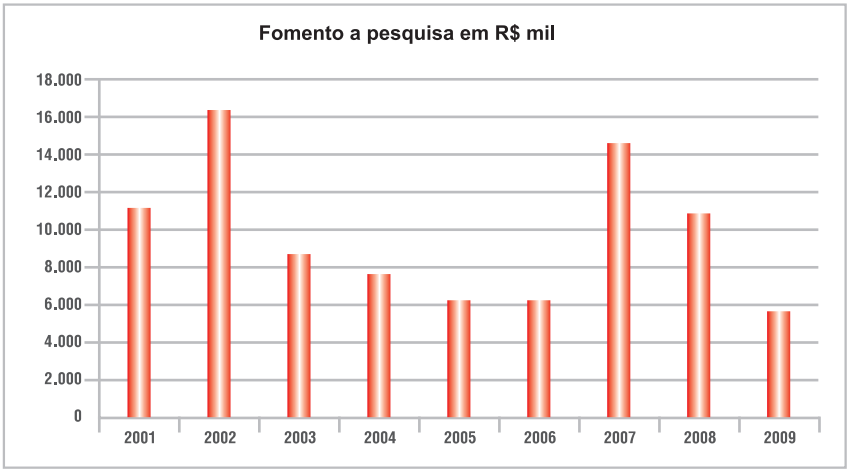
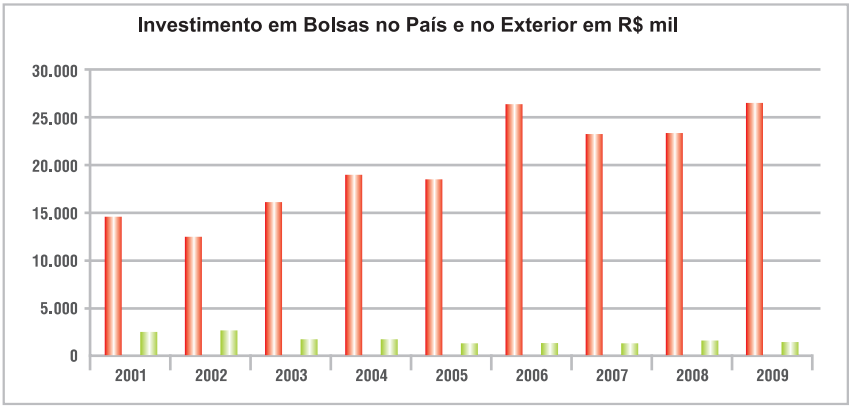


Gráfico 2 – Investimento em bolsas no país e no exterior em R$ mil.



535 milhões, US$ 574 milhões e US$ 618 milhões, respectivamente. Por outro lado, o investimento do CNPq em fomento e bolsas na computação em 2008 foi de aproximadamente US$ 18 milhões[18].

11.3.2 Investimentos em pesquisa nas empresas de tecnologia da informação

Por exigência do MCT, as empresas beneficiárias da Lei de Informática devem apresentar anualmente um relatório demonstrativo de seus investimentos em projetos de pesquisa e desenvolvimento. Esses investimentos devem ser proporcionais à venda

dos produtos incentivados, nos percentuais e modalidades definidos na legislação, e incluem a realização de projetos em conjunto com instituições de pesquisa (credenciadas pelo CATI), inclusive instituições das Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. O setor permanece muito dependente de importações de insumos, os

UF	Faturamento	Nº. de Empresas	Pessoal Total
SP	16.438.924.637,43	166	46.825
PR	2.713.673.046,18	38	10.784
RS	2.303.231.399,75	38	6.745
SC	992.372.317,81	19	5.987
BA	989.050.058,24	34	1.538
MG	967.211.795,46	42	6.645
CE	111.617.084,74	5	1.315
PE	56.027.095,38	4	1.738
SE	36.278.152,67	3	218
DF	29.064.285,63	8	258
RJ	15.899.794,74	4	2.854
PB	15.599.169,73	5	125
Total	24.675.442.526,43	370	85.087

Figura 3 - Distribuição geográfica da indústria de informática.

quais representaram 58% para os produtos incentivados e 40,6% para a média geral da indústria. A Figura 3 apresenta as principais informações das empresas beneficiadas pela Lei de Informática, agrupadas por unidade da federação.

11.3.3 Cenário internacional: perspectivas

No cenário internacional estão exemplos de atuação de agências e órgãos de governo no fomento e apoio à pesquisa em computação. No caso dos EUA, a National Science Foundation (NSF) está organizada em sete diretorias científicas, que são: a) Ciências Biológicas, b) Ciências da Computação, Informação e Engenharia, c) Educação e Recursos Humanos, d) Engenharias, e) Geociências, f) Ciências Físicas e Matemática e g) Ciências Econômicas, Comportamentais e Sociais. Assim, a NSF tem uma diretoria específica para a área de ciência e engenharia da computação e informação. A diretoria de Computação (CISE - Computer and Information Sciences &

Engineering) engloba as sub-áreas de i) Computing and Communications Foundations, ii) Computer and Network Systems, e iii) Information and Intelligent Systems. Essa diretoria tem a responsabilidade planejar a pesquisa de longo prazo e de alto risco da área de computação e informação.

No caso da França, o Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) organiza conhecimento científicos em oito grandes áreas, sendo uma delas Sciences et Technologies de l'information et de la Communication, que inclui computação, informação e comunicação, cobrindo o conhecimento disciplinar da ciência da computação e suas várias vertentes multidisciplinares que surgem da interação com as demais áreas do conhecimento científico.

No caso da Inglaterra, um exemplo relevante é o Research Assessment Exercise (RAE), que faz a avaliação da qualidade da pesquisa realizada pelas universidades do país. Para a realização da sexta edição do RAE, que ocorreu em 2008, as áreas foram organizadas em 15 painéis de avaliação, sendo a unidade F composta das seguintes áreas: i) matemática pura, ii) matemática aplicada, iii) estatística e pesquisa operacional e iv) ciência da computação e informática. Ou seja, claramente há uma área que engloba ciência da computação e computação e suas múltiplas aplicações (informática).

No interior da ciência da computação existem setores voltados tanto para o conhecimento teórico como para o saber prático, às vezes voltados para a própria área, às vezes direcionados a outras áreas do conhecimento. O lado tecnológico da computação está intensamente presente em várias outras ciências, não se restringindo somente às engenharias. As interações da computação com outras áreas da ciência não se esgotam no provimento da tecnologia da informação, mas envolve, por exemplo, a criação de novas abstrações científicas, como tem sido explorado na interação da ciência da computação com a biologia. A ciência da computação e suas tecnologias têm uma horizontalidade que permeia praticamente todas as áreas do conhecimento. Adicionalmente, grande parte das pesquisas multidisciplinares está fortemente relacionada à computação. Muitos programas de pós-graduação do País envolvem a informática como componente central. Em resumo, é preciso aprofundar os conhecimentos da área da computação, ampliar as possibilidades da aplicação de seus conhecimentos em outras áreas do saber e estender o uso da ciência e da tecnologia da computação ao processo de evolução do método científico, como as simulações computacionais, indispensáveis ao processo experimental de quase todas as áreas da ciência.

11.4 Possibilidades e propostas para a área das TICs

O conceito de um ecossistema de inovação foi desenvolvido e refinado por estudiosos como James Moore [21] e outros [22]. O conceito de ecossistema é usado para refletir os vários atores e suas inter-relações, que são necessárias para o avanço da pesquisa e desenvolvimento em TICs. Os atores essenciais desse ecossistema são os pesquisadores e cientistas (e suas instituições), as empresas de TICs (grandes e pequenas), os clientes de TICs (consumidores, empresas, governos) e o ambiente regulatório e legal, bem como a disponibilidade de recursos financeiros e capital humano e intelectual, além da infraestrutura econômica. O conceito de ecossistema surge para enfatizar que o fortalecimento de apenas um componente desse sistema de inovação não é suficiente. São requeridos planos e ações que fortaleçam o ecossistema como um todo. Salienta-se que a pesquisa em computação é fundamental para a evolução do setor de TICs, setor este estratégico para a formulação de políticas de desenvolvimento social e industrial do País.

