



# Parcerias Estratégicas

Volume 15 - Número 30 - Junho 2010

## **Ciência, tecnologia e meio ambiente**

A questão ambiental e a contribuição dos institutos de pesquisa à geração de tecnologias ambientalmente sustentáveis

Desafios e perspectivas da integração regional da Amazônia sul-americana

Desenvolvimento sustentável do Semiárido Brasileiro

*Beyond the emission market: Kyoto and the international expansion of waste management firms*

*Facts and debates on the future of the Amazon forest*

## **Política científica, tecnológica e de inovação**

*Foresight* estratégico: uso da abordagem metodológica no plano de gestão de uma agência de fomento a ciência, tecnologia e inovação

Auge e declínio dos estados desenvolvimentistas. Novos desafios

Inovação tecnológica na indústria brasileira no passado recente – uma resenha da literatura econômica

Proposta de um modelo de aprendizagem organizacional sustentado pela inovação

## **Tecnologias emergentes e indústrias do futuro**

Gestão da tecnologia e aprendizagem organizacional: evolução das práticas de uma empresa brasileira de energia na direção do desenvolvimento sustentável

Iniciativa Nacional de Inovação: modelo conceitual de prospecção tecnológica para áreas estratégicas no Brasil

Química Verde no Brasil: visão de futuro e estratégia nacional para o período 2010-2030

## **Memória**

Conferencia Nacional de CT&I e a criação do CGEE



# Parcerias Estratégicas

---

v. 15, n. 30, junho de 2010, Brasília-DF

ISSN 1413-9375

---

Parc. Estrat. | Brasília - DF | v. 15 | n. 30 | p. 1-345 | jan-jun 2010

# Parcerias Estratégicas – v.15 – n.30 – junho 2010

A Revista Parcerias Estratégicas é publicada semestralmente pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e tem por linha editorial divulgar e debater temas nas áreas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I). Distribuição gratuita. Tiragem: 2.000 exemplares. Disponível eletronicamente em: <http://www.cgее.org.br/parcerias>.

## Editora

Tatiana de Carvalho Pires

## Conselho editorial

Adriano Batista Dias (Fundaj)

Bertha Koiffmann Becker (UFRJ)

Eduardo Baumgratz Viotti (Consultor)

Evando Mirra de Paula e Silva (CGEE)

Gilda Massari (S&G Gestão Tecnológica e Ambiental/RJ)

Lauro Morhy (UnB)

Ricardo Bielschowsky (Cepal)

Ronaldo Mota Sardenberg (Anatel)

## Projeto gráfico e diagramação

Eduardo Oliveira e Diogo Moraes

## Capa

Eduardo Oliveira

## Endereço para correspondência

SCN Q. 2, Bloco A, Ed. Corporate Center, sala 1102, CEP 70712-900, Brasília – DF, telefones: (61) 3424.9666, email: [editoria@cgее.org.br](mailto:editoria@cgее.org.br)

**Indexada em:** Latindex; EBSCO publishing; bibliotecas internacionais das instituições: Michigan University, Maryland University; Université du Québec; Swinburne University of Technology; Delaware State University; National Defense University; San Jose State University; University of Wisconsin-Whitewater. Qualificada no Qualis/Capes.

C967 Parcerias Estratégicas / Centro de Gestão e Estudos Estratégicos • v. 1, n. 1 (maio 1996) • v. 1, n. 5 (set. 1998); n. 6 (mar. 1999) • Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos: Ministério da Ciência e Tecnologia, 1996-1998; 1999-

v. 15 n. 30 (jun 2010)  
Semestral  
ISSN1413-9375

1. Política e governo - Brasil 2. Inovação tecnológica 1. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. n. Ministério da Ciência e Tecnologia.

CDU 323.6(81)(05)

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) é uma associação civil sem fins lucrativos e de interesse público, qualificada como Organização Social pelo executivo brasileiro, sob a supervisão do Ministério da Ciência e Tecnologia. Constitui-se em instituição de referência para o suporte contínuo aos processos de tomada de decisão sobre políticas e programas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I). A atuação do Centro está concentrada nas áreas de prospecção, avaliação estratégica, informação e difusão do conhecimento.

## Presidenta

Lucia Carvalho Pinto de Melo

## Diretor executivo

Marcio de Miranda Santos

## Diretores

Antonio Carlos Filgueira Galvao

Fernando Cosme Rizzo Assunção

## Conselho de Administração CGEE

Marco Antônio Raupp (Presidente)

Alysson Paolinelli (CNA)

Carlos A. Aragão de Carvalho Filho (Cnpq)

Carlos Alberto Ribeiro de Xavier (MEC)

Carlos Américo Pacheco (Repres. dos associados)

Clemente Ganz Lúcio (Dieese)

Edson Fermann (Sebrae)

Eduardo Moacyr Krieger (ABC)

Francelino Lamy de Miranda Grando (MDIC)

Guilherme Ary Plonski (Anprotec)

Isa Asséf dos Santos (Abipti)

Jorge Luis Nicolas Audy (Foprop)

Rafael Lucchesi (Cni)

Luis Manuel Rebelo Fernandes (Finep)

Luiz Antonio Rodrigues Elias (MCT)

Maria Angela do Rego Barros (Anpei)

Mario Neto Borges (Confap)

Renê Teixeira Barreira(Consecti)

Esta edição da revista Parcerias Estratégicas corresponde a uma das metas do Contrato de Gestão CGEE/MCT/2010.

Parcerias Estratégicas não se responsabiliza por ideias emitidas em artigos assinados. É permitida a reprodução e armazenamento dos textos desde que citada a fonte.

# Sumário

---

07    AOs Leitores

## Ciência, tecnologia e meio ambiente

---

09    A questão ambiental e a contribuição dos institutos de pesquisa à geração de tecnologias ambientalmente sustentáveis

| *Marconi Edson Esmeraldo Albuquerque* | *Maria Beatriz Machado Bonacelli*  
| *Peter Weigel* |

25    Desafios e perspectivas da integração regional da Amazônia Sul-americana

| *Bertha K. Becker* |

45    Desenvolvimento sustentável do semiárido brasileiro

| *Aldrin Martin Perez-Marin* | *Pedro Dantas Fernandes*  
| *Albericio Pereira de Andrade* | *Roberto Germano Costa*  
| *Rômulo Simões César Menezes* |

59    Beyond the emission market: Kyoto and the international expansion of waste management firms

| *Ionara Costa* | *Asel Doranova* | *Geert-Jan Eenhoorn* |

77    Facts and debates on the future of the Amazon forest

| *Hector Maletta* |

## Política científica, tecnológica e de inovação

---

129 Foresight estratégico: uso da abordagem metodológica no plano de gestão de uma agência de fomento a ciência, tecnologia e inovação  
| *Gilda Massari Coelho* | *Antonio Carlos Figueira Galvão* | *Antonio Carlos Guedes*  
| *Igor André Carneiro* | *Cláudio Chauke Nehme* | *Lélio Fellows Filho* |

---

159 Auge e declínio dos estados desenvolvimentistas. Novos desafios  
| *Carlos Aguiar de Medeiros* |

---

177 Inovação tecnológica na indústria brasileira no passado recente – uma resenha da literatura econômica  
| *Fabio Stefano Erber* |

---

251 Proposta de um modelo de aprendizagem organizacional sustentado pela inovação  
| *Cláudio Chauke Nehme* | *Daniele Lucena Ribeiro* |

## Tecnologias emergentes e indústrias do futuro

---

**277** Gestão da tecnologia e aprendizagem organizacional: evolução das práticas de uma empresa brasileira de energia na direção do desenvolvimento sustentável

| *Maria Fatima Ludovico de Almeida* | *Maria Ângela Campelo de Melo* |

Iniciativa Nacional de Inovação: modelo conceitual de prospecção tecnológica para áreas estratégicas no Brasil

| *Maria Fatima Ludovico de Almeida* | *Carlos Augusto Caldas de Moraes* |

Química Verde no Brasil: visão de futuro e estratégia nacional para o período 2010-2030

| *José Osvaldo Beserra Carioca* | *Peter Seidl* | *Eduardo Falabella Sousa-Aguiar*

| *Maria Fatima Ludovico de Almeida* |

## Memória

---

**339** Conferencia Nacional de CT&I e a criação do CGEE

| *Cylon Gonçalves* | *Lucia Melo* |



## Aos leitores

Parcerias Estratégicas chega em 2010 apresentando a edição de número 30, em seus 14 anos de existência. Foram tempos de discussões sobre os caminhos que levassem a sua evolução e ao seu aprimoramento, apresentando estudos e reflexões relacionados com temas de interesse científico, tecnológico e de inovação. Com isso, temos a expectativa de estar contribuindo para a difusão do conhecimento e de um pensamento cada vez mais sólido para o desenvolvimento brasileiro da CT&I.

Mas é tempo de falar dos destaques desta edição. A novidade, mais do que oportuna, é a publicação de dois artigos em língua estrangeira sobre o meio ambiente, submetidos por especialistas atuantes no exterior, fato positivo que mostra a valorização internacional em relação a nossa revista.

Esta edição contempla três artigos que se situam na ampla temática de tecnologias emergentes e indústrias do futuro. São também apresentados textos sobre desenvolvimento sustentável do semi-árido brasileiro, foresight estratégico, e uma resenha da literatura econômica sobre inovação tecnológica na indústria brasileira no passado recente. A proposta de um modelo de aprendizagem organizacional sustentado pela inovação reflete sobre um programa de avaliação de universidade brasileira, entre outros artigos que aqui contribuem para a difusão de temas científicos e tecnológicos.

Aproveitamos esta oportunidade para informar que a próxima edição da RPE, de número 31, virá em quatro volumes, e será lançada em dezembro deste ano. Neles, serão apresentados textos e artigos produzidos por equipe de especialistas e relatores convidados para participar da 4ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, realizada este ano, em Brasília, DF.

Agradecemos aos pareceristas que em muito enriqueceram a publicação com comentários e sugestões para a melhoria dos manuscritos; e aos autores que enviaram textos de qualidade.

Para finalizar, reiteramos aos interessados nas nossas publicações um esforço concentrado em 2011, no sentido de submeter uma boa quantidade de artigos para enriquecer esta revista.

Boa leitura.



# A questão ambiental e a contribuição dos institutos de pesquisa à geração de tecnologias ambientalmente sustentáveis

Marconi Edson Esmeraldo Albuquerque<sup>1</sup>, Maria Beatriz Machado Bonacelli<sup>2</sup> & Peter Weigel<sup>3</sup>.

## Resumo

Este texto faz uma discussão da internalização da variável ambiental como elemento fundamental na indução de novas trajetórias – tecnológica, organizacional e institucional – por instituições de pesquisa no país. Baseando-se na teoria econômica neo-schumpeteriana, buscou-se explicar o processo co-evolucionário de trajetórias tecnológicas, institucionais e organizacionais, destacando-se os obstáculos e determinantes para a inserção dos imperativos ambientais nas organizações. Numa era em que o conceito de desenvolvimento sustentável precisa cada vez mais ser compreendido e materializado em ações concretas, reconhece-se na ciência e tecnologia fonte abundante de potenciais soluções à neutralização, impedimento e antecipação de problemas ambientais, em sua maioria resultados de efeitos externos negativos dos sistemas produtivos. Nesse âmbito, as decisões se colocam a partir de dois eixos de ação: de um lado, estimulando a

## Abstract

*This essay presents the integration of the environmental variable as fundamental matter to the induction of new technological, organizational and institutional trajectories. Basing on the neo-schumpeterian economics theory, we tried explain the co-evolutionary process of technological, institutional and organizational trajectories, emphasizing the obstacles and determinants for the integration of the environmental imperatives in the organizations. In a era in that the definition of Sustainable Development needs to be put into practice more and more, it is recognized that Science & Technology (S&T) area is an abundant source of potential solutions to the neutralization, impediment and anticipation of environmental harms, mainly results from negative external effects of the productive systems. The challenges presented to the S&T is of technical nature and especially political. This way, the developed policies are complementary according to two action axes: on a side, stimulating*

- 1 Doutorando em Política Científica e Tecnológica (DPCT/IG/Unicamp). Analista em Ciência e Tecnologia do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Email: medson@cnpq.br
- 2 Doutora em Ciências Econômicas pela Université des Sciences Sociales de Toulouse I, França. Professora do Departamento de Política Científica e Tecnológica (DPCT/IG/Unicamp). Email: bia@ige.unicamp.br
- 3 Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq/USP) e Mestre em Planejamento do Desenvolvimento pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Pesquisador Titular do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa/MCT). Email: peter@inpa.gov.br

geração de alternativas tecnológicas de longo prazo e, de outro, buscando controlar problemas relativos à degradação ambiental no curto prazo. No processo de geração/difusão de tecnologias ambientais, destaca-se é dado aos institutos de pesquisa, que podem se constituir atores importantes numa mudança paradigmática iminente que considere a questão ambiental e os problemas a ela inerentes. Tais instituições têm um papel central na internalização da variável ambiental em suas trajetórias organizacionais e podem contribuir com o desenvolvimento de inovações dessa natureza, bem como 'externalizar' competências ao setor produtivo.

**Palavras-chave:** Processo co-evolucionário de trajetórias tecnológicas, institucionais e organizacionais; Internalização da variável ambiental nos institutos de pesquisa e desenvolvimento; Tecnologias ambientalmente corretas.

*the generation of long-term technological alternatives and, on the other hand, looking for to control the environmental pollution in the short-term. In the process of creation/diffusion of environment benign technologies, prominence is given to the research institutes that can be important actors in an imminent paradigmatic change which considers strongly the environmental variable. Such institutions have a central role in the integration of the environmental variable in their organizational trajectories and they can collaborate with the development of environment innovations, as well as 'externalize' competences to the productive sector.*

**Keywords:** *Co-evolutionary process of technological, institutional and organizational trajectories; internalization of the environmental variable in research and development institutes; Environment friendly technologies*

---

## 1. Introdução

Neste artigo, apresentamos a temática da internalização da variável ambiental como potencial elemento importante na indução de novas trajetórias – tecnológica, organizacional e institucional. Destacamos o papel que os institutos de pesquisa poderiam vir a desempenhar no processo de desenvolvimento de tecnologias ambientais e no estímulo que podem dar para que as empresas venham a adotá-las.

Como pano de fundo, buscou-se situar o debate em torno da questão ambiental contemporânea, desde o início da década de 1970, culminando com a apresentação do conceito de desenvolvimento sustentável e a necessidade de mudança paradigmática para a produção e difusão de tecnologias ambientalmente corretas. Valemos-nos, também, da teoria econômica evolucionista, para explicar o processo co-evolucionário de trajetórias tecnológicas, institucionais e organizacionais, destacando-se os óbices e determinantes para a inserção dos imperativos ambientais nas organizações.

## 2. A questão ambiental contemporânea e os desafios impostos à ciência e tecnologia

O debate em torno da questão ambiental ganha nova dimensão a partir da segunda metade dos anos 1960 do século 20, tendo como pano de fundo uma de suas mais expressivas correntes, as idéias malthusianas, que relacionavam escassez de recursos naturais e crescimento populacional e econômico – os neomalthusianos (outra corrente também importante, que relacionava os problemas ambientais ao modelo de desenvolvimento tecnológico - os problemas ambientais eram tidos como decorrentes do uso de “tecnologias defeituosas”, como o uso de materiais sintéticos, detergentes e pesticidas, entre outros). A discussão, portanto, ganhou contornos bem mais amplos, porque à questão econômica agregaram-se argumentos de ordem biológica. Começou a ficar patente que não seria mais possível pensar na promoção do crescimento econômico sem que a variável ambiental fosse levada em conta.

Tendo esse contexto como pano de fundo, difunde-se a idéia de Crescimento Zero, apregoada pelo Clube de Roma. O relatório *The Limits of Growth*, oriundo de parceria entre essa organização e pesquisadores do MIT não creditava ao avanço tecnológico a possibilidade de se evitar uma catástrofe de âmbito planetário caso os níveis de consumo mantivessem a mesma tendência de crescimento das décadas anteriores (CORAZZA, 1996). Essa abordagem considerava, assim, a tecnologia como estática, e qualquer expectativa quanto ao futuro levava ao esgotamento dos recursos e à degradação ambiental. Ademais, o movimento ambientalista que emergia imputava à tecnologia o rótulo de principal fonte de degradação ambiental, sendo geradora contínua de efeitos adversos (FORAY; GRÜBLER, 1996).