Nos últimos anos, a rápida globalização dos mercados, a grande quantidade de recursos humanos qualificados nos países da Ásia e os fluxos de capital têm ajudado no aparecimento de países fortes na pesquisa e no desenvolvimento das tecnologias da informação e comunicação. Para fazer frente a essa expansão científica e tecnológica em vários países competidores do Brasil, é necessário criar planos de longo prazo, que contemplem grandes objetivos, agrupados em dois blocos, que visam a fortalecer o ecossistema de P&D em TICs no país.

A. Criar um ambiente propício para inovação e competição no setor digital

1. Investir no acesso à banda-larga para toda a população do País

Segundo um relatório da ONU, a avaliação da infraestrutura de telecomunicações pode ser feita por um índice, composto de cinco principais índices relativos à capacidade de comunicação: i) usuários de internet por 100 pessoas; ii) PCs/100 pessoas; iii) linhas de telefones fixo por 100 pessoas; iv) telefones celulares por 100 pessoas; e v) acesso à banda-larga por 100 pessoas. No estudo de 2008 [23], o Brasil apresenta um índice de 0.2181, enquanto a Argentina tem um índice de 0.2484, Chile tem 0.2682, China, 0.1600, Itália, 0.5389, e os EUA, 0.6090.

2. Criar infraestrutura avançada e sofisticada de TIC no Brasil para que a população, usuários e desenvolvedores demandem a inovação e a competitividade.

Uma ação fundamental seria a própria administração pública liderar a demanda por novas tecnologias web e internet. Por exemplo, criar um data center nacional para apoiar uma estrutura de cloud computing para a comunidade acadêmica e institutos de pesquisas. Numa outra vertente, criar aplicações tecnologicamente sofisticadas de governo eletrônico. Aplicações que sejam inovadoras, com uma mudança de paradigma para o cidadão-parceiro, capaz de informar, prestar serviço e agir em situações típicas de ação de governo. Isso abre amplas possibilidades para um Estado mais eficiente e com mais serviços ao cidadão.

3. Criar um ambiente propício para o surgimento de novas empresas, através de facilidades legais, tributárias e disponibilidade de capital de investimento.

Nos Estados Unidos, onde há o maior avanço das tecnologias da informação, a cultura empreendedora tem sido chave no campo da TI. O maior número e as mais talentosas empresas de TI surgiram como start-up na região do Vale do Silício, onde se situam as universidades de Stanford e Berkeley. Essas empresas start-up têm sido a mais importante fonte de inovação e competitividade no domínio das TICs. Nos últimos anos, empresas como o Google, Facebook e Twitter, que seguiram o modelo start-up, exercem significativa influência global na indústria da Internet e TICs em geral.

B. Fortalecer o ensino, a pesquisa e o desenvolvimento em tecnologias da informação

1. Fortalecer e inovar nas políticas de gestão da pesquisa, de modo a tornar a pesquisa científica em computação mais eficiente e aumentar o seu impacto.

Um exemplo seria a criação de editais temáticos multi-institucionais para fomentar a aproximação e colaboração entre grupos das diferentes instituições do Estado. Uma combinação de grupos de excelência acadêmica com grupos emergentes espalhados pelo País seria contemplada nesses editais. A formulação de programas de P&D estáveis, abrangentes e em escala compatível com o papel da computação e das TICs na sociedade brasileira também é indispensável, assim como fortalecer a pesquisa

básica em computação. Integrar os recursos federais e os recursos estaduais (FAPs, por exemplo) pode tornar o sistema mais produtivo e efetivo na combinação das habilidades e competências na solução de problemas complexos e de alto impacto social e econômico.

2. Qualificar a força de trabalho para as habilidades da sociedade da informação (*computational thinking* e multidisciplinaridade).

Vários setores da economia do País poderiam se beneficiar com a disponibilidade de trabalhadores com essa habilidade. Computatioonal thinking envolve incluir disciplinas de computação no ensino fundamental e médio, a exemplo do que fazem alguns países, o que difere fundamentalmente de simplesmente preparar a força de trabalho para o uso meramente instrumental da informática. Essa ação também teria forte impacto na inclusão social. Para garantir a sua posição entre os líderes no mercado de automóveis, os fabricantes alemães devem ter tecnologia de ponta e confiabilidade. De acordo com a indústria alemã, 80% de todas as inovações automotivas são baseados em engenharia elétrica, eletrônica e TICs. Sensores, atuadores, sistemas de controle e redes são apenas algumas das áreas em que as TICs são essenciais para a evolução das tecnologias automobilísticas.

O caminho de preparação do Brasil para um futuro digital requer o fortalecimento do sistema de pesquisa e desenvolvimento das tecnologias da informação e comunicação, como também a ampliação do ensino dessas novas tecnologias em todos os níveis do processo educacional.

3. Atrair talentos técnicos e científicos em escala global para a computação no Brasil.

Em função da crescente queda do interesse pela área de computação e da alta demanda por profissionais qualificados, ações que atraiam jovens talentos para a área, passando inclusive pela popularização da ciência, devem ser planejadas e fortalecidas. Em particular, podemos citar as Escolas Regionais da SBC – Sociedade Brasileira de Computação, a OBI – Olimpíada Brasileira de Informática, a Maratona de Programação e a Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR), promovida em conjunto pela SBC e pela SBA (Sociedade Brasileira de Automática). A atração de novos talentos para a área deve ser uma preocupação constante, permeada por políticas de inclusão e de permanência, pois um país como o Brasil não pode prescindir de talentos. Complementarmente, deve-se procurar atrair talentos técnicos e científicos em escala global, assim como motivar a instalação de laboratórios de pesquisa das grandes corporações multinacionais. Em particular, fortalecer a integração latino-americana

seria mandatório nesse contexto. O seminário CHARLA 2008, promovido pela SBC no contexto da América Latina, destaca vários desafios nessa perspectiva.

4. Consolidar e ampliar o sistema de ensino de graduação e pós-graduação no País.

Apesar do significativo aumento do número de cursos de graduação e de programas de pós-graduação ocorrido na última década, são notórias a concentração de cursos e a formação de recursos humanos nas Regiões Sul, Sudeste e Nordeste. É fundamental o estabelecimento de mecanismos que permitam maior flexibilidade e dinamismo no sistema, promovendo maior mobilidade e cooperação entre centros consolidados e centros emergentes, possibilitando a instalação de competências nas diversas regiões e Estados do país. Nessa perspectiva, considera-se também fundamental maior interação e integração entre a comunidade latino-americana, colaborando para um maior desenvolvimento no continente.

11.5 Conclusão

O Brasil precisa buscar o fortalecimento e a expansão de seus setores de vanguarda na próxima década. Como ocorre em outros países industrializados [26], o sistema brasileiro de ciência, tecnologia e inovação deverá buscar uma organização em forma de redes, em que a inovação em áreas tradicionais (ex.: siderurgia, mineração, agronegócios) estará integrada à pesquisa científica em áreas avançadas, como computação, nanotecnologia, novos materiais e biotecnologia.

Regiões e municípios também deverão ser integrados nas redes, através das capacidades locais de desenvolvimento tecnológico instaladas em seus territórios, como por exemplo as universidades e empresas localizadas por todo o país. O fortalecimento da pesquisa e desenvolvimento em TICs é crítico para o Brasil, pois os avanços em computação e comunicação são essenciais para a modernização de todos os demais setores da economia (i.e., indústrias e serviços) do Brasil.