Produzido pela Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, em 1987, o Relatório Brundtland trouxe uma nova tônica às discussões acerca de meio ambiente e desenvolvimento. Partia da premissa de que é possível se perseguir objetivos de desenvolvimento sem a degradação do meio ambiente. A defesa do desenvolvimento se opunha, assim, à visão catastrófica peculiar do início da década de 70. Segundo esse Relatório, a humanidade era capaz de implantar o desenvolvimento sustentável, *i.e.* garantir o atendimento das necessidades das gerações presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem suas próprias necessidades (COLOMBO, 2001).

O conceito de desenvolvimento sustentável representou, inicialmente, uma surpresa, pela sua concepção efetivamente inovadora e uma aparente vitória para os grupos ambientalistas. Para os diferentes ramos produtivos trouxe perplexidade e dúvidas quanto à sua real possibilidade de implantação. Para os governos, em seus diferentes níveis, trouxe uma preocupante perspectiva quanto à economia e quanto à magnitude dos investimentos que teriam de ser feitos para sua

viabilização. E, para os cientistas trouxe desafios que iam exigir muitos investimentos em recursos físicos, humanos e financeiros e uma necessidade de reflexão sobre os rumos que a ciência então estava seguindo.

Essa necessidade de reflexão levou, também, a uma tentativa de mudança da percepção do papel da tecnologia sobre o meio ambiente. Surgia, assim, uma visão distinta que reconhecia que a tecnologia tinha tido um impacto sem precedentes sobre o aumento nos níveis de produtividade, além de ser capaz de remediar problemas ambientais havidos. Reconhecia-se, pois, a tecnologia, como um fator essencial na determinação da natureza da atividade econômica, bem como seu papel de destaque na reconciliação de objetivos econômicos e ambientais<sup>1</sup>. A consecução do desenvolvimento sustentável demandava, então, uma transformação nas tecnologias que dominavam a atividade econômica (HOOPER; JENKINS, 1995).

Essa percepção encontrava apoio na teoria existente, mas não necessariamente na prática diária e na realidade e na lógica do modelo econômico vigente. Para o modelo econômico de então, e ainda hoje, vigente, a chegada do conceito do desenvolvimento sustentável representou, de imediato, a perspectiva da necessidade de reestruturação produtiva, de aumento de custos e de diminuição de ganhos por um período não estimável de tempo. E, finalmente, a transformação das tecnologias não é uma tarefa tão simples, a não ser que se esteja pensando em transformações adaptativas. Se, porém, se estiver pensando em geração de tecnologias específicas, então a questão fica muito mais complexa, porque demanda um conjunto anterior de conhecimentos que, devido à lógica do modelo vigente, podem não estar disponíveis. As percepções teóricas sobre o papel potencial da tecnologia não estão, entretanto, equivocadas.

Conforme Foray e Grübler (1996), a influência ambiental positiva da tecnologia decorre de três fatores: 1) processo de substituição de tecnologia, com vistas a aumentar a eficiência do modo de produção; 2) surgimento de novas tecnologias, que podem aumentar a eficiência dos recursos naturais, assim como sua valoração; 3) mudança tecnológica, que pode diminuir o uso de recursos naturais.

Outro papel para a tecnologia é sua configuração como ferramenta de pesquisa, *i.e.* ela funcionaria como um instrumento de observação, fornecendo conhecimento sobre a natureza e complexidade dos problemas ambientais e sobre a eficácia e eficiência das soluções propostas ou implementadas. Segundo este prisma, a tecnologia seria usada tanto para revelar detalhes sobre efeitos indesejáveis das tecnologias, como para aliviar tais problemas por meio de mudanças contínuas e

---

<sup>1</sup> As assim chamadas ecotecnologias ajudam no uso mais eficiente dos recursos naturais, encorajando sua reciclagem e utilização mais completa. Essas tecnologias devem ser desenvolvidas e disseminadas para controlar a excessiva geração de rejeitos dos atuais padrões insustentáveis de produção e consumo (COLOMBO, 2001).

descontínuas, sugerindo a constituição de uma nova lógica para o desenvolvimento de políticas. Esta constatação legitima a necessidade premente de compreensão da formação de novos padrões científicos e tecnológicos que consideram a dinâmica em torno da questão ambiental.

Dessa forma, os desafios apresentados à ciência e tecnologia não são apenas de natureza técnica, mas, também, de formulação de políticas públicas que permitam que se produzam e então se introduzam novas tecnologias capazes de remediação e mesmo de alterações nos padrões e modelos de desenvolvimento. Ao mesmo tempo, porém, é preciso atentar para que não causem desestímulos à busca constante de inovações, para que não causem padronização de tecnologias cujos rendimentos e oportunidades ainda não foram totalmente exploradas, ou seja, tecnologias flexíveis, que permitam evoluir juntamente com o conhecimento que se apresenta no tempo.

Esse aspecto coloca inúmeras tensões para a tomada de decisão no âmbito das políticas públicas, dentre elas, para citar um exemplo, as que por um lado, estimulam a geração de alternativas tecnológicas de longo prazo e as que, por outro, têm que remediar os problemas ambientais no curto prazo. Ou seja, focar a geração de tecnologias mais limpas no longo prazo e tecnologias limpadoras para resolver problemas no curto prazo; tecnologias adaptativas (que podem acentuar o efeito *lock-in*) e tecnologias radicais (que reorganizam a produção). Além disso, e mais atinente ao papel da tecnologia como ferramenta de pesquisa, deveriam ser realizadas simulações dos efeitos das tecnologias, visando um maior entendimento da nossa interação com o ambiente (FORAY; GRÜBLER, 1996).

É preciso atentar, entretanto, que os três fatores citados acima por Foray e Grübler (1996) não se verificarão apenas devido ao estímulo de políticas públicas. Será necessário haver condições complementares, como pressão de consumidores, custos atrativos e, no mínimo, manutenção dos níveis de lucro vigentes. A simulação dos efeitos das tecnologias, conforme citado logo acima pelos mesmos autores, pode vir a ser um bom reforço de convencimento à incorporação delas.

### 3. Co-evolução e a inserção da variável ambiental nas organizações

O ritmo em que os conhecimentos científicos e tecnológicos têm sido criados vem provocando rápidas e complexas alterações nos sistemas produtivos e na sociedade em geral, indicando *pari passu* o aspecto evolucionário das trajetórias tecnológicas, institucionais, e organizacionais. É preciso chamar a atenção neste caso, portanto, para o fato de não se poder considerar a tecnologia como algo isolado de seu contexto histórico e social.

Nesse sentido, partindo-se de uma visão ampla e contextual, a criação de inovações deriva de um processo evolucionário de mudança técnica e social, envolvendo organizações individuais, regimes tecnológicos<sup>2</sup> e panorama sociotécnico (VAN DEN ENDE; KEMP, 1999). Assim, as inovações não surgem aleatoriamente. Elas são criadas em organizações e sistemas sociais com base nas capacidades que estão disponíveis, e sofrem a influência de um conjunto de fatores econômicos, sociais, políticos e culturais, que as define e as conforma. As inovações ocorrem, pois, quando se muda a prática social e os direcionadores para a inovação podem surgir das tensões e contradições na prática social existente (TUOMI, 2002).

A direção do avanço tecnológico dentro de cada paradigma é refletida nas trajetórias tecnológicas. Embora tenham suas atividades inovativas influenciadas pelas trajetórias tecnológicas vigentes e sua capacidade cumulativa, as organizações também são capazes, conforme seus níveis de aprendizagem, de alterar essas trajetórias, o que configura um processo de evolução conjunta entre mudanças organizacionais, tecnológicas e institucionais (VAN DEN ENDE; KEMP, 1999).

Contudo, o domínio de trajetórias tecnológicas específicas está relacionado com os efeitos de escala dinâmica e economias de aprendizagem<sup>3</sup>, dos quais as tecnologias que prevalecem se beneficiam. Tais benefícios resultam em ganhos de eficiência, tais como redução nos preços e aperfeiçoamentos no produto, além de um maior conhecimento do produto por parte do usuário (KEMP; SOETE, 1992). Os efeitos de escala dinâmica e aprendizagem são importantes no processo de difusão da inovação. Entretanto, logo que novas tecnologias se tornem mais robustas, surgirão irreversibilidades, produzidas pelas novas configurações que vão surgindo como parte do novo panorama sócio-técnico de tecnologias emergentes (externalidades de rede). Desta forma, novas tecnologias encontram-se em uma posição desfavorável, especialmente na fase de introdução, considerando-se, também, a existência de problemas técnicos e econômicos cujas soluções ainda são desconhecidas (DOSI, 1988).

De modo semelhante, as tecnologias limpas competem com produtos e processos de produção vigentes e em uso. Na visão de Kemp e Soete (1992), essas tecnologias enfrentam maiores óbices do que as tecnologias dominantes, devido à baixa demanda do mercado por inovações “poupadoras do ambiente”, devido às alternativas tecnológicas favoráveis ao ambiente, espe-

---

2 O conceito de regime tecnológico define fronteiras para o progresso tecnológico e indica direções em que o progresso é possível e vale à pena fazê-lo (NELSON; WINTER, 1977). Remete à idéia de paradigma tecnológico desenvolvida por Giovanni Dosi, que tem como elemento central a existência de uma estrutura tecnológica comum guiando atividades de pesquisa (KEMP, 1994).

3 Muitas inovações e aperfeiçoamentos são originados por meio do processo de aprendizado, como os de learning-by-doing e learning-by-using. Isto é, indivíduos e organizações podem aprender a usar/melhorar/produzir coisas devido ao constante processo de fazê-los, por meio de suas atividades ‘informais’ de solucionar problemas de produção, buscando atender as necessidades de clientes específicos, superando os vários tipos de gargalos (DOSI, 1988). Um terceiro efeito de aprendizagem é o learning-by-interacting, que resulta dos contatos entre fornecedores e contratante (KEMP; SOETE, 1992).

cialmente na fase de introdução, necessitarem de melhorias em termos de qualidade e preço. Outro aspecto importante, inibidor da adoção dessas tecnologias, é a ausência de informação e conhecimento sobre as mesmas, dado que nada garante, *ex ante*, seus possíveis desdobramentos e retornos – tanto de um ponto de vista da eficiência técnica do processo, como de um ponto de vista econômico e social<sup>4</sup>.

Além disso, muitas vezes as empresas ignoram os danos potenciais de seus processos de produção e os possíveis impactos de seus produtos no meio ambiente. Conforme Horbach (2008), a maioria dos problemas ambientais representa efeitos negativos externos e não há claro incentivo econômico para o desenvolvimento de novos produtos e processos ambientalmente corretos. Assim, inovações ambientais<sup>5</sup> dependem muito de mudanças institucionais e organizacionais, mas especialmente de políticas de regulação.

Entende-se que a preocupação com a influência que os imperativos ambientais devem ter sobre a evolução das trajetórias tecnológicas implica a abertura de espaços para a internalização desses mesmos imperativos nos processos de inovação. Considerando-se esse contexto, acredita-se no potencial indutor da variável ambiental nas mudanças de trajetória organizacionais e tecnológicas (BIN; PAULINO, 2004). Assim, o desenvolvimento de tecnologias ambientalmente menos agressivas contribui para a competitividade de produtos, processos e serviços, que têm como principal distintivo o favorecimento da qualidade do meio ambiente. Daí surgem, portanto, novas oportunidades de ampliação da vantagem competitiva das organizações, tendo por base sua capacidade de desenvolver, introduzir e difundir inovações ambientais<sup>6</sup>.

Baseado na literatura econômica sobre mudança técnica e sobre tecnologias sustentáveis, Kemp e Soete (1992) e Kemp (1997) apresentam e discutem os principais fatores determinantes da geração e adoção de tecnologias limpas. Embora se valham, principalmente, de explicações teóricas sobre inovações em geral, há determinantes ambientalmente específicos, tais como fatores institucionais e políticos. Segundo esses autores, vários aspectos influenciam a decisão de

---

4 O esforço para empreender inovações e assumir os riscos inerentes ao seu processo de desenvolvimento faz sentido apenas quando o empreendedor/inovador é capaz de perceber algum ganho a ser obtido. Para Horback (2008), empresas não são capazes de reconhecer o potencial de economia de custos da inovação ambiental, e.g. economia de energia ou materiais. De sua análise empírica da inovação ambiental na Alemanha, o autor conclui que ferramentas de gestão ambiental, tais como sistemas de auditoria e responsabilização ambiental, podem ajudar a reduzir o déficit de informação da empresa, sendo, portanto, importantes direcionadores da inovação ambiental.

5 De acordo com Kemp e Arundel (1998), a inovação ambiental consiste de processos, técnicas, sistemas e produtos, novos ou modificados, que evitam ou reduzem danos ambientais.

6 As diferentes formas de organizar a produção e incorporar novos conceitos e paradigmas têm impactos significativos sobre a capacidade de reação a mudanças no ambiente competitivo, identificação de oportunidades de lucro e ação estratégica. É nesse contexto que a incorporação da variável ambiental e do conceito de desenvolvimento sustentável requer mudanças organizacionais, adaptação e/ou substituição de processos produtivos, adequação e/ou antecipação a normas ambientais e de segurança (FERRO; BONACELLI; ASSAD, 2006).

geração de tecnologias mais limpas. Essas decisões estão pautadas na criação de oportunidades tecnológicas, em crescente demanda do mercado e das condições de apropriabilidade. Por sua vez, a adoção dessas tecnologias tem como importantes determinantes os critérios de preço e qualidade das opções disponíveis, conhecimento e informação acerca de sua existência, além do risco e incerteza inerentes ao sucesso da adoção.

Todavia, a motivação para a adoção de inovações ambientais não necessariamente segue uma lógica somente econômica. Ela pode ser estimulada pela disposição de mecanismos legais e regulatórios, imagem perante os mercados consumidores (especialmente se esses mercados manifestarem uma maior consciência social quanto à mudança nos processos produtivos e à preferência por produtos ambientalmente corretos), ou como elemento de conscientização dos atores sociais envolvidos na geração de inovações, *i.e.* um interesse pessoal de ordem ambiental, que está também recalcado em uma garantia de legitimidade social como meta da organização na qual se localizam esses atores (BIN; PAULINO, 2004).

Desta forma, uma vez que a questão ambiental é sinalizada no contexto institucional, ela adquire contornos tanto de oportunidade quanto de restrição ao desenvolvimento tecnológico, reorientando-o e forçando as organizações a reagirem de formas distintas no que concerne ao seu processo inovativo<sup>7</sup>. Essa distinção refere-se tanto ao modo como essas diferentes pressões se manifestam nas organizações, como às competências que a organização dispõe para responder a essas pressões e para influenciar o contexto no qual atua (BIN; PAULINO, 2004).

Ao responderem aos desafios impostos pela dimensão ambiental, mediante seus processos inovativos, as organizações contribuem para o desenvolvimento de um novo padrão tecnológico, que preconiza a redução ou prevenção de efeitos danosos ao meio ambiente, bem como para a constituição de novas bases científicas e técnicas que incorporam a problemática em torno dessa questão.

Kemp e Arundel (1998) dão relevo para os elos efetivos existentes entre as inovações tecnológicas e aquelas de natureza organizacional. Para eles, tais conexões são decisivas para o desenvolvimento e aplicação bem sucedidos de diversos tipos de tecnologias. Além disso, várias dessas inovações organizacionais são relevantes para as metas ambientais. Nesse contexto, esses autores destacam as seguintes inovações organizacionais ambientais: programas de treinamento ambiental, programas de desenvolvimento de produtos 'verdes', programas para tornar uma planta ou processo industrial existente ambientalmente correto, introdução de técnicas de aprendizagem ambiental, sistemas de gestão e auditoria ambiental, disponibilização de canais de comuni-

---

7 Outro aspecto que se julga importante é a imposição de barreiras comerciais não tarifárias associadas à "responsabilidade ambiental" das empresas por parte de mercados mais empenhados com a questão ambiental. Exigências de certificação ambiental poderiam ser enquadradas aqui.

cação para tratar os problemas ambientais, constituição de equipes de nível gerencial para lidar com questões ambientais e o estabelecimento de redes e parcerias multi-institucionais.

De modo geral, essas inovações organizacionais contribuem para o aprendizado em torno dos imperativos envolvidos na questão ambiental. Da compreensão da importância dessas inovações organizacionais é que se entende o potencial indutor da variável ambiental nas trajetórias organizacionais (BIN; PAULINO, 2004). Todavia, sabe-se que as organizações dispõem de capacidades diferenciadas para influenciar a evolução dessas estratégias tecnológicas (e de serem influenciadas por elas). Além disso, as trajetórias vigentes podem atuar tanto como incentivo à reorientação das trajetórias técnico-organizacionais, já que a sua evolução possibilita o surgimento de externalidades negativas, que por sua vez redesenham os limites dessas trajetórias e impõem novos desafios de superação, quanto como restrição, pelas suas forças de estabilidade e inércia (*path-dependence* e efeitos de *lock-in*) e ausência de conhecimento sobre os benefícios que uma trajetória alternativa pode oferecer (BIN e PAULINO, 2004). Embora não seja regra geral, em suma, o contexto institucional prevalecente favorece o domínio do paradigma e trajetórias vigentes, sendo esse, certamente, o principal óbice à ocorrência de um “paradigma favorável ao ambiente” e de sua possibilidade de influência da variável ambiental nas trajetórias organizacionais.