O estabelecimento de redes de cooperação e pesquisa, com forte aproximação com o setor industrial, é mandatório. Exemplos de redes muito bem-sucedidas são a Embrapa, a Petrobrás e a do Projeto Genoma (Fapesp). Merece destaque o middleware aberto do Sistema Brasileiro de TV Digital (SBTVD) GINGA, que deu origem à comunidade Ginga, ativa e essencial para a consolidação do sistema de TV digital brasileiro. O Ginga é realidade hoje devido à competência internacionalmente reconhecida da comunidade brasileira, que soube enfrentar pressões de diversas

magnitudes. Vale ressaltar a tendência apresentada pelo sociólogo Simon Schwartzman ao rompimento das barreiras entre a pesquisa acadêmica e a pesquisa aplicada, o que coloca a perspectiva e a necessidade de novos modelos e redes de pesquisa e alternativas de política de ciência e tecnologia para o país.

A criação dos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCTs), no final de 2008, fortalece essas perspectivas, ao propiciar a agregação articulada dos melhores grupos de pesquisa nas mais diversas áreas do conhecimento. Uma das principais contribuições desta ação é induzir a formação de redes de colaboração para a solução de problemas complexos e de relevância social e econômica, em áreas de fronteira e estratégicas. Outros pontos importantes, além da preocupação com a pesquisa básica, são a forte motivação para a interação com a indústria, a formação de recursos humanos e a difusão do conhecimento, procurando atrair e motivar novos talentos.

O MCT, no PAC (Programa de Aceleração de Crescimento) para Ciência e Tecnologia, destaca a relevância da área de computação (hardware e software) e entendemos que contempla a pesquisa pura e aplicada, com impacto social, e a formação de profissionais de qualidade. O Plano apresenta um horizonte bem estabelecido e relevante para a inovação e desenvolvimento científico e tecnológico nas próximas décadas. A preocupação com a formação de recursos humanos, com o devido aporte de recursos financeiros, é um ponto extremamente positivo. Observa-se também a necessidade de formação de profissional com perfil multidisciplinar.

Para preparar adequadamente o futuro do país na área de tecnologias de informação e comunicação, este documento contém as seguintes recomendações:

• Criar acesso à banda-larga para toda a população do país.

• Criar infraestrutura avançada e sofisticada de TIC no Brasil para que a população, usuários e desenvolvedores, demandem a inovação e a competitividade.

• Criar um ambiente propício para o surgimento de novas empresas, por meio de facilidades legais, tributárias e disponibilidade de capital de investimento.

• Fortalecer e inovar nas políticas de gestão da pesquisa, de modo a tornar a pesquisa científica em computação mais eficiente e a aumentar o seu impacto.

• Qualificar a força de trabalho para as habilidades da sociedade da informação (*computational thinking* e multidisciplinaridade).

• Atrair talentos técnicos e científicos em escala global para a computação no Brasil.

• Consolidar e ampliar o sistema de ensino de graduação e pós-graduação no país.

Parte C

Proposições

Capítulo 12
A inovação na indústria brasileira

Este capítulo e o seguinte diferenciam-se dos anteriores por serem intrinsecamente propositivos. Baseados nas análises sobre a formação de capital humano, a infraestrutura física e o conjunto de normas, leis e diretrizes relacionados a C,T&I (Parte A deste documento), concluímos que o Brasil, apesar das dificuldades e desafios ainda existentes, atingiu um patamar que lhe permite investir ousadamente na expansão e na competitividade de seu parque industrial. Expansão esta que necessariamente deve incluir a recuperação de determinados setores estratégicos que perderam forças nas últimas décadas e promover o desenvolvimento de outros ainda incipientes no país. Isso não quer dizer em absoluto que as condições exigidas para tal empreendimento estejam resolvidas. Há muito a se fazer para que o sistema educacional brasileiro seja eficiente. Além disso, a infraestrutura de pesquisa hoje implantada no país, embora tenham ocorrido avanços significativos na última década, está longe da ideal, e o marco regulatório de C,T&I ainda não atende às condições necessárias para a inovação (Parte A).

Porém, diferentemente das décadas anteriores, hoje os índices positivos da produção científica brasileira, a capacidade crescente de formação de mestres e doutores, o número de instituições de C&T e os primeiros sinais de investimento privado em P&D mostram que o Brasil vive um momento ímpar em sua história. Momento que, se bem aproveitado, poderá alavancar um crescimento significativo da indústria nacional. Esse crescimento, contudo, deve ser acompanhado da diversificação

do parque industrial, condição necessária à sua própria sustentabilidade. Entretanto, para que esse objetivo seja alcançado faz-se necessária uma mobilização nacional, envolvendo órgãos públicos e privados, sobretudo os dos mais altos escalões decisórios da nação, sob a tutela de uma política de Estado.

Os temas da educação, da pesquisa científica e tecnológica e da inovação devem estar presentes permanentemente na agenda nacional. Ações ligadas a eles devem ser discutidas, avaliadas e implementadas nos gabinetes do Palácio do Planalto, dos governos estaduais, do Congresso Nacional, das assembleias legislativas, dos ministérios, das secretarias estaduais, da Confederação Nacional da Indústria, das federações e associações industriais, das universidades, etc. Cabe aos órgãos decisórios do governo federal a responsabilidade de conduzir as políticas de modernização, ampliação e de competitividade da indústria brasileira.

12.1 A evolução da indústria brasileira desde 1970

A economia do Brasil foi uma das que mais cresceram nos anos 1970 (com uma taxa anual de 8,5%), e com ela cresceu também a indústria brasileira. Porém, no final daquela década e início da seguinte a economia mundial preparava-se para um período de maior competitividade, o que não se verificou no Brasil. Muito pelo contrário, enquanto os países mais desenvolvidos e os emergentes da Ásia investiam fortemente no desenvolvimento tecnológico e na inovação de produtos e processos, o Brasil optou por uma política protecionista e virou as costas para a competitividade internacional, estimulando a prática da importação de tecnologia.

A história mostra que o Brasil errou em não se preparar para essas transformações, e a adoção de uma política industrial equivocada levou o setor industrial brasileiro a caminhar em marcha à ré. A Tabela 1 compara o crescimento do PIB do Brasil com o de outros países nas últimas décadas. Os anos 1980 ficaram conhecidos como a "década perdida" e a produção do Brasil cresceu muito pouco. O PIB evoluiu somente 19% nesses dez anos, enquanto a indústria de transformação cresceu bem menos, apenas 2,6%. Nesse mesmo período a população do Brasil aumentou em 20%. Somente alguns setores industriais de baixa intensidade tecnológica conseguiram um relativo sucesso naquela década. Portanto, a decisão do "fechamento da economia", na contramão das políticas dos países mais desenvolvidos e de emergentes de sucesso, desacelerou o crescimento do Brasil e causou enormes prejuízos econômicos e sociais. O desempenho da década seguinte não foi diferente.

Tão errada quanto a política do fechamento foi a da abertura econômica, que se deu no início da década de 1990. A abertura era um processo que teria de ocorrer em razão da distância cada vez maior que separava a indústria brasileira de seus competidores. Entretanto, a abertura da economia foi imposta sem nenhum planejamento, e executada da "noite para o dia". Não houve nenhuma preocupação em se dar condições e tempo para a adaptação e reestruturação das empresas brasileiras, que de uma hora para outra tiveram de enfrentar a competitividade das empresas americanas, europeias e japonesas. Como consequência, segmentos importantes da indústria brasileira enfraqueceram-se e alguns desapareceram; até hoje o país paga caro por isso. O setor de bens de capital decaiu cerca de 30% em dez anos; o de eletrônica teve sua produção drasticamente reduzida. Outra consequência do enfraquecimento da indústria brasileira foi o aumento da participação de indústrias estrangeiras no país, sendo que muitas delas se instalaram após a aquisição de empresas nacionais que não resistiram à competitividade internacional. A lei de patentes (Lei nº 9.279), aprovada em 1996, é também muito discutível quanto à forma da sua implementação imediata sem condicionantes, não atendendo assim às necessidades de diversos setores da produção no país.

Tabela 1 - Taxa anual de crescimento do PIB em porcentagem.

	Anos 1970	Anos 1980	Anos 1990	2000-2005
Brasil	8,5	2,0	1,7	3,0
Argentina	2,9	- 0,7	4,5	1,8
México	6,4	2,3	3,4	2,6
Índia	2,9	5,9	5,7	6,4
China	7,4	9,7	10,0	9,3
Coreia do Sul	8,3	7,7	6,3	5,2
Países de renda alta da OCDE	3,7	2,9	2,5	2,3

Fonte: Indicadores do Desenvolvimento Mundial, dados do IPEA e IBGE.

A instabilidade e as crises da economia brasileira perduraram por toda a década de 1980 e se estenderam pelos primeiros anos da de 1990. Nesse período, a indústria brasileira perdeu parte de sua sustentabilidade, e sua participação no PIB, que foi de 33% no final dos anos 1970, caiu para próximo de 20% em meados dos anos 1990. Mesmo assim, o Brasil ainda mantém um parque industrial diversificado, o que é positivo para a recuperação de sua sustentabilidade. No entanto, o desequilíbrio entre setores estratégicos não é saudável para um desenvolvimento industrial harmonioso. Devido aos erros do passado recente, o Brasil está em nítida desvantagem competitiva no mundo globalizado, sobretudo no que diz respeito aos setores de média-alta e alta intensidades tecnológicas. Como vimos no capítulo introdutório deste documento, o desempenho da balança comercial brasileira é positivo graças ao vigor das exportações de produtos de baixa intensidade tecnológica (commodities). Nos últimos anos, o déficit na balança do setor industrial tem aumentado constantemente.

Ao longo da segunda metade da década de 1990 o Brasil ocupou-se em equacionar suas dificuldades econômicas com a introdução do Plano Real e a liberalização da economia, e preocupou-se menos com a qualificação de seu sistema educacional, com a expansão de seu sistema de pesquisa e com a modernização de seu parque industrial. Com isso, observou-se que a oferta do ensino fundamental caminhava para sua universalização, porém sem a qualidade necessária. Observou-se também a estagnação do financiamento das atividades de pesquisa científica e tecnológica pelo Estado, o que foi recuperado ao longo da primeira década do novo século com a inestimável contribuição dos Fundos Setoriais de Ciência e Tecnologia, criados em 1999. Por fim, ficou claro que a inovação na indústria continuou em baixa nesse período, ao mesmo tempo em que a liberalização da economia e a valorização do Real proporcionaram a diminuição dos custos de importação de bens de capital e de bens das indústrias eletrônica e química, incentivando as importações nesses setores e, portanto, desestimulando e enfraquecendo a produção local.

Parecia haver uma crença de que a estabilidade econômica era por si só condição necessária e suficiente para o desenvolvimento econômico e industrial. Com isso, não houve incentivos para a cooperação entre os setores públicos e privados, ignorando a importância que essas relações tiveram para o desenvolvimento industrial de muitos países. Em meados da primeira década deste novo século esses equívocos começaram a ser discutidos e uma nova postura passou a ser adotada, resultando na criação de mecanismos de incentivo ao desenvolvimento tecnológico nacional. No campo da inovação, a Lei da Inovação (Lei 10.973/2004), a Lei do Bem (Lei 11.196/2005) e a Lei 10.332/01, além de ações no âmbito do Fundo Verde Amarelo, são

mecanismos que devem auxiliar a modernização de boa parte da indústria brasileira e aumentar sua competitividade. As formulações da política industrial (PITCE, em 2004, e PDP, em 2008) buscaram identificar ações que contribuam para o fortalecimento do parque industrial brasileiro. A PITCE, por exemplo, apontou corretamente os setores de bens de capital, eletrônica (semicondutores), fármacos e medicamentos e softwares como estratégicos ao desenvolvimento sustentável do país. A esses setores acrescentamos o de química, igualmente estratégico para esse propósito devido à sua importância intrínseca e sua contribuição para o desenvolvimento de muitos outros segmentos industriais.

O que falta hoje é a criação, ou identificação, de um órgão governamental que tenha o poder decisório de levar adiante todas as ações necessárias para um efetivo desenvolvimento industrial. A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) é um órgão que poderia desempenhar em parte essa função, mas não tem alcance e poder político isoladamente para definir uma política de Estado hoje necessária ao país. O Brasil precisa de ações arrojadas que promovam a competitividade de sua indústria e, assim, coloque-se como aspirante de fato à posição de quinta economia mundial, que é sua pretensão para os próximos anos.

12.2 Setores que devem ser efetivamente estimulados por uma política de Estado

Os capítulos da Parte B deste documento tiveram como propósito demonstrar a necessidade de o Brasil fomentar e desenvolver no interior de seu parque industrial os setores que vêm sendo considerados estratégicos para o seu crescimento sustentável. Ou seja, o Brasil precisa com urgência traçar uma política agressiva de estímulo às indústrias de bens de capital, de eletrônica e semicondutores, de química, de fármacos e medicamentos e de softwares. Esses setores foram muito prejudicados pelas políticas equivocadas do passado e são de extrema importância ao desenvolvimento industrial sustentável de qualquer país. Portanto, recuperar o vigor desses setores visa, em primeiro lugar, evitar que o parque industrial brasileiro continue incompleto em sua diversificação, e, em segundo lugar, corrigir os desequilíbrios contraproducentes na balança comercial oriundos da indústria, sobretudo nos segmentos de média-alta e alta intensidade tecnológica. Esses segmentos, em razão de seu caráter fortemente inovador, têm condições de impulsionar a cultura da inovação tão necessária à indústria brasileira, além de contribuir para o desenvolvimento e o fortalecimento das áreas de

saúde, energia, agronegócio, telecomunicações, segurança territorial e defesa, biodiversidade e meio ambiente, entre outras.

Os governos de países mais ricos (notadamente EUA, Japão e Alemanha) tradicionalmente agem com pragmatismo na proteção e no estímulo a setores industriais que julgam importantes à sua soberania, garantindo sua competitividade internacional. Os países emergentes da Ásia, destacando-se a China entre eles, também exercem uma política de Estado agressiva no estímulo à sua competitividade industrial. Incentivos fiscais à inovação, uso do poder de compra do Estado, facilitação da interação público-privado, entre outras medidas, fazem parte da impulsão à inovação tecnológica. As recomendações do Capítulo V, sobre o marco regulatório para C,T&I no Brasil, são de extrema importância nesse contexto, sobretudo no que diz respeito à interação entre os centros de pesquisa públicos e as empresas. Ao mesmo tempo, o fortalecimento da infraestrutura estatal de ciência e tecnologia e a política de financiamento de P&D em empresas são cruciais para o sucesso da inovação permanente na indústria. O Brasil vem caminhando nessa direção, com programas de financiamento, por parte de órgãos de fomento federais e estaduais, de projetos entre instituições públicas de pesquisa e empresas. Essa política precisa ser ampliada. Há, portanto, que se investir na criação de novas instituições de pesquisa voltadas ao desenvolvimento tecnológico nas áreas estratégicas, por um lado, e, por outro, na implementação de mecanismos de efetiva interação entre as instituições de pesquisa e as empresas. A criação de políticas de indução às empresas de grande porte para a implantação de centros de P&D é outra medida que impulsiona a inovação no país e resulta em benefícios à própria empresa.

12.3 Proposição

Este documento propõe ao governo brasileiro que institua um órgão com poder político e decisório suficiente para traçar e implantar uma política de Estado que propicie o desenvolvimento industrial necessário para que o país alcance a meta de ser a quinta economia do planeta ainda nesta década, de forma vigorosa e sustentável. Para isso, essa política deve priorizar os setores industriais discutidos na Parte B deste documento em razão de serem de fundamental importância para o desenvolvimento sustentável de toda a indústria nacional e para a busca do equilíbrio da balança comercial dos produtos de média-alta e alta intensidade tecnológica, e também por se tratar de fortalecer a soberania nacional em todos os sentidos.