A indução de transformações nas trajetórias organizacionais e tecnológicas a partir da variável ambiental é um processo recente e em curso, e enfrenta toda sorte de desafios para se efetivar (BIN; PAULINO, 2004), especialmente quando a lógica econômica prevalece, em detrimento de outra que incorpora distintos valores, tais como aqueles relativos à ecologia e ao meio ambiente. Esse prognóstico está associado a mudanças institucionais que influenciam constantemente a importância e atenção que essa variável adquire nas organizações, em particular, e na sociedade em geral.

#### 4. Papel dos institutos de pesquisa no desenvolvimento de tecnologias ambientalmente sustentáveis

As considerações expostas ao longo do item anterior mostram como pode funcionar a produção de inovações, quando economia, sociedade e ciência evoluem juntas ao longo do tempo, como ocorreu nas nações mais desenvolvidas. Nesse processo, houve tempo e possibilidades para que se percebesse a importância da interação desses três fatores e, principalmente, que a produção de conhecimentos precisa ser realizada em função das demandas e necessidades dos outros dois fatores. Formou-se nessas nações, um círculo virtuoso com significativo grau de aproveitamento dos conhecimentos gerados. Assim, reconhecimento entre si, integração de atividades, percepção e atendimento de demandas, um sistema de ciência e tecnologia bem

integrado, com participação de centros de pesquisa nas indústrias, além de um fluxo seguro e previsível de recursos, são alguns aspectos importantes que ajudam a impulsionar as nações desenvolvidas e que são difíceis de serem encontrados nas nações emergentes.

Usados como instrumentos de desenvolvimento por muitos Estados Nacionais, os institutos de pesquisa são fundamentais para o avanço do conhecimento técnico-científico, assim como para estreitar as relações entre organizações de pesquisa e a sociedade (em geral, e o parque industrial, em particular) de um país, ocupando, *pari passu* às universidades, papel central na construção de um sistema de inovação. Atrelados a modelos de desenvolvimento, sua existência precisa constantemente ser justificada, o que implica a necessidade permanente de adaptar-se às exigências da sociedade. Desta forma, os objetivos de um instituto devem ser dinâmicos e, portanto, refletir as necessidades do ambiente em que estão inseridos (SOUZA; SBRAGIA, 2002). A esse respeito, no entanto, apenas em algumas poucas áreas, de grande relevância para a economia nacional e para a pauta de exportações, o Estado teve uma intervenção mais decidida, criando estruturas de pesquisa sensíveis às demandas produtivas e políticas do setor a que se dedicam.

Uma das principais áreas em que isso ocorreu foi a pesquisa agropecuária, onde a criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) levou a um importante sistema de pesquisa, a um sistema de gestão centralizada baseado no atingimento de objetivos e metas em um dado período de tempo. Grande responsável pela expressiva força do agronegócio e pela entrada de divisas no país, esse sistema precisou realmente desenvolver uma grande sensibilidade e uma capacidade de pronta resposta às mudanças externas, entre as quais estão incluídas as pressões ambientais. Estas levaram à necessidade de mudanças em busca da sustentabilidade de sistemas produtivos e em busca da diminuição de impactos ambientais e da produção de subprodutos nocivos ao ambiente.

Por conseguinte, a crescente importância associada à temática ambiental, principalmente pela percepção dos impactos ambientais associados às atividades agrícola e industrial, é uma clara sinalização do contexto externo a essas instituições<sup>8</sup>, e representa um novo parâmetro de le-

---

8 Na Declaração do Milênio, documento publicado pela ONU em 2002, pesquisadores, educadores, policy makers e outros profissionais, de todos os continentes, questionados acerca de quais os desafios enfrentados pela C&T para melhorar a qualidade de vida, responderam, dentre outras opções: i) disponibilidade comercial de um processo de geração de eletricidade barato, mais eficiente e saudável ao meio ambiente; ii) aumento de 75% de eficiência no uso de água na agricultura; iii) entendimento e soluções de mudanças climáticas; iv) possibilidade de desenvolvimento sustentável de cidades com mais de um milhão de habitantes; v) desenvolvimento de materiais mais leves, resistentes à corrosão e fáceis de reciclar; vi) desenvolvimento de pequenos geradores a biogás; vii) desenvolvimento de um processo barato e eficiente de produção de hidrogênio da água; viii) filtros (nanotecnologia) para purificação e reciclagem de água; ix) melhores técnicas de controle da erosão; x) melhores técnicas de tratamento/fornecimento de água potável; xi) melhor gerenciamento de recursos hídricos; xii) melhores técnicas de produção agropecuária (ABIPTI, 2007a). Percebe-se, assim, que o interesse mundial está fortemente voltado às questões ambientais, com a inserção de desenvolvimento tecnológico baseado na promoção da qualidade ambiental e uso racional de recursos naturais.

gitimidade para a pesquisa desenvolvida nos institutos, para atender às demandas da sociedade por produtos, processos e serviços que minimizem e previnam impactos ambientais<sup>9</sup>. Além disso, a temática ambiental inaugura e redimensiona áreas de pesquisa, impõe desafios à forma de execução da pesquisa e impulsiona novos padrões de competitividade atrelados à qualidade ambiental (BIN, 2004).

Essa mesma autora, em seu estudo sobre a internalização da variável ambiental em institutos públicos de pesquisa agrícola, precisamente a Embrapa e o Instituto Agrônômico de Campinas (IAC), concluiu que as trajetórias tecnológicas e organizacionais dessas instituições configuram, dentre outros elementos, a internalização da variável ambiental, seja pela sua incorporação em termos de compromissos formais, ou ainda na prática do planejamento da pesquisa, na orientação da P&D e na “capitalização” de resultados ambientais. De acordo com a autora, a influência da questão ambiental nas trajetórias institucionais e tecnológicas do setor agrícola, verificadas especialmente a partir dos anos 80, sugere sua força como elemento indutor de transformações nas trajetórias organizacionais<sup>10</sup>. Esse processo de internalização é entendido de forma ampla, contemplando tanto o desenvolvimento de inovações ambientais – *cleaner, end-of-pipe* e instrumentais, como a própria reorganização da pesquisa agrícola (planejamento, programação, acompanhamento e avaliação das atividades) tomando como referência a questão ambiental.

Questionados acerca dos determinantes da introdução da variável ambiental em suas iniciativas organizacionais, os respondentes da Embrapa e do IAC se posicionaram conforme aponta o Quadro 1, a seguir.

---

9 Outro exemplo de sinalização externa às instituições de pesquisa é o Programa Ciência, Tecnologia e Inovação Aplicadas aos Recursos Naturais, iniciativa do Governo Federal. O objetivo da iniciativa é ampliar, organizar e disponibilizar a base de informação e conhecimento técnico-científico visando à inovação tecnológica e à conservação dos recursos naturais (ABIPTI, 2007b).

10 No setor agrícola brasileiro, ao menos três fatores podem ser indicados como determinantes para a reconfiguração do contexto institucional com vistas à consideração da variável ambiental: i) Mudança na demanda por produtos agrícolas, considerando uma melhoria de sua qualidade (notadamente qualidade ambiental); ii) Tratamento do tema meio ambiente no comércio internacional no setor agrícola; iii) Mudança no foco das políticas agrícolas (passam a incorporar preocupação com a sustentabilidade), e à mudança nas bases científico-tecnológicas da agricultura (buscam uma reordenação que dê suporte ao conceito de agricultura sustentável) (BIN, 2004).

**Quadro 1.** Determinantes da internalização da variável ambiental nas iniciativas organizacionais de institutos de pesquisa

EMBRAPA	IAC
<p>percepção sobre os impactos ambientais e sociais das atividades agropecuárias no Brasil e no mundo;</p> <p>contribuição para manutenção da competitividade da agricultura brasileira, atendendo exigências de padrões ambientais e nichos de mercado específicos;</p> <p>atendimento da legislação ambiental;</p> <p>resposta à pressão social, representada principalmente pelo movimento ambientalista;</p> <p>decisões e perspectivas das conferências mundiais sobre meio ambiente e desenvolvimento e acordos ambientais multilaterais;</p> <p>conscientização dos pesquisadores sobre o tema.</p>	<p>percepção sobre os impactos ambientais e sociais das atividades agropecuárias no Brasil e no mundo;</p> <p>exigências do comércio nacional e internacional para o atendimento de padrões ambientais;</p> <p>atendimento da legislação ambiental;</p> <p>resposta à pressão social, representada principalmente pelo movimento ambientalista.</p>

Fonte: Adaptado de Bin (2004)

Embora não se disponha dos pesos atribuídos a esses fatores por parte dos respondentes, podemos sintetizá-los em quatro grandes determinantes para a internalização da variável ambiental nesses institutos: 1) Conscientização quanto aos impactos ambientais e sociais decorrentes das atividades agropecuárias<sup>11</sup>; 2) Pressão social; 3) Disposição de mecanismos regulatórios; e 4) Restrições de acesso a mercados e a programas de financiamento à pesquisa, especialmente internacionais (ver Kemp e Arundel (1998) e Horbach (2008), para maiores detalhes sobre restrições). A existência de sistemas de comando e de cobrança de resultados realmente eficientes faz com que as demandas ambientais acabem por permear toda a rede de institutos e centros da Embrapa e por levar ao desenvolvimento de produtos e processos diferenciados e de acordo com as novas exigências dos mercados.

Faz-se, portanto, imperativo a internalização da variável ambiental nas atividades de pesquisa, desenvolvimento e prestação de serviços dos institutos de pesquisa, aspecto que, por sua vez,

11 Como exemplo de tecnologia ambiental, registra-se o Sistema Integrado de Produção, proposto atualmente pela Embrapa, como forma de amenizar efeitos negativos da pecuária na Amazônia. Essa alternativa de produção usa uma rotação de culturas e altera o uso da terra em áreas degradadas da floresta. Nos primeiros anos, a agricultura é intercalada com o plantio de árvores para reflorestamento. A partir do terceiro ano, a agricultura é substituída pelo capim para pecuária. As árvores são abatidas só a partir do sétimo ano de início do processo (Folha On Line, 03/02/2008). No entanto, a relação entre o cultivo da soja e a devastação é assunto controverso entre os especialistas. De um lado, há aqueles que argumentam que o grão ocupa, sobretudo, zonas degradadas e pastagens abandonadas, não sendo um vilão do desmatamento. De outro, há um número crescente de economistas e ecólogos a afirmar que a soja não só abre novas áreas de floresta, como também empurra a pecuária para novas áreas de fronteira (Folha On Line, 24/10/2005).

contribui para a definição de novas trajetórias técnico-científico-econômicas. Esse esforço de integração e centralização vem ocorrendo com algum sucesso na pesquisa agropecuária, na pesquisa nuclear e nas pesquisas militares. Mas é desigual entre os institutos de pesquisa no país.

Vale registrar, por outro lado, a carência de estudos nesta área, indicativos das demandas de inovações e serviços ambientais pelo setor público, além daquelas referentes ao setor privado (ABIPTI, 2007a, p.29). Oportunidades de cooperação entre institutos de pesquisa e empresas, envolvendo, também, outros atores importantes do Sistema Nacional de Inovação, poderiam ser induzidas por políticas públicas específicas (estimulando, inclusive, um papel mais dinâmico dos institutos de pesquisa). Como grande 'cliente', o governo poderia estimular projetos consorciados, dispondo competências existentes nos institutos (o que contribuiria, enormemente, para a criação de novas competências, nos institutos e nas empresas) em prol do desenvolvimento de soluções ambientalmente corretas. Poderia também fazer um uso mais proveitoso da autoridade que constitucionalmente lhe é conferida, para acelerar os diferentes processos de cooperação e de inovação.

Há dois aspectos que precisam, ainda, ser considerados. Os graves problemas de gestão do sistema de ciência e tecnologia fazem com que exista um estoque de conhecimentos nas instituições muito maior do que o que é efetivamente utilizado, conforme as reflexões de COSTA (1983). Isso pode significar que a variável ambiental já venha sendo considerada há muito tempo por diversas instituições e já haja conhecimentos disponíveis para alimentar o ciclo virtuoso que precisa ser iniciado. Esses conhecimentos podem não estar sendo, ou ter sido, utilizados devido a deficiências nos processos de difusão de conhecimentos, que não conseguem chegar aos destinatários no ambiente externo das instituições. Assim, políticas públicas específicas e fontes específicas e perenes de recursos podem não ser suficientes para influenciar um sistema acostumado à autogestão. Ironicamente, com o início das mudanças climáticas, as indústrias vêm tomando a iniciativa na geração de soluções que as integrem elementos 'verdes'.

Da experiência internacional, sabe-se que os institutos públicos de pesquisa foram importantes no passado no processo de *catch-up*<sup>12</sup> econômico de diversas nações (MAZZOLENI; NELSON, 2007). As mudanças nas relações econômicas internacionais<sup>13</sup> e as crescentes conexões das tecnologias contemporâneas com o conhecimento científico (*e.g.* aquelas associadas a qualidade ambiental),

12 *Catch-up* diz respeito à aprendizagem e aperfeiçoamento dos modos de se fazer as coisas. É uma parte essencial do processo de desenvolvimento econômico dos países mais desenvolvidos. *Catching up* não significa apenas copiar. E, embora os países desenvolvidos ofereçam um modelo, o *catching up* que os países alcançam, difere dos padrões existentes. Isto reflete, portanto, os limites da imitabilidade dos complexos padrões de atividade econômica. De certa forma, *catch-up* é o resultado de esforços deliberados para MODIFICAR e ADAPTAR tecnologias e práticas para as condições nacionais (MAZZOLENI; NELSON, 2007).

13 A criação da OMC e a vinculação do Acordo TRIPS a ela têm alterado o contexto relevante para duas características comuns em experiências bem sucedidas de *catch-up* no passado. Países em desenvolvimento enfrentam, hoje, limites significantes em sua habilidade de restringir o acesso de empresas estrangeiras a seus mercados, e proteger ou subsidiar empresas nacionais. As políticas de promoção do desenvolvimento industrial endógeno terão de ser sutis, e focalizar no desenvolvimento de infraestrutura setorial, treinamento e sistemas de pesquisa (MAZZOLENI; NELSON, 2007).

farão essas instituições cada vez mais importantes no futuro. Além disso, parte significativa de novas tecnologias tem origem em proposições governamentais, que faz uso de seu poder de compra, indutor, fiscalizador e coordenador, para melhorar produtos e serviços adquiridos, bem como resolver problemas que as tecnologias existentes não dão conta (ABIPTI, 2007a).

## 5. Conclusões

O papel central dos institutos de pesquisa na internalização da variável ambiental em suas trajetórias organizacionais, sua contribuição ao desenvolvimento de inovações dessa natureza, bem como sua capacidade de 'externalizar' competências ao setor produtivo, são cada vez mais visíveis – se não tanto no Brasil, muito em países mais desenvolvidos. Embora haja casos notórios de institutos que têm papel dinâmico em torno dessa temática (a Embrapa certamente é um bom exemplo), faz-se necessário o desenvolvimento de estudos que permitam avaliar as potencialidades e limitações dessas instituições, de forma que, no âmbito de uma política científica e tecnológica, ações possam ser dispostas visando o atendimento das demandas das empresas e da sociedade em geral.