Parte C

Proposições

Capítulo 13
Empresa Brasileira de Tecnologia e Inovação (Embrati)

A Pesquisa de Inovação Tecnológica (Pintec), cuja importância já foi comentada na introdução deste documento, considera que inovação tecnológica é toda novidade implantada pelas empresas, por meio de pesquisas ou investimentos em P&D, que venha a aumentar a eficiência do processo produtivo, que gere um novo produto, ou mesmo que aprimore produtos já existentes. Não há dúvida sobre a importância da inovação no seio das empresas de todo o País, e o quanto esse empreendimento contribui para a competitividade da indústria nacional. No entanto, o ambiente de inovação no Brasil tem de ser mais vigoroso e amplo do que o é atualmente. A história mostra que vários segmentos da indústria brasileira nunca foram ágeis o suficiente para adaptar e integrar novas tecnologias na produção e menos ainda para inovar sua linha de produtos. Essa deficiência foi acentuada nos anos 1980 por políticas industriais equivocadas na época, e a partir de então muitos setores perderam competitividade. A reversão desse processo está sendo muito lenta e a tendência da indústria brasileira em geral é a de perda contínua de competitividade. A situação está bastante desfavorável, como vêm mostrando os números do desempenho da indústria na balança comercial dos últimos anos, e do primeiro trimestre de 2011. Esses números mostram que o desempenho dos setores de transformação de média-baixa, média-alta e alta intensidade tecnológica vem piorando acentuadamente, e começa a colocar em risco muitos setores que já foram robustos dentro da economia brasileira.

13.1 Inovação e formação de recursos humanos

Em capítulos anteriores foram apresentados dados sobre a crescente produção científica brasileira e o extraordinário aumento nos números de mestres e doutores formados. Entretanto, essa competência tem-se fixado majoritariamente nas universidades, indo na contramão dos países desenvolvidos e dos asiáticos em desenvolvimento. Infelizmente, o número de pesquisadores trabalhando diretamente em processos de inovação industrial no Brasil é muito pequeno. Os programas de pós-graduação, que vêm se multiplicando em todas as regiões do país, formam egressos voltados à reprodução dos quadros acadêmicos. Esse papel é importante para a nação, mas insuficiente para o seu desenvolvimento. O programa do mestrado profissional, apesar de existir há mais de uma década, é ainda incipiente mesmo nas áreas de engenharias, onde deveria ser dominante. Entretanto, a falha não reside exclusivamente nas universidades. A universidade tem respondido às necessidades que a sociedade lhe solicita. Ela não tem a força para transformar o setor produtivo industrial, mas pode ser um coadjuvante de relevância nessa transformação fornecendo mão de obra adequada ao desenvolvimento industrial brasileiro.

O Brasil, com enormes extensões de terras férteis e clima favorável, sempre foi tido como um país de vocação agrícola. Entretanto, essa expectativa só foi cumprida nos últimos trinta anos, e a participação da Embrapa para esse sucesso foi decisiva. Hoje a Embrapa é uma instituição de alcance nacional com unidades de pesquisa nos mais variados ramos do agronegócio, tem uma capilaridade excepcional e estabelece parcerias de pesquisas com laboratórios universitários e com empresas públicas e privadas. Muitos programas de pós-graduação de universidades brasileiras contemplam pesquisadores da Embrapa em seus quadros de orientadores. Essa interação é profícua para o desenvolvimento agrário brasileiro e também para a universidade. Por outro lado, o Brasil já deu provas suficientes de sua vocação industrial. Para que se torne uma potência industrial, é necessário espelhar-se no exemplo do setor agrícola e adaptá-lo para os segmentos da manufatura, inclusive com a integração de muitos programas de pós-graduação. O presente capítulo, como já foi frisado na introdução deste documento, é propositivo e tratará da criação de uma empresa nacional voltada à inovação e ao desenvolvimento industrial.

13.2 Os avanços recentes na questão da inovação

Em dezembro de 2004 a Lei nº 11.080 criou a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), órgão vinculado ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC), com a missão de "promover a execução da política de desenvolvimento industrial, em consonância com as políticas de comércio exterior e de ciência e tecnologia". Concomitantemente, criou-se o Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial (CNDI), cuja finalidade é a de "propor ao Presidente da República políticas nacionais e medidas específicas destinadas a promover o desenvolvimento industrial do País". O CNDI é composto por vários ministros e vários representantes da sociedade civil, sobre a presidência do ministro do MDIC. No bojo dessas iniciativas estavam, e estão, questões de importância estratégica ao país: ampliação das exportações, principalmente de produtos de maior valor agregado; fortalecimento das micro e pequenas empresas; regionalização; integração produtiva da América Latina e Caribe; integração com a África; e produção sustentável. O CNDI é um órgão de alto nível, com competência para traçar e propor políticas de desenvolvimento industrial. A ABDI se coloca como uma secretaria executiva do CNDI. Ela vem realizando estudos estratégicos e elaborando políticas no âmbito do desenvolvimento produtivo que visam disseminar novas tecnologias no seio da indústria brasileira e inserir as empresas brasileiras no cenário internacional.

A Lei 11.080 foi um passo muito importante para fortalecer a competitividade da indústria brasileira, mas a concretização dessa competitividade exige a existência de uma instituição de pesquisa tecnológica direcionada às necessidades do desenvolvimento industrial no país. Nesse sentido, o Ministério da Ciência e Tecnologia criou o Sibratec no final de 2007, por meio do Decreto nº 6.259. Esse foi um passo importante para integrar a pesquisa com o desenvolvimento industrial, mas tem suas limitações, sobretudo pela não existência de instituições de pesquisa voltadas exclusivamente à inovação. O Sibratec é composto por um conjunto de ações que visa promover um ambiente favorável à inovação tecnológica nas empresas, e deve atuar em três eixos: o da Inovação, o de Serviços Tecnológicos e o de Extensão Tecnológica. As entidades executoras desses eixos, segundo o desenho do Sibratec, são redes. As Redes de Centros de Inovação têm como objetivo gerar e transformar conhecimentos científicos e tecnológicos em inovações de produtos e processos. As Redes de Serviços Tecnológicos visam apoiar as empresas, prestando serviços de metrologia,

normalização e avaliação de conformidade, com vistas a superação de exigências técnicas de acesso a mercados. E as Redes de Extensão Tecnológica promovem a assistência técnica especializada ao processo de inovação, em todos os seus aspectos, por meio de arranjos de instituições especializadas.

O desenho acima, que se concretizou nos últimos anos, mostra a preocupação por parte do governo federal com a questão da inovação na indústria brasileira, e é um avanço considerável na estruturação da pesquisa e do desenvolvimento industrial no interior dos ministérios MDIC e MCT. No entanto, o sucesso dessas medidas esbarra no atual quadro da pesquisa brasileira, onde a produção de conhecimento está excessivamente concentrada nas universidades. Não se trata de frear os investimentos das pesquisas realizadas nos laboratórios das universidades brasileiras. Muito pelo contrário, a pesquisa acadêmica tem papel relevante para a sociedade e deve ser continuamente estimulada. Trata-se, isto sim, de ampliar os centros de pesquisa fora das universidades, os institutos de ciência e tecnologia (ICTs), vinculados a ministérios e secretarias estaduais e até municipais, e privados. Mas, no caso específico da pesquisa voltada à inovação, propomos a criação de uma instituição pública, ou público-privada, cujo objetivo-fim é o de desenvolver pesquisa voltada à inovação: a Empresa Brasileira de Tecnologia e Inovação (Embrati).