## Referências

- ABIPTI. **A inserção da dimensão tecnológica no Plano de Aceleração do Crescimento – PAC**; Proposições da ABIPTI ao documento elaborado pelo MCT – Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento: Plano de Ações 2007-2010. Brasília: ABIPTI, 2007.
- ABIPTI. **Gestão C&T On Line**. n.662, Ano 8, Brasília, out./2007, 2007. Disponível em: <<http://www.gestaoct.org.br/eletronico/jornais/numero662.htm>>.
- BIN, A. **Agricultura e meio ambiente**; contexto e iniciativas da pesquisa pública, 2004. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- BIN, A.; PAULINO, S.R. **Inovação e meio ambiente na pesquisa agrícola**. In: Encontro da ANPPAS, 2., In- daiatuba, SP. Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade. maio de 2004. Disponível em: <[http://www.anppas.org.br/encontro\\_anual/encontro2/index.html](http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro2/index.html)>. Acesso em: 18 out. 2007.
- COLOMBO, U. The Club of Rome and the sustainable development. **Futures**. v. 33, p. 7-11, 2001.
- CORAZZA, R.I. **A questão ambiental e a direção do processo de inovação tecnológica na indústria de papel e celulose**. 1996. 163 f. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) – Departamento de Política Científica e Tecnológica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.
- COSTA, J.M.M. Tecnologia e articulações dos modelos de crescimento nacional e amazônico. In: HÉBETTE, J. **Ciência e tecnologia para a Amazônia**. Belém: NAEA/UFPA, p. 169-174, 1983.
- DOSI, G. The nature of the innovative process. In: DOSI, G. *et. al.* (org.). **Technical change and economic theory**. London: printer, cap. 10, p. 221 - 238, 1988.
- FERRO, A.F.P.; BONACELLI, M.B.M.; ASSAD, A.L.D. Oportunidades tecnológicas e estratégias concorrenciais de gestão ambiental no uso sustentável da biodiversidade brasileira. **Gestão & Produção**, v.13, n.3, p.489-501, set.-dez. 2006.
- FOLHA ON LINE. **Embrapa quer usar soja para evitar desmatamento**. São Paulo, 03 fev. 2008. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/ambiente/ult10007u369339.shtml>>. Acesso em: 20 maio 2008.
- FOLHA ON LINE. **Método prevê futuras queimadas em mato grosso**. São Paulo, 24 out. 2005. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u13907.shtml>>. Acesso em: 20 maio 2008.
- FORAY, D., GRÜBLER, A. Technology and the environment; an overview. **Technological Forecasting and Social Change**. v. 53, n. 1, p. 3-13, sep. 1996.

- HOOPER, P.D.; JENKINS, T. International cleaner technology databases: on line, off target. **Journal of Cleaner Production**. v.3, n. 1-2, p. 33-40, 1995.
- HORBACH, J. Determinants of environmental innovation; new evidence from German panel data sources, **Research Policy**, v. 37 163-173, 2008.
- KEMP, R. Case Studies of cleaner technologies. In: \_\_\_\_\_. **Environmental policy and technological change**. Cheltenham, UK, 1997. Cap. 8, p.220-241.
- \_\_\_\_\_. Technology and the transition to environmental sustainability. **Futures**. v. 26, n.10, p.1023-1046, 1994.
- KEMP, R.; ARUNDEL, A. Survey indicators for environmental innovation. **IDEA Paper Series**, v. 8, p 1-9. 1998.
- KEMP, R.; SOETE, L. The greening of technological progress; an evolutionary perspective. **Futures**. v. 24, n.5, p.437-457, 1992.
- MAZZOLENI, R.; NELSON, R.R., Public research institutions and economic catch-up, **Research Policy**, doi:10.1016/j.respol.2007.06.007. 2007.
- NELSON, R.R.; WINTER, S.G. In search of useful theory of innovation. **Research Policy**. v. 6, p. 36–76, 1977.
- SOUZA, W.H. de; SBRAGIA, R. **Institutos tecnológicos industriais no Brasil; desafios e oportunidades contemporâneas**. Brasília: ABIPTI, 2002.
- TUOMI, I. **Networks of innovation**; change and meaning in the age of the Internet. Oxford University Press, New York, 2002.
- VAN DEN ENDE, J.; KEMP, R. Technological transformations in history; how the computer regime grew out of existing computing regimes. **Research Policy**. v. 28, p.833–851, 1999.

# Desafios e perspectivas da integração regional da Amazônia sul-americana

Bertha K. Becker<sup>1</sup>

## Resumo

A perspectiva da integração amazônica sul-americana pode-se tornar crucial em interesses estratégicos para a Amazônia, porque unirá esforços para o estabelecimento de padrão de desenvolvimento regional capaz de utilizar os recursos naturais existentes na região. Esta ação pode também promover a integração nos respectivos Estados-Nação, de modo a gerar condições de vida digna aos grupos sociais que nela habitam. Para enfrentar esta integração, três desafios foram analisados neste artigo: 1) o significado da integração amazônica; 2) o novo modelo e a nova estratégia de desenvolvimento amazônico; 3) o desafio de um novo papel para os cientistas.

**Palavras-chave:** Integração regional. Amazônia sul-americana. Estratégia. Desenvolvimento. Perspectiva.

## Abstract

*The prospect of integrating South American Amazon is crucial strategic interests in the Amazon, because it will unite efforts to establish a pattern of regional development can use existing natural resources in the region. This action can also promote integration in their respective nation-states so as to create conditions for a dignified social groups that inhabit it. To address this integration, three challenges were reviewed here: 1) the meaning of the Amazon integration, 2) the new model and new strategy of Amazonian development, 3) the challenge of a new role for scientists.* **Keywords:** *Co-evolutionary process of technological, institutional and organizational trajectories; internalization of the environmental variable in research and development institutes; Environment friendly technologies*

**Keywords:** *Regional integration. Amazon South America. Strategy. Development. Perspective.*

---

<sup>1</sup> Professora emérita da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), doutora em Ciências (UFRJ), e pós-doutora no Massachusetts Institute of Technology (EUA). Coordena projetos de pesquisa territorial no Laboratório de Gestão do Território (Laget/UFRJ). Email: berthakb@gmail.com.

## 1. Introdução

Complexidade, este é o grande desafio a enfrentar na integração da Amazônia sul-americana, ao contrário do que difundem imagens simplistas sobre a região.

A Amazônia é, sobretudo, uma questão nacional. Mas é também uma questão regional e mundial. Corresponde à maior porção dos territórios dos países amazônicos – no Brasil quase 60% –, a uns 2/5 da América do Sul e a 1/20 da superfície terrestre, constituindo um imenso espaço até hoje não plenamente conhecido nem integrado nos respectivos territórios nacionais. Imenso espaço dotado de recursos que se tornam escassos como 1/5 de toda a água doce e 1/3 das florestas latifoliadas do planeta e habitado por apenas 4 milésimos da população mundial (Figura 1).

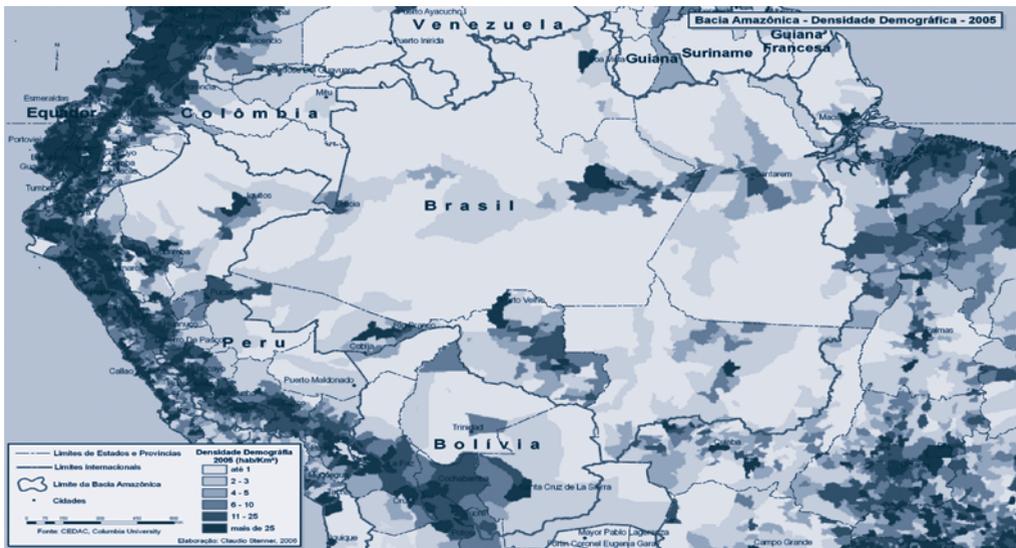


Figura 1. Bacia Amazônica - Densidade Demográfica (2005)

Longe de ser um espaço homogêneo, a Amazônia tem enorme diversidade interna, tanto cultural – com inúmeros povos e línguas –, como em gêneros de vida e formas de organização social, desde grupos indígenas ainda não contactados pelo homem branco até várias cidades com 300 mil e mesmo mais de um milhão de habitantes com modernos “shopping-centers”.

Conflitos de interesse agudos envolvem decisões sobre o futuro da região na medida em que a natureza e seus recursos têm significado diverso para os diferentes atores que vivem na região e/ou nela atuam. A diversidade de interesses se acentua na passagem para o novo milênio. Por um lado, a revolução científico-tecnológica valoriza a natureza amazônica como capital natural

e novas tecnologias permitem utilizá-la em patamares mais nobres; por outro lado, a unificação de mercados e o crescimento demográfico estimulam demanda crescente de produção via de regra, mediante padrões convencionais.

Constitui-se a Amazônia como um dos três grandes eldorados do mundo contemporâneo, ao lado da Antártida já partilhada entre as potências, e dos fundos marinhos, juridicamente ainda não regulamentados. É, assim, dos três, o único a estar sob soberanias nacionais. E 63,4% da Amazônia sul-americana estão sob a soberania brasileira (BECKER, 1990, 2001).

A Amazônia torna-se, assim, centro de interesses estratégicos que movem a política e a economia no mundo atual visando à utilização de recursos hídricos, minerais, produção de alimentos, de biocombustíveis, a que se acrescenta uma novidade histórica: os serviços ambientais. Se até o final do século 20 os homens se esmeraram em aproveitar os recursos da estrutura dos ecossistemas – entendida como resultado das interações de elementos bióticos e abióticos – passa-se a mercantilizar funções dos ecossistemas, chamados de serviços ambientais. E as duas grandes crises que afetam hoje o planeta – a econômica e a da mudança climática – ainda mais reforçam o valor estratégico da Amazônia na medida em que as florestas são sorvedouros de CO<sub>2</sub> mas, também, grandes emissores de CO<sub>2</sub> quando queimadas. Daí, a forte pressão nacional e internacional para sustar o desflorestamento, em aparente contradição com a demanda de commodities pelo mercado mundial.

A perspectiva de integração amazônica sul-americana torna-se crucial nesse contexto para unir esforços rumo a um padrão de desenvolvimento regional capaz de utilizar, sem destruir, os recursos naturais, promovendo, finalmente, sua integração nos respectivos Estados-Nação de modo a gerar condições de vida digna aos grupos sociais que aí vivem, e favorecendo uma voz mais coerente e mais firme da grande região nos fóruns globais. É patente que nesse novo padrão de desenvolvimento ciência, tecnologia e inovação têm papel central a cumprir. O Documento da Academia Brasileira de Ciências de 2008 – “Amazônia: Desafio Brasileiro para o Século XXI” – explicita a necessidade de uma revolução científico-tecnológica para a Amazônia brasileira, aplicável a Amazônia continental.

Não são modestos os desafios a enfrentar na integração dessa complexa região. Neste texto, são três os desafios analisados, compondo suas seções. A primeira analisa o significado da integração amazônica, significado considerado necessário para diferenciá-la de processos integração promovidos recentemente com resultados indesejáveis. Na segunda seção, um novo modelo e uma nova estratégia de desenvolvimento amazônicos, com propostas concretas de atuação baseadas em CT&I são apresentados. Finalmente, uma terceira seção coloca o desafio de um novo papel para os cientistas.

## 2. Significados de integração da Amazônia

A integração de Estados é um processo de interrelacionamento e interdependência multidimensional. Esta é uma premissa básica, nem sempre considerada.

A ideia de criar uma identidade sul-americana é uma meta histórica do continente. E no Brasil, a integração com os países sul-americanos sempre fez parte do interesse nacional. Países virados de costas uns para os outros, uma preocupação maior do Brasil com a Argentina, e a imagem que os países vizinhos cultivam do autoritarismo da geopolítica brasileira, são alguns dos fatores que dificultaram a integração por alguns almejada.

Uma iniciativa concreta se institui nessa direção com a criação do Tratado de Cooperação Amazônia (TCA) em 1978. Abordando campos importantes e variados, o TCA foi, contudo, prematuro, com resultados aquém da expectativa.

Na virada do milênio, os Estados amazônicos tendem a um consenso sobre os benefícios de sua integração. Qual o significado dessa integração?

### **A Iniciativa para a Integração da Infraestrutura Regional da América do Sul (IIRSA)**

Nesse marco na história da Amazônia, a questão inicial que se coloca institucionalmente é a passagem da cooperação – prevista no TCA – para a integração. Tal passagem envolve o reconhecimento e a compatibilização das diferenças, atribuindo especial importância ao papel da negociação. De início, porque a integração não significa homogeneização e perda de identidade mas, sim, ganhos em sinergia. Os nove Estados amazônicos são muito desiguais em sua extensão geográfica, em seu papel econômico e geopolítico em sua presença nos organismos multilaterais, atributos em que o Brasil tem melhores condições, o que lhe exige sensibilidade para lidar com essas diferenças (Quadros 1 e 2).

Os conflitos de interesse quanto ao modo de lidar com a natureza e com o desenvolvimento da Amazônia, assinalados ao lado, são outros desafios a enfrentar e superar.

É nesse contexto que se situa a segunda grande iniciativa de articulação dos Estados sul-americanos, desta feita explicitamente como integração: a Iniciativa para Integração da Infraestrutura Regional Sul-Americana (IIRSA). Gestada no início do novo milênio e finalmente aprovada em 2004, a IIRSA é pragmática, prevendo a formação da grande Amazônia, território correspondente a 40% da América do Sul e habitado por 30 milhões de pessoas. Ao mesmo tempo, tenta-se fortalecer a face política da integração resgatando o TCA como Organização do Tratado de Co-

**Quadro 1.** Principais indicadores territoriais dos países da Bacia Amazônica

INDICADOR	Bolívia	Brasil	Colômbia	Equador	Peru	Venezuela
Superfície (km <sup>2</sup> )	1.098.581	8.511.996	1.141.748	275.830	1.285.216	916.445
Superfície na bacia amazônica em km <sup>2</sup> (região amazônica)	824.000	4.787.717	406.000	131.943	956.751	53.000
% região amazônica/ território nacional	75%	56,24%	35,56%	47,83%	74,44%	5,78%
% Amazônia país /Bacia amazônica	11,50%	66,82%	5,67%	1,84%	13,35%	0,74%
Extensão do país no território do TCA	824.000	4.982.000	406.000	131.943	956.751	180.145
% do território do país no TCA/ Território total do TCA	10,55%	63,76%	5,20%	1,69%	12,24%	2,30%
% do território do país no TCA / território nacional	75,00%	58,53%	35,56%	47,83%	74,44%	19,65%
População do país em mil habitantes (2001)	8.516	174.868	43.071	13.183	27.483	23.916
% da pop. na região amazônica do país / pop. Total	5,20%	11,40%	1,39%	3,99%	1,39%	0,45%
% pop. indígena amazônica / população total	2,31%	0,13%	0,20%	0,82%	1,25%	0,18%

Fonte: Proposta de trabalho técnico para a OTCA – período 2003-2005. Seminário OTCA – MMA 2006.

**Quadro 2.** PIB per capita dos países da bacia Amazônica 1985-2005 (US\$ 2000)

País	1985	1990	1995	2000	2005	Atividades produtivas
Bolívia	872	870	948	1.010	1.061	Mineração, Hidrocarbonetos (petróleo, gás natural), Agricultura, Têxteis e Cimento
Brasil	3.072	3.090	3.338	3.461	3.597	Agricultura, Indústria (automóveis, telefones celulares, aviões de médio e pequeno porte)
Colômbia	1.622	1.869	2.077	1.989	2.174	Agricultura (café), Indústria, Serviços, Hidrocarbonetos (petróleo)
Equador	1.280	1.298	1.335	1.295	1.534	Hidrocarbonetos (petróleo), Agricultura (bananas, flores, cacau, café, florestal)
Peru	2.031	1.655	1.972	2.046	2.319	Minério (ouro, ferro, estanho, cobre, zinco), Pesca (peixes variados) e agricultura (aspargos, pàprica), Potencial de aproveitamento florestal, hidrocarbonetos (gás natural)
Venezuela	4.081	4.823	5.120	4.819	4.939	Hidrocarbonetos (petróleo), turismo

Fonte: Indicadores de desenvolvimento do Banco Mundial. Seminário OTCA – MMA 2006.

operação Amazônia (OTCA) em 2002, cujo Secretariado Móvel até então, em 2003 é substituído por uma Secretaria Permanente em Brasília.

A Amazônia torna-se a força impulsionadora da articulação entre os Estados sul-americanos, deslocando o eixo de articulação da Bacia do Prata e dos Andes para as florestas que, lembre-se, não tem limites rígidos.