13.3 Embrati

A empresa Embrati seria para a indústria o que representa a Embrapa para a agricultura. A Embrati também se inspira no sistema de unidades de pesquisa tecnológica de Institutos Fraunhofer, na Alemanha, composto atualmente por 60 unidades, e já foi proposta num documento anterior, publicado em 2007 pela Capes: "Ciência para um Brasil Competitivo – o papel da Física" (*ver referência no capítulo 1*). Como já mencionado acima e em capítulos anteriores, a grande maioria da infraestrutura de pesquisa e dos pesquisadores no Brasil concentra-se nas universidades. Por isso, é natural cobrar das universidades um ambiente para a inovação tecnológica como mola propulsora ao desenvolvimento industrial. Essa questão vem sendo debatida no Brasil há várias décadas. Entretanto, por mais que a universidade se envolva com a inovação de produtos e processos, sua contribuição para a competitividade industrial será sempre limitada e marginal. Sua vocação será, em primeiro lugar, a de formar recursos humanos em níveis de graduação e de pós-graduação, e o maior produto de sua pesquisa é o de elevar cada vez mais a qualidade de seus egressos. O lócus da inovação é o setor industrial. A ideia aqui discutida é a de criar uma rede de instituições de pesquisa voltada ao desenvolvimento tecnológico e à inovação.

A Embrati ficaria subordinada a um ministério (MCT ou MIDIC), e seria composta por Unidades de Pesquisa Descentralizadas (UPDs), cada uma com um perfil temático de pesquisa segundo as necessidades definidas por um Conselho Superior (CS) e instaladas em diferentes regiões do país segundo seu tema de pesquisa, obedecendo às vocações locais. Para exemplificar, a CEITEC é uma empresa pública ligada ao MCT que foi criada com o intuito de desenvolver a indústria microeletrônica no Brasil. Ela é um bom exemplo de uma UPD. A Embrati seria, portanto, composta de UPDs nos setores eleitos como estratégicos (farmacêutico, de bens de capital, de softwares, de semicondutores) e também em diversos outros: de química, novos materiais, biotecnologia, biodiversidade, etc. Pode também contemplar unidades voltadas a setores específicos da indústria nacional, como calçados, têxtil, papel e celulose, etc.

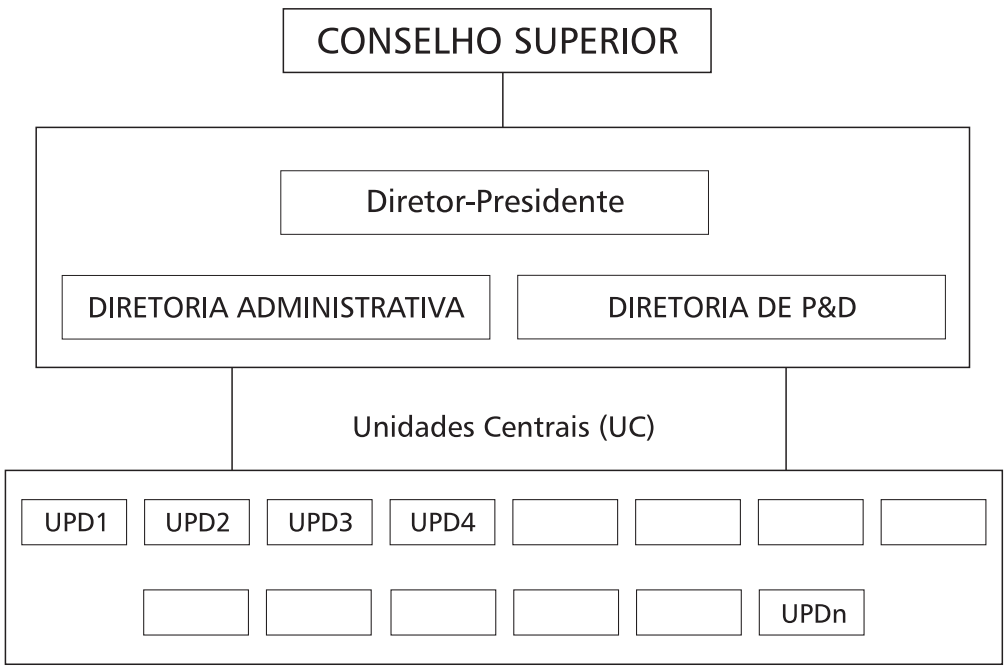
A proposta de criação da Embrati pressupõe obviamente a preparação de recursos humanos altamente qualificados voltada à pesquisa tecnológica e de inovação. Os cursos de graduação nas áreas científicas e de engenharia teriam de ampliar suas vagas e adequar seus currículos visando formar profissionais e pesquisadores que tenham competência para a inovação tecnológica e o empreendedorismo. A Capes deveria fortalecer o mestrado profissional e estender essa filosofia ao doutorado profissional, estimulando a realização de trabalhos de tese nos ICTs tecnológicos e nas UPDs. Além disso, a Capes e o CNPq poderiam criar modalidades específicas de bolsas no exterior para a formação de um quadro de pesquisadores em áreas em que o Brasil ainda é carente, visando apoiar a implantação de UPDs da Embrati. A Finep teria um papel fundamental no estímulo à pesquisa nesses órgãos, ampliando os editais voltados à interação entre as UPDs e empresas, e as Redes do Sibratec seriam fortalecidas pelos laboratórios das UPDs.

Abaixo apresentamos um diagrama simplificado do organograma para a Embrati, segundo nossa proposta. O Conselho Superior (CS) seria o órgão máximo da empresa, que teria um presidente junto a uma diretoria executiva. Além disso, poderiam compor o CS representantes da sociedade civil: CNI (Confederação Nacional da Indústria), associações de setores industriais como Abimac, Abinee, Abiquim, Febrafarma, etc. Cada UPD poderá ter um caráter temático específico, como o de "Micro e Nanoeletrônica" ou de "Fármacos e Medicamentos", ou mais amplo, como por exemplo "Materiais, Química e Nanotecnologia"; ou ainda mais geral, como uma UPD em "Energia, Meioambiente e Biodiversidade".

A criação da Embrapi posicionaria o Brasil de forma estratégica na agenda do século XXI, pois como foi destacado no capítulo sobre o setor Químico, são necessárias

novas atitudes, novos currículos, novas concepções, novas formas de instituições educacionais e de instituições de pesquisa científica, tecnológica e de inovação onde a criatividade e a coerência intelectual predominem, impulsionando o país ao desenvolvimento sustentável e à melhora da qualidade de vida de toda a população.

ORGANOGRAMA EMBRATI



BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ACHATZ, R., Siemens, Economist Oct 11, 2007.

American Recovery and Reinvestment Act of 2009. Available at <http://www.recovery.gov/Pages/home.aspx>.

APTE, U.; NATH, H. Size, Structure, and Growth of the U.S. Economy, *Center for Management in the Information Economy, Business and Information Technology (BIT) Working Paper*, UCLA, Dec. 2004.

Assessing Research-Doctorate Programs: a Methodologic Study, *National Academies Press*, Ed. Ostriker and Kuh, 2003.

Assessing the Impacts of Changes in the Information Technology R&D: Retaining Leadership in an Increasingly Global Environment, *National Research Council*, ISBN: 0-309-11883-2, Washington, 2009.

BREWER, E; DEMMER, M.; DU, B.; FALL, K., HO, M.; KAM, M.; NEDEVSCHI, S.; PAL, J.; PATRA, R.; SURANA, S.. The Case for Technology for Developing Regions. IEEE Computer. v.38, n.6, p. 25-38, Jun. 2005.

BRYNJOLFSSON, E. The IT Productivity GAP, *Optimize*, 21, Jul. 2003. Available at http://ebusiness.mit.edu/erik/Optimize/pr_roi.html; accessed Oct. 28, 2008.

BUSH, V. As We May Think, *The Atlantic Magazine*, July 1945.

CAPES. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. *Relatório Geral de Avaliação Trienal da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Triênio 2007-2009*. set. 2010. <www.capes.gov.br>.

CAPES. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. *Relação de Cursos Recomendados ou Reconhecidos*. Disponível em <www.capes.gov.br>.

CNPq. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, *Estatísticas e Indicadores de Fomento do CNPq*, Disponível em <http://www.cnpq.br/estatisticas/indicadores.htm>.

COMPUTER SCIENCE: Reflections on the Field, Reflection from the Field, *The National Academies Press*, 2004, US.

DEDRICK, J.; GURBAXANI, V.; KRAEMER, K. Information Technology and Economic Performance: A Critical Review of the Empirical Evidence, **ACM Computing Surveys**, v.35, n.1, p.1-28, Mar. 2003.

Digital Economy Act 2010, United Kingdom 2010. Available at <ttp://www.opsi.gov.uk/acts/acts2010/ukpga_20100024_en_1>.

Grandes Desafios da Pesquisa em Computação no Brasil – 2006- 2016, Sociedade Brasileira de Computação, 2006. Disponível em <www.sbc.org.br>.

HIDALGO, C. A.; HAUSMANN, R. The Building Blocks of Economic Complexity. *Proc. Natl. Acad. Sci*. (2009) 106(26):10570-10575.

http://www.cnrs.fr. Les Domaines Scientifiques.

http://www.rae.ac.uk. Research Assessment Exercise 2008.

ICT 2020: Research for Innovations, Federal Ministry of Education and Research, Germany, 2008.

Internet Systems Consortium, Inc, <http://www.isc.org/about>. Acessado em jun. 2010.

LAENDER, A.; LUCENA, C. J. de; MALDONADO, J. C.; SOUZA e SILVA, E. de; ZIVIANI, N. 2008. Assessing the research and education quality of the top Brazilian Computer Science graduate programs. SIGCSE Bull. 40, 2 (jun. 2008).

MILBERGS, E. Innovation Vital Signs - Framework Report, Center for Accelerating Innovation, Washington, D.C., 2007.

MOORE, J. F. Predators and Prey: A New Ecology of Competition. *Harvard Business*, Review 71, v. 3, p.75-86, May/June 1993.

New Research Directions in Composition and Systems Technology for High Confidence Cyber-Physical Systems – July 9-10, 2007, Arlington, VA, draft report, <http://ike.ece.cmu.edu/twiki/bin/view/CpsReports/WebHome>

NSF. National Science Foundation. *Relação das Unidades Organizacionais da National Science Foundation*. Disponível em <www.nsf.gov>.

ROSEMBLOOM, P. A New Framework for Computer Science and Engineering. IEEE Computer, Nov. 2004.

United Nations 2008, *e-Government Survey 2008: From e-Government to Connected Governance*, ST/ESA/PAD/SER.E/112, United Nations, ISBN 978-92-1-123174-8, 2008.

Autores: Grupo de Trabalho e Convidados

Grupo de Trabalho da SBPC - CT&I para um Brasil Competitivo:

Roberto Mendonça Faria (coordenador)

Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 1A. Possui graduação em física pela Universidade de São Paulo (1976), mestrado em física pela Universidade de São Paulo (1980) e doutorado em física pela Universidade de São Paulo (1984). Professor livre-docente em 1990 pela USP. Atualmente é professor titular da Universidade de São Paulo. Foi diretor do Instituto de Física de São Carlos da USP de 2002 a 2006. É árbitro das seguintes revistas: Applied Physics Letters, Brazilian Journal of Physics, Journal of Non-Crystalline Solids, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Physical Review B, Journal of Applied Physics, Journal of Physics. D, Applied Physics e Materials Science & Engineering. C, Biomimetic Materials, Sensors and Syste. Pertence ao Advisory Editorial Board da revista Materials Science. Atua na área de física da matéria condensada, principalmente nos seguintes temas: eletrônica orgânica, polímeros condutores, propriedades elétricas e ópticas de filmes finos orgânicos, nanotecnologia, e microscopia de ponta de prova.

Jacobus Willibrordus Swart

Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 1A. Possui graduação em engenharia elétrica pela Universidade de São Paulo (1975), doutorado em engenharia elétrica pela Universidade de São Paulo (1981) e pós-doutorado pela Universidade Católica de Leuven, Bélgica (1983) e pelo Research Triangle Institute, USA (1991). É professor titular da Universidade Estadual de Campinas.

Tem experiência na área de engenharia elétrica, com ênfase em materiais e componentes semicondutores, atuando principalmente nos seguintes temas: tecnologias de circuitos integrados de Si e de GaAs, CMOS, HBT, filmes finos, corrosão por plasma e nanoeletrônica. Foi presidente da Sociedade Brasileira de Microeletrônica por duas gestões, membro do CA-EE do CNPq por duas gestões, membro do CD do CNPq por quatro anos e diretor de Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer de 2007 a 2011 . É "Distinguished Lecturer" e membro do conselho AdCom do Electron Device Society do IEEE por seis anos.

Bahia (UFBA) desde 1976; atualmente é professor titular. É pesquisador do CNPq desde 1988; atualmente está no nível 1A. É licenciado e bacharel em química (UFBA), mestre em ciências (UFBA), doutor em ciências em química analítica e inorgânica (PUC-RJ), realizou estudos em nível de pós-doutorado no Brookhaven National Laboratory (NY-USA) e foi pesquisador visitante no Desert Research Institute (NV-USA) e na DGA, INC (CA-USA). É conselheiro da SBQ, SBPC, Finep (suplente), ABC (Conselho Fiscal), representante da Área de Ciências Exatas da Terra e das Engenharia no CATC - CNPq e membro do conselho diretor do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. É Membro da Ordem Nacional do Mérito Científico, no grau de Grã Cruz, e da Academia Brasileira de Ciências. É editor do Journal of the Brazilian Chemical Society e membro do editorial board do Microchemical Journal. É coordenador do INCT de Energia e Ambiente (CNPq 573783/2008-0) e do Estudo Multidisciplinar da Baia de Todos os Santos (Fapesb). A sua atuação em pesquisa científica envolve a química inorgânica, química analítica, química ambiental e energia e combustíveis, cujos objetivos principais são: o desenvolvimento de novos métodos analíticos para a determinação de espécies químicas orgânicas e inorgânicas, em meio líquido, sob forma de gás ou associada a aerossóis atmosféricos; o estudo da exaustão veicular e de reações atmosféricas de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, aldeídos, álcoois, compostos de enxofre, compostos de nitrogênio, ozônio, olefinas e ácidos carboxílicos; o estudo do equilíbrio entre as fases vapor e aerossol de hidrocarbonetos, aldeídos e mercúrio; a difusão e transporte de aerossóis atmosféricos; e a cinética de oxidação do S(IV) catalisada por metais, bem como o estudo do mecanismo de formação e propriedades de sulfitos duplos contendo Cu(I) e outro metal de transição M(II).

João Batista Calixto

Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 1A. É graduado em ciências biológicas pela Universidade de Brasília (1973), mestre em farmacologia pela Universidade Federal de São Paulo (1976) e doutorado em farmacologia pela Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (1984). Foi um dos criadores do departamento de Farmacologia e do curso de pós-graduação em farmacologia da UFSC, onde iniciou sua carreira em 1976. Atualmente é professor titular de farmacologia da Universidade Federal de Santa Catarina, pesquisador nível 1A do CNPq e membro da Academia Brasileira de Ciências. Foi, por dois mandatos consecutivos, presidente da Sociedade Brasileira de Farmacologia e Terapêutica Experimental. Foi agraciado com a Ordem Nacional do Mérito Científico pelo Presidente da República (2002). Recebeu os prêmios Mérito Universitário da

Universidade Federal de Santa Catarina (2002), Finep de Inovação (Região Sul-2006), Scopus/Capes (2007), Inovação Natura Campus (2008), Gaspar Stemmer de Inovação, categoria protagonista da inovação (primeiro lugar), Governo do Estado de Santa Catarina (2010). Possui mais de 300 trabalhos científicos publicados em revistas especializadas de nível internacional. Esses trabalhos foram, na sua grande maioria, realizados em parceria com alunos de graduação e de pós-graduação no departamento de Farmacologia da UFSC, onde desenvolveu toda a sua carreira cientifica. Esses trabalhos receberam mais de 6.000 citações. Durante sua carreira já orientou 35 dissertações de mestrado, 24 teses de doutorado e 18 estudantes de pós-doutorado. Participa do comitê editorial de várias revistas científicas internacionais, sendo atualmente editor de duas revistas científicas.