Mas a IIRSA é uma iniciativa de integração física, bem distante da integração multidimensional desejável. Tem como perspectiva básica alcançar melhor competitividade econômica e política no sistema global, motivação que, aliás, não varia muito em relação à formação de outros blocos regionais. O discurso oficial da IIRSA prevê o “regionalismo aberto”, mediante o rompimento do isolamento, a redução das barreiras e o estímulo entre os países a atividades dinâmicas (IIRSA, 2005).

Paralelamente, a OTCA estabelece quatro eixos prioritários de ação: 1) Conservação e Uso Sustentável dos Recursos Naturais Renováveis; 2) Gestão do Conhecimento e Transferência Tecnológica; 3) Integração e Competitividade Regional; 4) Fortalecimento Institucional.

O Brasil tem papel central nesse processo de integração Amazônica, tanto em nível nacional como continental. A inserção competitiva para assegurar um lugar econômico e político na globalização torna-se componente do projeto nacional em fins do século 20, tomando vulto, então, a idéia de integração continental. Interessa ao Brasil alargar seu espaço econômico e obter complementaridade energética, bem como ganhar força política, sobretudo como contraponto à ingerência dos EUA através da criação da Área de Livre Comércio das Américas (ALCA) e da War on Drugs, e a seguir também em questões relacionadas a Cuba e à América Central e ao Caribe.

Entre os compromissos governamentais de mudanças aparece, assim, com destaque, o fortalecimento das relações com a América do Sul, e se consolida a retomada do planejamento estratégico de longo prazo vinculado à integração regional, nacional e sul-americana. Retomada, contudo, que se dá com base nos grandes projetos de infraestrutura conectando a Amazônia brasileira com Eixos de Integração e Desenvolvimento, e a seguir com o PAC, enquanto avança o projeto de integração da Amazônia sul-americana com a IIRSA.

O BNDES financia não apenas as obras do PAC, mas também as empresas brasileiras que funcionam em países vizinhos através do programa BNDES-EXIM, para promover a exportação de bens e serviços do Brasil. Em consequência, alguns contratos da IIRSA são atribuídos a consórcios dirigidos por empresas de construção brasileiras de grande engenharia, as empreiteiras, que tem acesso ao crédito do BNDES ou por outros programas de promoção das exportações adminis-

trados pelo Banco do Brasil (Banco do Brasil, 2007). O BNDES participa também de outro financiador, a CAF (Cooperação Andina de Fomento), tendo recentemente elevado o percentual de suas ações de 2,5% para 5% nesse organismo.

Os demais países acataram a IIRSA para ampliar seus mercados não só no continente mas, também, no exterior. Influíram nessa adesão, as pressões da guerra às drogas patente na instalação de “localidades de operação avançada” dos EUA, e de bases na Colômbia afetando suas soberanias. Vale registrar que o Brasil conseguiu resistir à instalação dessas bases na Amazônia brasileira.

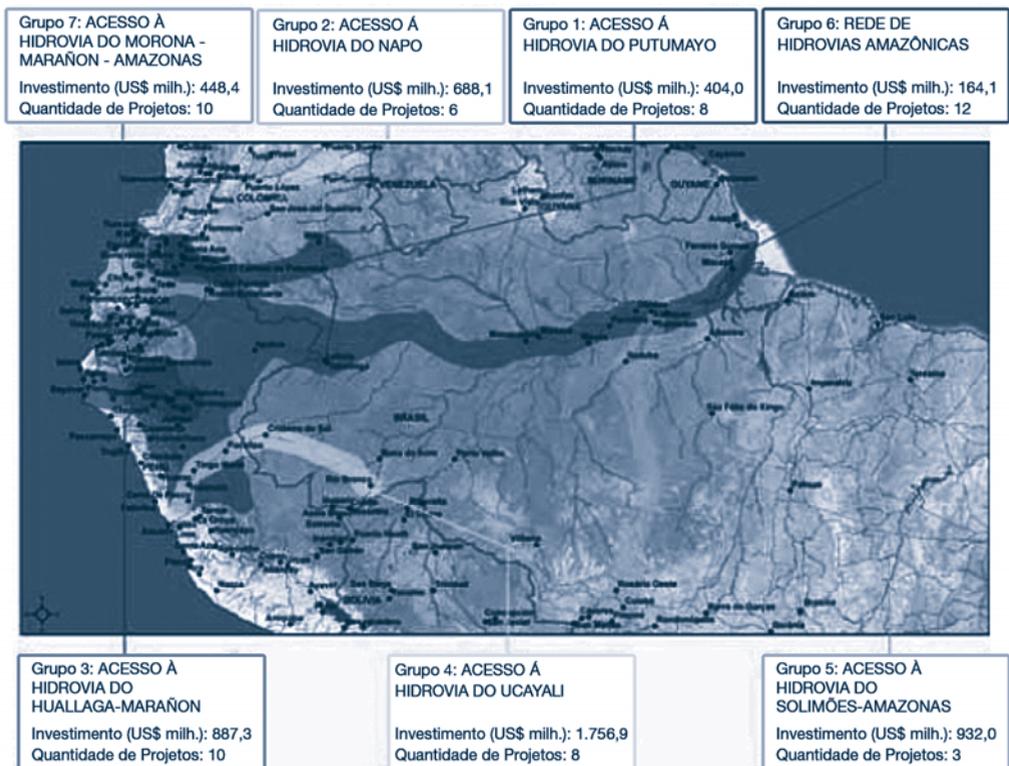


Figura 2. Eixo Amazonas (IIRSA 2010)

As empresas e os governos dos 12 países sul-americanos alinharam-se, assim, para integrar mercados com base na infraestrutura como ponte de ligação entre globalização e regionalização. Objetivam implementar ações específicas para conectar fisicamente as regiões do continente através de 10 eixos, sendo os maiores investimentos em programas de infraestrutura e com forte envolvimento da Amazônia.

A visibilidade da IIRSA no Brasil é extremamente fraca, mas a estratégia de articulação dos projetos da IIRSA com os projetos nacionais torna-se evidente no Plano de Aceleração do Crescimento (PAC), bem como no papel central do Brasil através do BNDES.

Inicialmente, os transportes foram priorizados. Os programas previstos para a Amazônia na IIRSA centralizam-se nos eixos Arco Norte e no Madeira-Amazonas com projetos de infraestrutura de transportes, energia de gás natural e sistema de telecomunicações (Figura 2).

O Eixo do Amazonas é o de maior impacto na região devido à sua extensão e carteira de projetos. Como sistema multimodal cria um corredor bi-oceânico conectando portos do Pacífico (Colômbia e do Equador) e Paita (Peru) com os portos brasileiros de Manaus, Belém e Macapá através da rede hidrográfica desses países e do Brasil (6.000 km de vias navegáveis) e seus inúmeros portos fluviais.

Dentre os grandes projetos realizados ou em curso na Amazônia citam-se a construção de várias pontes internacionais, a construção do corredor rodoviário bioceânico e financiamento de parte do corredor La Paz-Manaus-Caracas.

O contexto de convulsões políticas em países vizinhos dificultou o deslanche da IIRSA que, nos últimos dois anos, tenta retomar sua agenda para alcançar os mercados globais, sobretudo a China. Nesse segundo momento, afirma-se a construção de hidrelétricas, destacando-se a presença da Eletrobras nesse processo.

Verdadeira investida em hidrelétricas se configura hoje, em 2010, frente ao grande déficit que se delineia com a previsão de expansão econômica das empresas e à melhoria das condições sociais no caso do Brasil graças ao crédito e a medidas de ação social. Investida que torna clara a articulação da integração amazônica nacional com a continental, tal como exposto no Plano da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) para 2020.

Cinco hidrelétricas estão planejadas para implantação na bacia do rio Tapajós, no Pará, afetando 871 km<sup>2</sup> de Áreas Protegidas – (dois parques nacionais e três florestas nacionais) – e praticamente toda a zona de influência das hidrelétricas situa-se em Unidades de Conservação, a maioria delas no rio Jamanxim, criadas em 2006 como parte de contenção do desmatamento no eixo da rodovia BR-163.

E em 17 de maio de 2010, a imprensa anuncia a criação de consórcio para construção de também cinco usinas na Amazônia peruana, articulando a Eletrobrás e as empreiteiras que permaneceram fora da licitação de Belo Monte, a saber Andrade Gutierrez, OAS, Odebrechet e Engevix, com a empresa GTZ do Peru. O acordo prevê que o Brasil fique com 80% da energia produzida,

e o Peru com 20% restantes; o Brasil também será o grande financiador da obra através do BNDES e da Eletrobras, cujo custo é calculado em R\$ 25 bilhões.

E a Eletrobras tem também projetos de construção de usinas e linhas de transmissão na Guiana, e fora da Amazônia, no Uruguai e na Argentina. Em suma, a estatal segue os passos da Petrobrás, transformando-se numa empresa multinacional na escala sul-americana.

A opção por uma integração física, baseada na infraestrutura convencional privilegia as rodovias e as hidrelétricas que, segmentando grandes blocos florestais e atraindo forte migração, provocam intenso desflorestamento, como vem ocorrendo também no Peru e na Colômbia. Tal opção não se resume a problemas ambientais – vem provocando também problemas de governabilidade. Por um lado, a forte crítica ambientalista; ela realça que a degradação ambiental provocada pela IIRSA ameaça por em risco os ecossistemas Amazônicos e também os dos Andes e do Cerrado (KILLEEN, 2007). Por outro lado, os movimentos sociais organizados transnacionalmente por meio da formação de redes sociais contestam o pressuposto da IIRSA de promover o desenvolvimento equilibrado dos países sul-americanos; pelo contrário, afirmam que ela tende a provocar maior fragmentação socioterritorial na América do Sul, na medida em que serve apenas aos territórios do setor agronúmero exportador para integrar mercados (ALMEIDA E CARVALHO, 2009).

Há alternativas para a integração amazônica?

### **O significado particular de um bloco regional amazônico**

Como afirmado na abertura dessa seção, a integração é um conceito multidimensional. Uma articulação física e uma identidade econômica não poderão ocorrer sem englobar aspectos sociais, culturais e políticos. E no caso da Amazônia, há que dar razão a Huntington (1977) – é impossível promover a integração divorciada da cultura; a proximidade por si só não gera uma identidade comum e pode, pelo contrário, induzir exatamente ao oposto, a tensões e fragmentações.

Recorrer à cultura e à história é preciso. Que temos em comum para cimentar uma efetiva integração amazônica continental?

Além de uma geografia particular, uma história particular, também, que gerou um quadro institucional similar. Um glorioso passado indígena em termos culturais é marca da Amazônia, tanto no altiplano como na planície como vêm demonstrando as descobertas arqueológicas. A condição de mais antigas periferias da economia-mundo capitalista, forjadas no contexto da expansão marítima mercantilista da Ibéria é uma herança comum cujos traços estão presentes até hoje. Tratam-se de Amazonas exportadoras de matérias-primas praticamente sem agregação de valor, com apropriação privada de grandes extensões de terra, e trabalho mal ou não remunerado.

Em suma, Amazônias que vêm sendo ocupadas por uma “economia de fronteira” (BOULDING, 1966; BECKER, 2001) que orienta a trajetória socioeconômica dos países com base em quadro institucional – entendido como as regras do jogo, segundo North (1990) – que não favorece a mobilidade social e a inovação, induzindo a uma trajetória histórica dele dependente (“path dependence”, North op cit.).

Mas a presença desses fundamentos comuns não significa que os países e suas Amazônias sejam homogêneos. As civilizações pré-coloniais foram diferenciadas, não seguiram estágios lineares de evolução, e, revela a arqueologia moderna, não foram determinadas pela natureza como se afirma em teorias sobre os grupos nômades e desprovidos de cultura da planície em contraposição à elevada cultura dos grupos do altiplano (HECKENBERGER, 1996).

E, embora pautada em interesses e métodos comuns, a colonização tampouco se processou de modo homogêneo, mas sim com modelos de ocupação diferentes em que pesaram as condições naturais e sociais locais. No caso da Amazônia brasileira, cumpre registrar o diferente processo histórico de ocupação do que é hoje a Amazônia Ocidental em relação ao do próprio Brasil. Aquela porção da Amazônia não teve a organização econômica estável do Brasil baseada na “plantation” e na pecuária; sua ocupação se fez muito mais através de incursões, pilhagens, para caça ao índio e extração de recursos, em ciclos curtos, mais similares ao modelo da orla caribenha.

As cidades, como nós das redes de comércio e serviços para exportação de produtos foram e são, sem dúvida, uma feição comum a esses diferentes modelos.

Pelo menos duas lições são ensinadas pela história da Amazônia para alcançar um efetivo desenvolvimento regional. Uma delas, é que se torna crucial o esforço para eliminar o risco de fortalecer – mais uma vez – a trajetória de dependência externa que exporta riquezas pouco deixando para a região. Outra lição ensinada, é que embora submetida a um mesmo processo colonial, a região assumiu feições próprias exigindo reconhecer, por um lado, sua especificidade no continente e no planeta e, por outro, suas próprias diferenciação e desigualdade internas.

O processo de integração, portanto, não significa homogeneização ou unificação do corpo social mas, sim, unidade na diversidade mediante a construção de uma coesão que respeite a diferença e supere as desigualdades tirando partido das complementaridades e a todos beneficiando.

Torna-se patente que a mera integração física da grande região calcada em grandes projetos de uma logística modernizada mas não inovadora, não será capaz de romper sua trajetória histórica como periferia, nem atentar para suas especificidades. É necessário ajustar as perspectivas e retórica oficiais aos ensinamentos que a região proporciona e instituir novas regras do jogo que

permitam inovar para utilizar as imensas oportunidades que o potencial regional oferece, sem destruir sua cultura e sua natureza.

Tal alternativa só será viável com a utilização de avanços científicos e tecnológicos e inovação.

### 3. Integração para um novo padrão de desenvolvimento

Em 2008, a Academia Brasileira de Ciências lança um documento elaborado por um grupo de trabalho amazônico explicitando a necessidade de uma revolução científico-tecnológica para a Amazônia, com a finalidade de conceber um novo modelo de desenvolvimento capaz de gerar riqueza, trabalho e inclusão social sem destruir a natureza (ABC, 2008).

Desde a colonização, jamais se elaborou um projeto de desenvolvimento à altura da sofisticação da natureza e da cultura amazônicas. Embora a região sempre tivesse contato com inovações tecnológicas dos centros hegemônicos, as inovações sempre serviram aos interesses desses centros. É necessário um olhar direcionado à região e uma ciência a ela voltada, e a essa nova postura está sintonizada a iniciativa da ABC.

A natureza como capital natural é poder para as populações, regiões e Estados que a detêm mas no caso da Amazônia, pelo contrário, vem sendo destruída tornando-as alvo de conflitos e pressões. Sua utilização se dá em grande parte com práticas do século 19, tais como queima da floresta para produzir carvão vegetal, substituição das florestas por pastagens, exportação em bruto dos recursos sem agregação de valor.

Como antes já assinalado, o valor estratégico da Amazônia se acentua frente à perspectiva de mudança climática e risco de aquecimento global, na medida em que as florestas são grandes sorvedouros de gases de efeito estufa (GEEs) e, quando queimadas, grandes emissoras desses gases, sobretudo carbono. Com base nos estudos, relatórios e reuniões do International Panel of Climate Change, fortíssima campanha pela mídia mobiliza a sociedade global a reduzir as emissões de GEEs.

Sustar o desflorestamento torna-se o cerne das preocupações em relação à Amazônia, a tal ponto que a mídia esquece de considerar o bem estar das populações regionais e suas reivindicações, ou seja, esquece a necessidade de promover o desenvolvimento regional mediante uma organização eficaz capaz de enfrentar o desafio de o que e como produzir para gerar riqueza utilizando mas não destruindo a natureza.

Nesse contexto coloca-se a necessidade de identificar e analisar os atuais projetos para o futuro da Amazônia.

## O projeto da continuidade – florestas destruídas

Este projeto é comum à Amazônia sul-americana. Trata-se de manter a trajetória econômica e institucional baseada no extrativismo madeireiro e mineral, e numa agropecuária capitalizada mas não industrializada, cuja produção é destinada ao mercado externo sem, ou com fraquíssima agregação de valor, e associada ao crescente desflorestamento e desterritorialização das populações tradicionais e camponesas.

Vale lembrar que a natureza tem seu próprio zoneamento na Amazônia, profundamente desrespeitado. No Brasil, de norte para sul, sucedem-se uma grande extensão de floresta ombrófila densa, uma ampla faixa de floresta ombrófila aberta, a floresta de transição e, finalmente, o cerrado. Tais zonas estão sendo substituídas gradativamente pela agropecuária.