Além disso, tem participado ativamente como assessor de algumas dezenas de revistas científicas internacionais. Tem experiência na área de farmacologia geral, farmacologia da dor, inflamação e em princípios ativos de plantas. Há mais de 20 anos desenvolve pesquisas em parceria com as principais indústrias farmacêuticas nacionais e internacionais. Possui 18 patentes no Brasil e no exterior e participou do desenvolvimento de três produtos que estão atualmente no mercado. Foi por várias vezes membro do comitê assessor BF-CNPq e coordenador da área de Ciências Biológicas II da Capes. Atualmente é coordenador geral da rede Nacional sobre Ensino de Ciências, financiada pela Finep e Capes, "Novos Talentos da Rede Publica", que envolve pesquisadores e alunos de pós-graduação de 17 universidades em todo o Brasil.

Convidados que contribuíram com artigos:

Rubens Naves

Bacharel em Ciências Jurídicas e Sociais pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, onde foi professor de Teoria Geral do Estado e exerceu a chefia do Departamento de Teoria Geral do Direito. Autor da obra Advocacia em Defesa do Estado (2008) e de artigos, trabalhos e publicações no campo do Direito, também atua como consultor de empresas, associações e fundações, integrando grupos de trabalho na esfera governamental e delegações internacionais. Rubens Naves participou do Conselho Estadual do Meio Ambiente, da Superintendência Jurídica da SABESP e do Conselho Deliberativo do Tribunal Arbitral do Comércio. Ex-Diretor da CESP e Ex-Presidente da Fundação Abrinq pelos Direitos da Criança e do Adolescente, faz parte do Conselho de inúmeras entidades do terceiro setor. Esteve em exercício no Conselho da OAB/SP, no Conselho Diretor da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, no

Conselho da Fundação SEADE. Fundador e conselheiro da Transparência Brasil é membro do Conselho Consultivo da ABERJE Associação Brasileira de Comunicação Empresarial, da Fundação Faculdade de Medicina, da USP, e da Comissão de Estudos do Terceiro Setor do Instituto dos Advogados de São Paulo. Integra a Comissão de Direito do Terceiro Setor, da OAB.

Eduardo Pannunzio

Possui graduação em Direito pela Universidade de São Paulo (1998) e mestrado (LL.M.) pela Universidade de Essex, Reino Unido (2003). Atualmente é advogado da área de terceiro setor e sócio de Rubens Naves, Santos Jr., Hesketh - Escritórios Associados de Advocacia. Tem experiência na área de Direito Público, com ênfase em Direitos Humanos, Direito Administrativo e Direito do Terceiro Setor.

Paulo César Goulart de Miranda

Graduado em Management & Technology pela Universidade de Maryland - UMUC (1990) e mestre em Administração e Políticas Públicas (Master in Public Administration and Publich Pollicy, MPP), pela Universidade de Syracuse - The Maxwell School of Citizenship and Public Affairs, NY, EUA (2000). Foi Diretor da International Association of Science Parks - IASP, Espanha (2007-2010). Foi assessor sênior da Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadores - CERTI e pesquisador do Instituto Sapientia (2001-2005). Foi Superintendente da ANPROTEC - Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores (2003-2007). Foi Diretor "infoDev Incubator Support Center", Programa infoDev, Banco Mundial (2003-2005). Foi funcionário da Organização dos Estados Americanos - OEA, Washington, DC, assessor-técnico/ consultor do Banco Mundial, do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), da Organização das Nações Unidas, do Carter Center em Atlanta; foi membro-colaborador do The Aspen Institute - Communication and Society Program e do United States Institute of Peace (USIP), Washington, DC. Atualmente é Diretor de Planejamento do Parque Tecnológico - São José dos Campos (2010). É professor-colaborador do programa de mestrado para gestores de parques tecnológicos da Universidade de Málaga (UMA), Espanha.

Andréa Francomano Bevilacqua

Advogada, graduada em Direito pela Universidade do Vale do Paraíba (1995). Mestre em Planejamento Urbano e Regional pela UNIVAP (2011); Especialista em Gestão de

Recursos Hídricos (2005) e Especialialista em Gestão Pública (2008). Atualmente é Coordenadora Jurídica da Associação Parque Tecnológico de São José dos Campos. Tem também atuação como Consultora Jurídica e em Gestão nas áreas de Saneamento Ambiental, Planejamento Urbano e Regional, Planejamento Estratégico, Licitações, e Contratos Públicos, com ênfase a Contratos de Gestão e Parcerias Público Privadas (PPP).

Virgilio Augusto Fernandes Almeida

possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (1973), mestrado em Informática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1980) e doutorado em Ciência da Computação - Vanderbilt University (1987). É membro da Academia Brasileira de Ciências e Professor Titular Do Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Minas Gerais. Seus interesses de pesquisa concentram-se em vários aspectos de Sistemas de Computação, atuando principalmente nos seguintes temas: sistemas distribuidos em larga escala e suas propriedades, internet, caracterização de tráfego e cargas de trabalho, medição, modelagem analítica de performance e planejamento de capacidade de infraestruturas de processamento de informação. Em 2006, recebeu a Ordem Nacional do Mérito Científico, na classe de comendador.

José Carlos Maldonado

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (1978), mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (1983) e doutorado em Engenharia Elétrica - Computação e Automação pela Universidade Estadual de Campinas (1991). Atualmente é membro da rede de pesquisa - International Software Engineering Research Network, membro do conselho técnico-científico do Instituto de Pesquisas Eldorado, coordenador do grupo de ti do iea/são carlos do Instituto de Estudos Avançados/USP-São Carlos, membro do conselho das sociedades científicas da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência - São Paulo, presidente da Sociedade Brasileira de Computação, membro da coordenação da área da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, membro do ca-cc/cnpq do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, adjunto de área da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, vice-diretor do icmc/usp da Universidade de São Paulo, membro titular do cta da Universidade de São Paulo, presidente da comissão cdct da Universidade de São Paulo, professor titular da Universidade de São Paulo e membro do cpa/usp da Universidade de São Paulo. Tem

experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Engenharia de Software, atuando principalmente nos seguintes temas: teste de software, análise de mutantes, ferramentas de teste, teste estrutural e teste de especificações de software.

Sociedades científicas ou instituições que subsidiaram a produção deste documento:

ABC, ABE, ABFM, FESBE, IMPA, SBA, SBBF, SBBq, SBC, SBCTA, SBEB, SBF, SBFTE, SBG, SBM, SBMac, SBMicro, SBMicrobiologia, SBMM, SBMO, SBPC, SBPMat, SBPqO, SBQ, SOBRAEP, SOBRAPO

Copidesque:

José Roberto Ferreira

Jornalista especializado em ciência, tecnologia e inovação, área a que se dedica desde 1985. É diretor da Acadêmica Agência de Comunicação, editor do jornal Engenhar (publicação da Associação Nacional de P&D das Empresas Inovadoras – Anpei) e responsável pela seção "P,D&I" da revista Scientific American Brasil.

Foi presidente da Associação Brasileira de Jornalismo Científico (2003-2004).