Historicamente, o modelo de ocupação da Amazônia como do Brasil e de toda a América Latina baseou-se na “economia de fronteira” em que o crescimento econômico percebido como linear e infinito se fundamenta na incorporação contínua de terras e recursos naturais percebidos igualmente como inesgotáveis (BOULDING, 1966). Na Amazônia, esse processo ocorreu em surtos extrativistas seguidos de longos períodos de estagnação, a conexão com o restante dos territórios nacionais dos respectivos países, só ocorrendo a partir de meados do século 20, inicialmente por migrações espontâneas e a seguir por políticas governamentais que induziram a expansão da fronteira móvel capitaneada pela agropecuária.

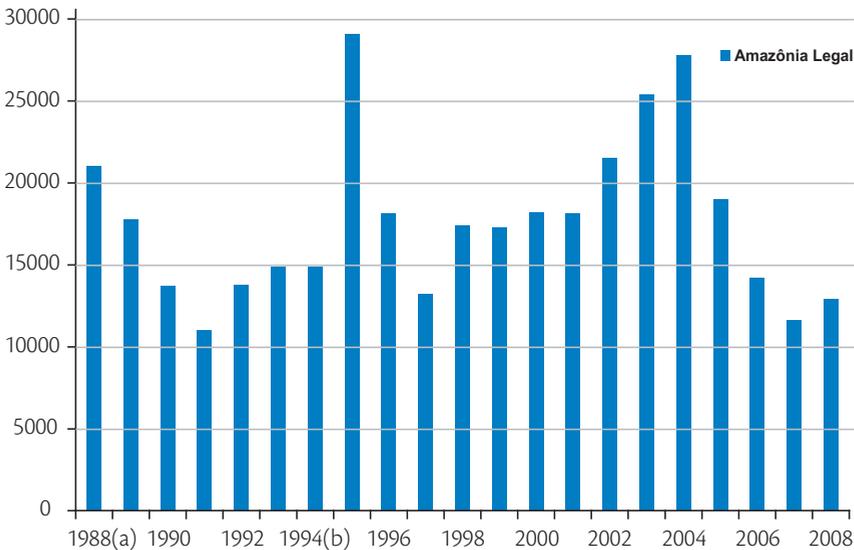


Gráfico 1. Taxa de desmatamento anual da Amazônia Legal (1988-2008)

A partir da década de 1990, é a globalização que intensifica essa expansão e os conflitos ambientais e sociais na região na medida em que a unificação de mercados e o crescimento da China geram grande demanda para commodities agropecuárias. No Brasil, na segunda metade da década, o pico do desmatamento é devido à expansão da soja, mas na virada do século a expansão da pecuária assume essa primazia, associada à exploração madeireira (Gráfico 1). A Amazônia nos últimos cinco anos consolidou-se como grande produtora de carne para aos mercados domésticos e externos em decorrência da implantação na região de grandes frigoríficos brasileiros hoje globalizados e responsáveis pelo processamento de mais da metade da carne bovina produzida no mundo.

Torna-se claro que os vetores de expansão da fronteira móvel são a pecuária e o extrativismo madeireiro que a precede e acompanha, numa parceria que só tem como limites uma alternativa de produção mais rentável. Também o agronegócio da soja expande-se na Amazônia, mas essa lavoura tem sua expansão limitada por condições fisiográficas – relevo acidentado no norte do Mato Grosso e umidade excessiva no centro-norte da Amazônia – razão pela qual se estende horizontalmente para oeste em Rondônia, e para leste pelo Tocantins chegando ao sul do Maranhão. Instala-se também em manchas de cerrado e terreno plano como é o caso do planalto de Santarém e do lavrado de Roraima.

Pecuária e a soja compõem um imenso cinturão boi-soja ainda em expansão na área da floresta ombrófila aberta, ameaçando a floresta ombrófila densa, que denominamos de coração florestal da Amazônia. Este modelo, legado da história regional com novas roupagens, muito pouco beneficia a região; não gera emprego nem renda, são poucas as cadeias produtivas completas baseadas em recursos naturais, e o produto agrícola bruto da Amazônia representa apenas 0,5% do PIB brasileiro. O mesmo se aplica ao extrativismo mineral cuja agregação de valor à produção é mínima, restringindo-se à pelletização do minério e ferro, e à alumina, enquanto na Amazônia não brasileira domina a extração do petróleo, igualmente sem agregação de valor.

Os picos de desflorestamento ocorridos, sobretudo no Brasil, são bem expressos nos focos de calor referentes à Amazônia sul-americana (Figura 3). Num contexto de grandes conflitos de terra, destrói-se 40% da vegetação do Cerrado, e 15-18% correspondendo a toda mata de transição e metade da mata aberta, onde hoje se encontra a fronteira móvel agropecuária, enquanto a mata densa – coração florestal, borda oriental da Amazônia sul-americana – encontra-se relativamente conservada (Figuras 4 e 5).

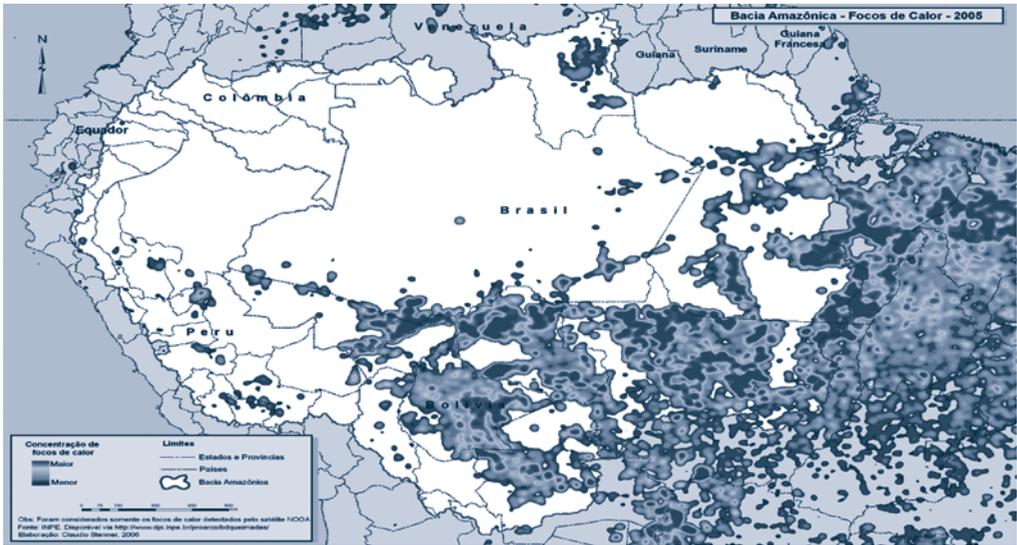


Figura 3. Bacia Amazônia - Focos de calor (2005)

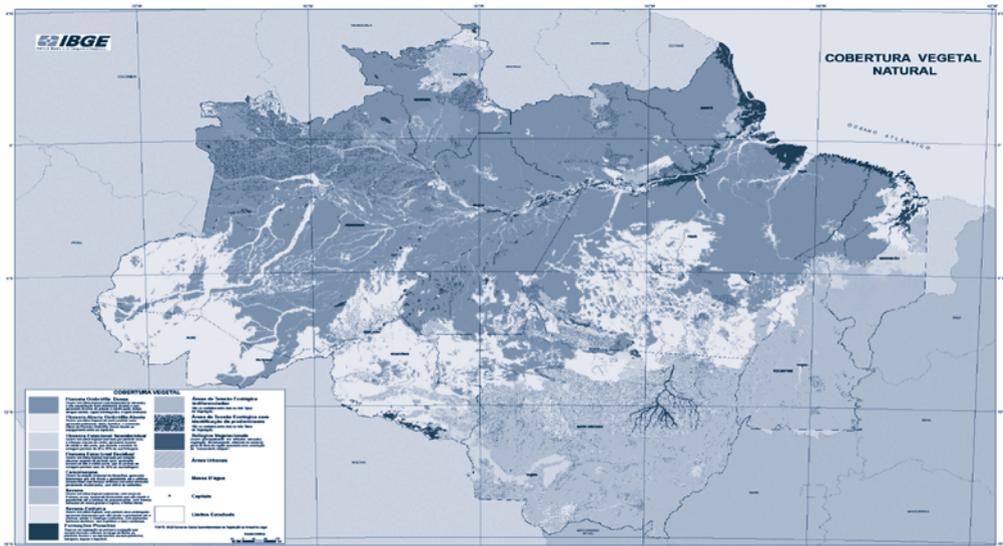


Figura 4. Vegetação original em 2006 (IBGE)

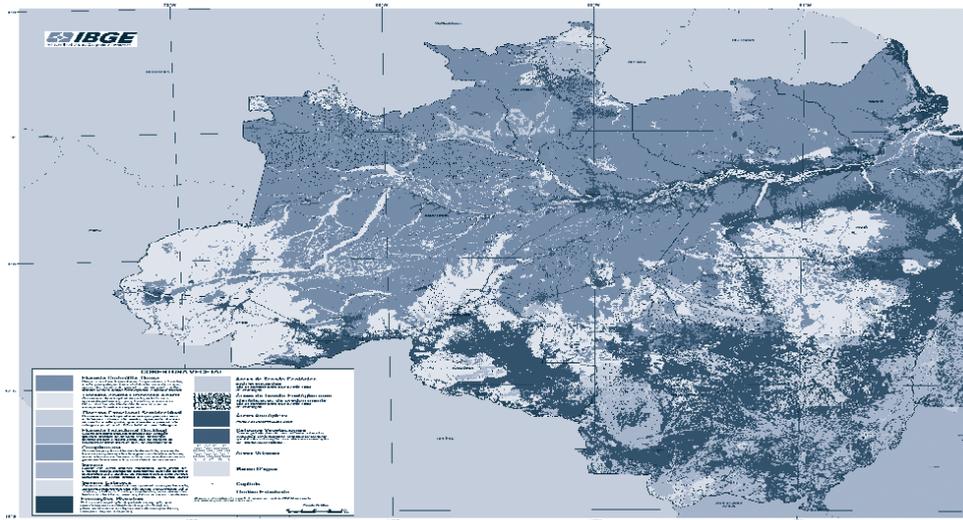


Figura 5. Vegetação original em 2006 (IBGE)

Mas a valorização da madeira e da carne, por sua vez, passam a estimular o desflorestamento no corredor bioceânico que liga o Brasil ao Pacífico, e em frentes de expansão ativa no Peru, de Pucalpa em direção a Iquitos, bem como na Bolívia e na Colômbia, em pleno coração florestal, em risco também no Brasil.

Entre 2005-2007, declinou fortemente o desflorestamento no Brasil, graças à crise na demanda dos mercados mundiais e a uma série de medidas governamentais, inclusive restrição de crédito a atividades em áreas desmatadas. Em 2008, contudo, eleva-se um pouco a taxa de desflorestamento e vem à tona com mais clareza, que ele assume uma nova forma – o extrativismo madeireiro avança pelos afluentes da margem direita do rio Amazonas, no estado do mesmo nome, não mais através do corte raso das árvores, mas por degradação da floresta, cortando as árvores até menos de 50% do dossel para que o processo não seja detectado por satélites.

Desnecessário dizer que as obras da IIRSA já iniciaram e acentuarão o desflorestamento se continuarem a serem feitas em moldes convencionais.

### O projeto preservacionista – florestas improdutivas

No extremo oposto do atual processo, situam-se projetos globais que propõem o pagamento para evitar o desflorestamento e a degradação florestal.

Tais projetos estão situados no contexto da mudança climática e do risco do aquecimento global.

A reunião de Copenhagem estimulou a proposição de propostas visando a redução a emissão de gases de efeito estufa, dentre os quais ressalta o REED, Redução de Emissões por Desflorestamento Evitado. Associa-se ao REED, a expansão do mercado internacional de carbono, segundo o qual, os países centrais – ainda os maiores poluidores – podem compensar suas emissões financiando o não desflorestamento nos países periféricos e semiperiféricos, onde residem as grandes extensões florestais.

Extremamente sedutor pelo financiamento e pela oportunidade de mercado que oferece, o REED tem conseguido adeptos de múltiplos setores da sociedade civil, inclusive dos governadores dos estados amazônicos no Brasil.

Sem dúvida, é preciso ter pressa em conter o desflorestamento. O que não significa embarcar em propostas sem a devida análise exaustiva. No caso do REED, sérios questionamentos merecem ser levantados aqui não tanto quanto às incertezas científicas e metodológicas que vem sendo divulgadas na mídia, nem por sua forma de implementação<sup>1</sup>. Questões maiores precisam ser consideradas sob a ótica do desenvolvimento regional e nacional (BECKER, 2010).

Dentre essas questões, coloca-se a da ênfase no mercado de carbono. Os serviços ambientais prestados pela floresta podem constituir uma fonte de riqueza alternativa de grande valor para a região nos moldes do século 21, pois que não envolvem a destruição dos recursos. E são inúmeros, os serviços, desde embasar a própria existência humana, ao uso adequado de cada um de seus elementos. O foco quase exclusivo no mercado de carbono comandado pelas bolsas de Chicago e da União Européia, desmerece o imenso potencial dos serviços florestais e abaixa o preço do carbono, como historicamente tem acontecido com todas as commodities.

Sim, porque o que vem ocorrendo, é a mercantilização de novos elementos da natureza à maneira do que foi brilhantemente explicitado por Polanyi para outro período histórico (Polanyi, 1944), mas que aplicamos ao mundo contemporâneo – a biodiversidade, a água e ao ar, embora não produzidos para venda no mercado, através de uma ficção estão gerando mercados reais (BECKER, 2001, 2005, 2009).

Outra questão crucial quanto ao REED, é que esta proposta não é uma solução para conter o desflorestamento. Propõe apenas uma estabilização do processo e uma compensação para os países centrais, que poderão continuar emitindo GEEs mediante financiamentos para evitar desmatamentos nos países detentores de florestas.

Permanece, assim, à espera de solução o problema do desflorestamento, demandando outras propostas.

---

<sup>1</sup> Detalhamento deste projeto é encontrado em Becker, Bertha K. "Ciência, Tecnologia e Inovação – Condição do Desenvolvimento Sustentável da Amazônia", 4ª CNCTI, MCT (no prelo).

## O projeto de um novo padrão de desenvolvimento – floresta em pé produtiva

Uma solução para o desflorestamento exige a interferência nas condições que o motivam, e não uma preocupação exclusiva com as emissões de GEEs, mas com o bem estar das populações regionais, ou seja, com o desenvolvimento regional e nacional dos países amazônicos.

Estratégia sugerida para conter o desflorestamento no Brasil tem sido a recuperação das 750.00 km<sup>2</sup> de áreas já degradadas. No entanto, não se considera aqui essa estratégia como suficiente para alcançar aquele objetivo. É preciso também uma ação ativa quanto à floresta. A estratégia que se propõe é atribuir valor econômico à floresta em pé para que possa competir com as commodities. E valor econômico não por financiamentos para não desmatar mas, sim, por meio da produção (BECKER, 2009, 2010).

Que atividades e como implementá-las tornam-se questões cruciais dessa estratégia. Considerando o macrozoneamento da natureza, trata-se da defesa da floresta ombrófila densa – o coração florestal – mediante em extrativismo não madeireiro de ponta envolvendo industrialização, serviços ambientais que não só o carbono, e implementação de energia solar. A articulação dessa base econômica exige o equipamento de uma rede de cidades que possam sediar a bioindústria e a pesquisa, e que, localizadas no contato da mata densa com a aberta, configurem um cinturão flexível, de defesa do coração.

À sua retaguarda, nas extensões da floresta ombrófila aberta, a industrialização da madeira e de alimentos – estes a serem produzidos em fazendas agroindustriais formadas por 30 a 50 colonos localizados próximo a estradas e aos mercados urbanos – estimulam uma outra rede de cidades dinâmicas. Dinâmicas por abrigarem indústrias madeireiras que abastecerão o coração florestal em barcos e navios para a circulação fluvial, bem como as cidades de ambas as zonas, em habitações e instalações.

Em suma, é na economia da floresta entendida como altamente diversificada e apoiada na indústria flexível e nos serviços, e envolvendo uma logística própria, que a integração da Amazônia deve se processar. A articulação do complexo verde há que ser feita com as cidades como lugar dos serviços públicos sociais, para a produção e o consumo – e lugar das redes de relações transnacionais, para tanto instalando serviços avançados de informação, circulação fluvial e aérea modernos, energia limpa e pesquisa.

Nesse sentido, vale investir de imediato nas cidades gêmeas de fronteira. Postos avançados de sistemas de circulação que conectam várias cidades e de redes de relações que rompem os delineamentos das fronteiras oficiais, as cidades gêmeas são embriões de uma integração já existente.

## Um novo papel para os cientistas?

Em sua análise sobre a ampliação da esfera da mercadoria, Polanyi (op. cit.) alerta a sociedade quanto à necessidade de impedir que os mecanismos de mercado sejam os únicos guias dos destinos humanos e da natureza. Uma tal exclusividade resultaria na degradação da sociedade e do meio ambiente. É preciso, portanto, defendê-los através de ações e políticas integradas, e de instituições dirigidas à proteção das “mercadorias fictícias” que estão gerando mercados reais.

Como visto acima, não só elementos de estrutura mas também funções dos ecossistemas – os serviços ambientais ou ecossistêmicos – estão sendo capturados pelo mercado e transformados em mercadorias fictícias. Por um lado, destrói-se o capital natural com uma integração baseada em rodovias e hidrelétricas. Por outro lado, a valoração do capital natural Amazônico, até agora tem foco de carbono e se faz somente através do mercado, sem barganha com outras instituições, o que permite ao mercado estabelecer o preço que quer.

Duas grandes e urgentes questões se colocam para os cientistas. Uma delas diz respeito à como atender à necessidade de infraestrutura, sobretudo à grande demanda de energia que se configura sem utilizar o potencial hidráulico constituído pelos rios da Amazônia?

A resistência ambientalista lembra que a energia hidrelétrica não é tão limpa assim. Primeiro, porque é um termo superado, vinculado à revolução industrial quando o problema considerado era a fumaça, a fuligem. Hoje, a noção de impactos vai muito além da “limpeza”, incluindo impactos no clima, na biodiversidade, na saúde humana. Segundo, porque mesmo substituindo limpo por “de baixo impacto”, a hidrelétrica pode ter altos impactos (SMERALDI, 2010). De acordo com essa posição, todas as fontes de energia têm altos impactos. Alguns poucos reconhecem a validade de discernir entre as fontes de energia não renováveis que podem ser válidas ou não, dependendo do projeto.

Ora, falta uma proposta alternativa na resistência ambientalista, pois que no caso das hidrelétricas trata-se de um imenso potencial de energia renovável que não podemos desprezar inclusive e, sobretudo, tendo em vista o desenvolvimento da região. Um olhar para a Amazônia brasileira revela sua fragmentação interna e sua carência em infraestrutura que deveriam ser uma prioridade a ser cumprida. Considerando a necessidade de desenvolver a região – econômica, social, ambiental e politicamente –, e mesmo as críticas ambientalistas, percebe-se claramente que o cerne do problema são os projetos inadequados inerentes a um modelo de desenvolvimento que deve ser substituído. Tal conclusão fortalece o propósito deste texto em favor de um novo padrão de desenvolvimento da Amazônia.

A proposta de usinas plataformas sinalizada pelo governo como solução não deve ser menosprezada. Mas são necessárias outras considerações na implantação de hidrelétricas na região: 1)

seleção e escolha criteriosa da localização considerando tanto as condições naturais como sociais; 2) inclusão nos projetos da obrigatoriedade de investir um percentual da energia produzida para industrializar a produção local, que não são a das grandes empresas eletrointensivas como a Vale e a Alcoa; 3) articulação da construção das hidrelétricas à circulação fluvial para que seja o principal meio de transporte na região num projeto de multimodalidade articulado com a circulação aérea e ferroviária – em detrimento da prioridade dada à rodovia.

A segunda grande questão que se coloca é que se tornam urgentes ações e inovações institucionais que permitam negociar a forma de constituição do mercado e a fixação de preço dos serviços ambientais. Na passagem do mercantilismo para o industrialismo, Polanyi reconhece como agentes fundamentais nessa negociação os movimentos sociais, os sindicatos e as políticas públicas. Na sociedade contemporânea, a ciência e tecnologia, com seus porta-vozes, tornam-se instituições com papel central na defesa da sociedade e do meio ambiente.

Como podem atuar os cientistas? Sua contribuição vai muito além da descoberta de processos naturais e sociais e da utilização adequada do capital natural. Hoje, a contribuição dos cientistas, incorporando os anseios da população, há que ampliar sua responsabilidade e sua capacidade de influir e esclarecer a Nação. E, enfim, os cientistas deverão constituir uma instituição capaz de fortalecer a autonomia do Estado e sua negociação com o mercado (BECKER, 2009b).

O documento da ABC e as propostas deste texto convergem na idéia de que a economia de floresta deve substituir a economia de fronteira como alternativa do desenvolvimento regional. Mostram, ambos, que a economia da floresta não é apenas uma alternativa ao desmatamento pouco lucrativa. Ela é muito mais, é uma oportunidade de investimento para o setor financeiro nos países amazônicos, uma alavanca para criar uma linha de investimentos que gere renda e emprego tanto para os pequenos como para grandes produtores, e em diferentes segmentos da economia florestal que, além daqueles já apontados, bioprodução e madeira – envolvem o turismo, a energia solar, entre outros, atividades cujo cerne é conhecimento.

Pesquisar essas possibilidades, esclarecer a Nação quanto as seus prós e contras, e subsidiar as políticas públicas, estas são inovações a acrescentar ao papel dos cientistas para promover uma efetiva integração amazônica.

## Referências

- ABC. **Amazônia: desafio brasileiro do século XXI - A necessidade de uma revolução científica e tecnológica.** Rio de Janeiro: 2008.
- ALMEIDA, A.; CARVALHO, G. (Orgs). **O Plano IIRSA na sociedade civil pan-amazônica.** Belém: Fase, 2009.
- BECKER, B.K. Amazonian frontiers at the beginning of the 21<sup>st</sup> century. In: HOGAN, D.J.; TOLMASQUIN, M. T. (eds.). **Human dimensions of global environmental change.** Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2001.
- \_\_\_\_\_. Articulando o complexo urbano e o complexo verde na Amazônia, In: **Um projeto para a Amazônia no século XXI: desafios e contribuições.** Brasília: CGEE, 2009.
- \_\_\_\_\_. Problematizando os serviços ambientais para o desenvolvimento da Amazônia. In: **Um projeto para a Amazônia no século XXI: desafios e contribuições.** Brasília: CGEE, 2009.
- \_\_\_\_\_. **Ciência, tecnologia e inovação - condição do desenvolvimento sustentável da Amazônia.** Brasília, 2010. In: CONFERENCIA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, 4., 2010.
- BOULDING, K. The economics of the coming space-ship earth. In: JARRET, H. E. (Ed.) **Environment quality in a growing economy.** Baltimore: John Hopkins, 1966.
- HECKENBERGER, M. **War and peace in the shadow of empire: sociopolitical change in the Upper Xingu of Southeastern Amazônia, A.D. 1400-2000.** 1996. Ph.D. Dissertation (Archeology) - University of Pittsburg, Pittsburg, 1996.
- KILLEEN, J. **Una tormenta perfecta en la Amazonia: desarrollo y conservación en el contexto de la IIRSA.** Vancouver: Conservation International, 2007.
- IIRSA. **Iniciativa para a Integração da Infraestrutura Regional Sul-americana.** Disponível em: < [www.iirsa.org](http://www.iirsa.org) >. Acesso em: 2007, 2009 e 2010.
- POLANYI, K. **The great transformation: the political and economic origins of our time.** New York: Rinehart, 1944.
- SMERALDI, R. 2010.

# Desenvolvimento sustentável do Semiárido Brasileiro

Aldrin Martin Perez-Marin<sup>1</sup>, Pedro Dantas Fernandes<sup>2</sup>, Albericio Pereira de Andrade<sup>3</sup>,  
Roberto Germano Costa<sup>4</sup> & Rômulo Simões César Menezes<sup>5</sup>

## Resumo

Nos próximos anos, é preciso que se expanda e consolide o atual modelo de desenvolvimento nacional, com inclusão efetiva das regiões mais esquecidas pelas políticas governamentais, como ocorrido no passado. Em relação ao Semiárido, há uma dívida histórica, a requerer políticas de desenvolvimento mais efetivas, aporte de conhecimento e tecnologia para dinamizar e reestruturar a atividade econômica em todos os seus espaços, priorizando, sempre as ações de inclusão social. Por suas características climáticas e fisiográficas, as intervenções na região devem maximizar os benefícios socioeconômicos para a geração presente, preservando a qualidade ambiental e a capacidade de produção para as gerações futuras, assegurando, assim, a manutenção da produtividade biológica – garantias de um desenvolvimento com sustentabilidade. O Semiárido brasileiro é um grande desafio, por sua extensão territorial e grande popula-

## Abstract

*In the coming years, it is necessary to expand and consolidate the current national development model, with effective inclusion of the regions most forgotten by governmental policies, as occurred in the past. In relation to the Semi-arid, there is a historical debt, requiring more effective development policies, contribution of knowledge and technologies to make more dynamic and restructure the economic activities in all the spaces of the region, always prioritizing actions of social inclusion. Due to its climatic and geographic characteristics, interventions in the region should maximize the socioeconomic benefits for the present generation while preserving the environmental quality and production capacity for future generations, thereby ensuring the maintenance of biological productivity – ensuring a sustainable development. The Brazilian Semi-arid is a great challenge for its territorial extension and large*

1 Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido (Insa/MCT). Email: aldrin@insa.gov.br

2 Coordenador de Pesquisa do Insa/MCT e bolsista do CNPq. Email: pdantas@insa.gov.br.

3 Diretor adjunto do Insa/MCT e bolsista do CNPq. Email: albericio@uol.com.br

4 Diretor do Insa/MCT e bolsista do CNPq. Email: betogermano@hotmail.com.

5 Professor adjunto do Departamento de Energia Nuclear (DEN), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e bolsista do CNPq. Email: rmenezes@ufpe.br.

ção, requerendo maior compromisso de governos e da sociedade brasileira. São muitas as potencialidades do sertão: frutos nativos, flores e plantas ornamentais, muitas fragrâncias a serem exploradas, minérios, artesanato, gastronomia, e, principalmente, a grande riqueza em princípios fitoterápicos na grande maioria das plantas da região. O Brasil não despertou, ainda, para as riquezas e para o milagre do desabrochar de vida no Semiárido...

**Palavras-chave:** sustentabilidade, Caatinga, potencialidades, paradigmas, riquezas

*population, requiring greater commitment from Governments and Brazilian society. There are many potentialities in the region: native fruits, flowers and ornamental plants, many fragrances to explore, mineral stones, handicraft, gastronomy, and especially the great wealth in phytotherapeutic principles in the vast majority of the plants of the region. Brazil not awakened yet to the riches and the miracle of life bloom in the Semi-arid...*

**Keywords:** sustainability, Caatinga, potentialities, paradigms, riches

## 1. Sobre desenvolvimento

Em 1983, foi criada pela Assembléia Geral da ONU a 'World Comission on Environment and Development' (WCED), presidida por Gro Harlem Brundtland, à época a primeira-ministra da Noruega, com a incumbência de reexaminar as questões críticas sobre meio ambiente e desenvolvimento e repensar as propostas de abordagem realista sobre o tema. Essa Comissão deveria propor novas normas de cooperação internacional que pudessem orientar políticas e ações internacionais de modo a promover as mudanças que se faziam necessárias (WCED, 1987). No relatório, elaborado por essa Comissão, apareceu pela primeira vez, de forma clara, o conceito de "Desenvolvimento Sustentável", embora ele já estivesse em gestação, com outros nomes, desde a década anterior.

No documento, intitulado "Nosso Futuro Comum", lançado em 1987 (também conhecido como "Relatório Brundtland"), a Comissão procurou despertar a humanidade para a necessidade de um novo tipo de desenvolvimento, capaz de manter o progresso em todo o planeta. No trabalho, foi criticado o modelo adotado pelos países desenvolvidos, por ser insustentável e impossível de ser copiado por outras nações, sob pena de se esgotarem, rapidamente, os recursos naturais do planeta. Assim surgiu o conceito de desenvolvimento sustentável:

"Atendimento das necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades" (WCED, 1987).

Neste conceito, foram embutidos, pelo menos, dois importantes princípios: o de necessidades e o da noção de limitação. O primeiro trata da equidade (atendimento às necessidades essenciais de todos, inclusive, os pobres) e o outro diz respeito às limitações do uso de tecnologia e da organização social sobre o meio ambiente (WCED, 1987). Já que as necessidades humanas são determina-

das social e culturalmente, isto requer padrões de consumo dentro dos limites das possibilidades ecológicas, o que só será possível com a conscientização sobre valores ambientais; em síntese, o desenvolvimento sustentável significa compatibilidade do crescimento econômico, com o desenvolvimento humano e a qualidade ambiental. Portanto, o desenvolvimento sustentável preconiza que as sociedades atendam às necessidades humanas em dois sentidos, aumentando o potencial de produção e assegurando às gerações presentes e futuras as mesmas oportunidades.

O desenvolvimento sustentável não é um estado permanente de equilíbrio, mas sim, de mudanças quanto ao acesso aos recursos e quanto à distribuição de custos e benefícios. Em sua essência,

“é um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e às aspirações humanas” (WCED, 1987).

Além de ter aumentado a percepção do mundo em relação aos problemas ambientais, a comissão de Gro Harlem Brundtland não se restringiu, somente, a tais aspectos. No Relatório é enfatizado que o desenvolvimento sustentável deve estar intrinsecamente ligado aos problemas de eliminação da pobreza, da satisfação das necessidades básicas de alimentação, saúde e habitação e, aliado a tudo isto, à alteração da matriz energética, privilegiando fontes renováveis e o processo de inovação tecnológica.

Na “Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento”, mais conhecida por “Rio-92” ou “Eco-92”, buscou-se o consenso internacional para a operacionalização do conceito do desenvolvimento sustentável. A partir dessa conferência, o termo desenvolvimento sustentável ganhou grande popularidade e vem sendo alvo de muitos estudos e tentativas de estabelecimento de políticas de gestão que buscam contemplar os seus princípios centrais.

## 2. Semiárido brasileiro

O Semiárido Brasileiro (SAB), ao longo da história, tem sido tema das mais variadas reflexões e objeto de muitas ações visando ao seu desenvolvimento. Apesar disso, a região continua como exemplo de índices de desenvolvimento insatisfatórios e de grande contingente de excluídos (INSA, 2007). Da mesma forma, o termo “sustentabilidade” tem sido utilizado em vários setores da atividade humana na região, com significados bastante variados. Termos como ‘desenvolvimento sustentado’, ‘sustentabilidade econômica’, ‘sustentabilidade ecológica’, ‘... social’, entre outros, têm sido freqüentemente utilizados. Contudo, o significado dessas palavras, na maioria dos casos, não tem sido interpretado, de forma contextualizada, à realidade do SAB. Isso é particular-

mente importante, considerando a definição e aplicação de políticas públicas para a região, pois, dependendo dos atores, sustentabilidade e desenvolvimento podem significar coisas distintas ou ter abrangências mais amplas ou restritas.

As definições adotadas são muitas e, em geral, refletem os interesses de seus autores, cada um considerando a sua como a melhor (PINHEIRO et al., 1997); por vezes são divergentes, partindo de perspectivas distintas e escalas diversas de abrangência, no tempo e no espaço (MENEZES & SAMPAIO, 2000). Entre as várias definições de sustentabilidade, ao Semiárido Brasileiro pode ser aplicada aquela de caráter genérico ou holístico, proposta pela WCED (1987), citada anteriormente, ou as específicas, enfocando os fatores de produção, como a adotada por Menezes & Sampaio (2000):

“Desenvolvimento sustentável no SAB significa maximizar os benefícios socioeconômicos da geração presente, preservando a qualidade ambiental e a capacidade de produção para as gerações futuras, permitindo, desta forma, a manutenção da produtividade biológica”.

Todavia, muitos usam uma definição mais ampla e defendem que o desenvolvimento sustentável do Semiárido Brasileiro deve abranger: 1) Manejo ecologicamente correto dos recursos naturais, i.e., minimizar as perdas de solo, água, nutrientes, biomassa, energia e evitar a poluição; 2) Viabilidade econômica, i.e, produzir o suficiente sem degradar, mas que garanta a auto-suficiência para satisfazer as necessidades; 3) Ações socialmente justas, ou seja, recursos e poder são distribuídos igualmente, de modo a assegurar as necessidades básicas de todos os membros da sociedade e 4) Humanização, ou seja, respeito a todas as formas de vida e incorporação de valores humanos básicos, tais como, honestidade, auto-respeito, cooperação e compaixão (LEFF, 2000; CARVALHO & EGLER, 2003; FURTADO, 2005; SILVA, 2006).

Em nosso entendimento, o desenvolvimento sustentável do Semiárido Brasileiro deve ir mais além, ser analisado à luz do que preceitua a WCED (1987), como “intrinsecamente ligado aos problemas de eliminação da pobreza, da satisfação das necessidades básicas de alimentação, saúde e habitação e, aliado a tudo isto, à alteração da matriz energética, privilegiando fontes renováveis e o processo de inovação tecnológica”. Portanto, a análise dos conceitos utilizados e aplicados, para o desenvolvimento sustentável da região, deve permitir identificar a preocupação com aspectos econômicos, sociais, ecológicos, políticos e culturais. Do ponto de vista dos recursos, preceitua-se que a sustentabilidade só poderá ser atingida se essas cinco dimensões forem consideradas, em conjunto, e ela será tanto maior quanto mais alinhadas estiverem entre si (SILVA, 2006).

Embora se possa entender a necessidade dessa contemplação conjunta, a história mostra que, por décadas, a sustentabilidade econômica e a social no SAB, têm estado sujeitas a um considerável grau de imprevisibilidade e vulnerabilidade, ditadas por atuações e mudanças de políti-

cas, anseios e conceitos pessoais, o que têm levado à construção e institucionalização de uma imagem de região problemática. Assiste-se, por exemplo, num telejornal, em uma mesma reportagem sobre os efeitos da seca na região, cena de mulheres apanhando água barrenta, em reservatórios, para satisfazer as necessidades da família; no instante seguinte, podem ser apresentadas imagens de modernas e grandes áreas irrigadas (SILVA, 2006). Essas imagens têm levado à conclusão de que a seca é a vilã, o elemento de insustentabilidade e subdesenvolvimento da região; ao mesmo tempo, que a solução definitiva está na modernização econômica, através da agricultura irrigada.

Entretanto, a questão é mais complexa, tanto no que refere aos aspectos bio-geofísicos, quanto à ocupação humana e exploração dos recursos naturais. O Semiárido Brasileiro, com uma população superior a 22 milhões de pessoas, estende-se por uma área superior a 900.000 km<sup>2</sup>, rica em diversidade de situações ecológicas, sociais e culturais. A diversidade pode ser analisada pelo zoneamento agroecológico do Nordeste, realizado por Silva et al. 1993: o semiárido abrange, pelo menos, boa parte de 17 das 20 unidades de paisagens, em que foi dividido o NE, e 105 das 172 unidades geoambientais identificadas na região.

Toda essa área tem em comum a baixa relação entre precipitação e evapotranspiração, o que resulta, em geral, em falta de água para crescimento das plantas, consumo humano e animal. Além disso, a disponibilidade de água, além de condicionada pela chuva, é influenciada pela posição topográfica, pela capacidade de armazenamento de água pelo solo e pela possibilidade de irrigação.

A vegetação típica e predominante é a Caatinga, cuja biodiversidade confere valores biológicos e econômicos significativos para a região e para o país, além de ser um bioma prioritário para a conservação na América Latina. A população do SAB tem alta dependência desse bioma para sua subsistência, o que causa grande vulnerabilidade social e econômica, causando pressão crescente sobre os recursos naturais da região, tornando-a extremamente propícia à desertificação.

Segundo a FAO e o PNUD, a lenha é uma fonte fundamental de energia no Nordeste brasileiro, representando 33% de sua matriz energética, com grande impacto sobre a vegetação nativa, em que a Caatinga é preponderante; é consumida, intensivamente, em importantes ramos industriais, como olarias, cerâmicas, padarias e, também, na grande maioria dos domicílios da zona rural. Além disso, a Caatinga fornece uma série de produtos florestais, não madeireiros, para consumo e comercialização, tais como, produtos medicinais, cascas, fibras, óleos, mel, materiais para artesanato e raízes comestíveis.

Na maior parte da área do SAB, constata-se a lentidão de crescimento, falta de infraestrutura básica e permanência de indicadores sociais abaixo das médias nacional e regional. A situação

estrutural de pobreza ainda se transforma em calamidade, nos períodos prolongados de seca. A estrutura fundiária é extremadamente concentrada; além dos latifúndios, observa-se um grande número de minifúndios, com cerca de 90% das propriedades possuindo área inferior a 100 ha e detendo apenas 27% da área total dos estabelecimentos agrícolas (SILVA, 2006). Com o lento ritmo de crescimento da economia local e a baixa renda da população, cerca de 46% dos municípios têm sua renda proveniente do governo federal e estadual.

O analfabetismo oscila entre 36 e 48%, em cerca de 42% dos municípios. Segundo o Atlas do Desenvolvimento Humano de 2009 (PNUD, 2009), cerca de 75% dos municípios têm baixo IDH. A combinação dos fatores ambientais, sociais, culturais e econômicos cria um mosaico de situações que não são devidamente apreciadas e compreendidas; isso resulta em generalizações muito amplas sobre a região, recomendações muito simplistas quanto às suas potencialidades e avaliações insuficientes das perspectivas de um desenvolvimento sustentável no SAB, de convivência com o ambiente, sua economia local, qualidade de vida, cultura e conquistas de políticas públicas governamentais de forma contextualizada.

### 3. Convivência com as secas

Como consequência dessa visão superficial, ao longo dos anos foram implantadas políticas governamentais para o desenvolvimento do SAB, orientadas, quase que exclusivamente, para: a) Combater as secas e seus efeitos, e b) Agricultura irrigada de grandes projetos. Em relação ao primeiro foco, tem-se observado que, atualmente, diminuiu a ênfase de “combate à seca e aos seus efeitos”, como orientação das políticas públicas. Tal concepção predominou durante o século 20 e entrou em crise, em razão de seus fundamentos negarem os princípios de sustentabilidade.

A crítica formulada na “indústria da seca” manifesta um posicionamento ético, denunciando a exploração política da miséria e apropriação privada dos recursos públicos, pelas oligarquias sertanejas, pois tinham interesses explícitos nas políticas de combate à seca, na medida em que dava sustentação ao complexo econômico de pecuária-algodão-subsistência. Em relação à segunda concepção de desenvolvimento do SAB, planejadores, governantes, empresários e estudiosos da região, entusiasmados com os resultados que vêm sendo obtidos em alguns dos modernos pólos agroindustriais (Petrolina-PE, Juazeiro-BA), apostam na continuidade dos investimentos para ampliar o processo de modernização econômica nesses espaços dinâmicos de desenvolvimento.

Essa preocupação é válida no sentido de contemplar o maior potencial agrícola da região, contudo, se restringe a um pequeno percentual do imenso semiárido (a área irrigável é inferior a 2,5%), à margem de grandes rios, como São Francisco, Açu e Jaguaribe. Esta visão exclui uma multiplicidade de pequenas irrigações, amplamente disseminadas, que aproveitam fontes de água

de menor porte e até cursos intermitentes e que merecem atenção. Ambos os tipos de irrigação causam impactos ambientais, significativos, tais como os problemas de salinização e, subsequentemente, degradação das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos. A água dos grandes rios, principalmente a do São Francisco, é de boa qualidade e os riscos de salinização são baixos, mas a aplicação é irregular, com tendência a ser excessiva; além disso, a maior parte da área irrigada não tem sistemas de drenagem ou seus drenos não recebem a devida manutenção. O acompanhamento da fertilização é precário, sendo muito provável que haja limitações de nutrientes, em alguns locais, e excesso de aplicação em outros (SAMPAIO & SALCEDO, 1997).

Em comum, as duas propostas foram historicamente assumidas pelas políticas governamentais no SAB, combinando as seguintes características (SILVA, 2006): a) a finalidade da exploração econômica, como elemento definidor da ocupação e uso do espaço que exerce a dominação local; b) a visão fragmentada e tecnicista da realidade local, das potencialidades, das problemáticas e das alternativas de superação das secas e de suas conseqüências, e c) o proveito político dos dois elementos anteriores em benefício da elite política e econômica que exerce a dominação local.

Uma política visando ao conceito mais amplo de desenvolvimento sustentável, para o Semiárido, consistente e contextualizada, não foi, ainda, convenientemente definida; nota-se um início de cristalização, pelo envolvimento de novos atores sociais e políticos que entraram em cena, apresentando um discurso renovador e comprovando a possibilidade de um desenvolvimento sustentável, com base na “Convivência com a Semi-aridez”. As dificuldades residem na abrangência de fatores amplos e complexos, impossível de serem reduzidos apenas à ocorrência de secas; a falta de água não pode ser, também, justificativa, quando o desempenho da região é aquém do desejado.

Portanto, em lugar das instituições, das políticas, dos planos e dos programas para o SAB se limitarem a propor “soluções” para seus “problemas”, recomenda-se valorizar as suas potencialidades (INSA, 2007). Nesta nova concepção, o SAB passa a ser concebido como um espaço no qual é possível construir ou resgatar relações de convivência entre os seres humanos e a natureza, com base na sustentabilidade ambiental, combinando a qualidade de vida das famílias com o incentivo às atividades econômicas apropriadas. Trata-se, portanto, de uma nova percepção que retira as culpas atribuídas às condições naturais e enxerga o espaço semiárido com suas potencialidades, características, seus limites e o resgate de um pensamento que foi formulado por Guimarães Duque (2004), segundo o qual o desenvolvimento sustentável do SAB depende, fundamentalmente, de uma mudança de mentalidade, em relação às suas características ambientais e de mudanças em práticas e uso indiscriminado dos recursos naturais.

Não se trata, portanto, simplesmente de novas técnicas, atividades, práticas produtivas, de ações socioculturais, etc. A convivência deve ser uma proposta cultural, que vise contextualizar saberes e práticas (tecnológicas, econômicas e políticas), apropriadas à semi-aridez, reconhecendo a het-

erogeneidade de suas manifestações sub-regionais; deve considerar, também, as compreensões imaginárias da população local sobre esse espaço, suas problemáticas e alternativas de solução, que foram sendo construídas e desconstruídas ao longo da história de sua ocupação. Na perspectiva de convivência com a semiaridez, a gestão ambiental assume novos sentidos e significados ao priorizar a busca de soluções apropriadas às condições locais, para que modifiquem suas percepções e comportamentos em relação à natureza.

Considerando os elementos supra abordados, relativos ao desenvolvimento sustentável do SAB, dentro de uma perspectiva de “convivência com a semiaridez”, têm sido elaboradas uma série de proposições, produzidas coletivamente em diversos espaços de articulação e debates sobre experiências alternativas para a região, que devem ser objeto de atenção nas políticas públicas de desenvolvimento sustentável (SILVA, 2006; MENEZES & SAMPAIO, 2000; SAMPAIO & SALCEDO, 1997; CARVALHO, 2003), entre outros:

1. Democratização do acesso a terra, por meio da implementação da reforma agrária, com sustentabilidade;
2. Universalização e democratização do acesso à água para abastecimento humano, animal e para produção apropriada;
3. Fortalecimento da agricultura familiar, com bases nos princípios e valores da agroecologia, como eixo central da estratégia de convivência com a semiaridez;
4. Incentivo à educação contextualizada, voltada para a convivência com a semiaridez nos espaços escolares e nas comunidades, com garantia de universalização do atendimento escolar;
5. Promoção de políticas de segurança alimentar e nutricional;
6. Desenvolvimento da pesquisa e disseminação do conhecimento e de tecnologias apropriadas ao SAB, com articulação entre extensão, pesquisa e desenvolvimento tecnológico, adequados às condições locais;
7. Serviços públicos de qualidade, com priorização de investimentos em infraestrutura social;
8. Preservação e uso sustentável dos recursos naturais, com incentivo à realização de campanhas de educação e mobilização ambiental;
9. Financiamento público do desenvolvimento rural sustentável.

## 4. Recomendações para o desenvolvimento da Região

Considerando a complexidade dos mosaicos a comporem o Semiárido Brasileiro, relaciona-se, a seguir, uma série de propostas visando ao seu desenvolvimento, não como receitas a operarem milagres, mas com base na visão de estudiosos e em experiências de pessoas que vivem ou vivenciaram a realidade da região.

Em relação às áreas irrigadas, recomendam-se:

- Delimitar com mais precisão as áreas irrigáveis em outras bacias, além da grande bacia do São Francisco.
- Definir a expansão das áreas irrigadas, uma vez esgotadas as áreas de solos mais favoráveis, para solos com maior facilidade de manejo hídrico e menor risco de salinização, dando menos ênfase à sua fertilidade natural.
- Demandar aos governos estaduais e órgãos com a devida competência, o estabelecimento e reabilitação dos sistemas de drenagem.
- Estabelecer sistemas de monitoramento periódico dos processos de salinização e compactação.
- Difundir técnicas adequadas de manejo agrícola, incluindo práticas simples e eficientes de controle do fornecimento de água e fertilizantes.
- Definir e por em prática modelos de gerenciamento dos recursos hídricos da região.

### Em áreas de vales

- Identificar e mapear, em escala conveniente, as áreas com maior potencial agrícola. Refinar o zoneamento quanto à disponibilidade hídrica, envolvendo a capacidade de armazenamento e abastecimento.
- Incentivar a substituição de culturas tradicionais, por outras menos exigentes em água e mais adaptadas à deficiência hídrica.
- Estudar em nível de propriedade, o conflito entre uso dessas áreas para agricultura ou para suporte da pecuária.
- Estudar os efeitos residuais de adubação química, incluindo sua viabilidade econômica.

### Áreas de encostas úmidas

- Incentivar a fruticultura, com cobertura permanente do solo, e a produção de hortaliças em parcelas de pequenas dimensões e com cuidados intensivos, em substituição aos plantios tradicionais de milho e feijão.
- Estabelecer políticas de incentivo de praticas conservacionistas e campanhas de esclarecimento dos efeitos negativos a médio e longo prazo, com meios de impacto visual, centradas nas áreas de maior risco.
- Estabelecer monitoramento de longa duração da erosão.

### Áreas de chapadas

- Refinar a delimitação do potencial agrícola das chapadas altas, em função de sua precipitação e capacidade de retenção de água.
- Determinar o efeito da adubação, incluindo o residual de fósforo.
- Desenvolver tecnologia visando ao cultivo de lavouras xerófilas, com base nas espécies com potencialidades da região.

### Áreas gerais sedimentares e do cristalino

- Avaliar o impacto socioeconômico da suspensão da agricultura itinerante e, com base nos resultados, eliminar incentivos a esta atividade. Estudar a viabilidade de alternativas para a mão-de-obra excedente, a ser liberada com o progressivo abandono dessa atividade.
- Fazer campanhas para suspensão das práticas de fogo, mesmo as de baixa intensidade, em áreas de agricultura e nas áreas cortadas exclusivamente para lenha.
- Limitar a permissão de funcionamento de indústrias usando lenha e carvão, apenas para os casos em que sejam provenientes das áreas de manejo sustentável da Caatinga.
- Otimização da captação da água de chuva e desenvolvimento e difusão de práticas visando a melhorar a infiltração e a retenção da água no solo.
- Cultivo de plantas adaptadas a regimes de deficiência hídrica – alta capacidade de absorção de água, devido a diferenças na estrutura do sistema radicular e/ou pelo aumento da produção de biomassa por unidade de água disponível.
- Ampliar as pesquisas de longa duração sobre os efeitos no solo e vegetação dos sistemas de raleamento, rebaixamento e pastejo leve na vegetação nativa e outros sistemas agrosilvipastoris, verificando a complementaridade no uso de recursos, aprofundando o conhecimento sobre o papel do carbono na conservação da fertilidade do solo.

- Desenvolver tecnologia visando ao cultivo de lavouras xerófilas, com base nas espécies com potencialidades da Caatinga.
- Fortalecer tecnologias sócias para produção dos recursos hídricos já andamento.

### **Produção animal**

- Testar e difundir estratégias de manejo da vegetação nativa, incluindo sistemas agroflorestais, raleamento e rebaixamento.
- Estudar o efeito desses manejos sobre a gestão e sustentabilidade da fertilidade do solo (ciclagem biogeoquímica de nutrientes, energia e biomassa).
- Reunir, sistematizar, ampliar e difundir o conhecimento sobre palma forrageira.
- Identificar e selecionar forrageiras nativas com potencial, incluindo gramíneas, leguminosas e cactáceas.
- Adotar e difundir tecnologias voltadas para estoque de forragem para uso no período seco.
- Estudar formas de silvopastoralismo verificando a complementaridade no uso de recursos.
- Incentivar a produção de mel.
- Expandir a integração entre avicultura e criação de ruminantes.
- Estudar o zoneamento da produção por áreas de cria, recria e engorda.
- Incentivar práticas de produção, beneficiamento e armazenamento de pastagens nativas.

### **Unidades de conservação, reflorestamento e/estudos Caatinga**

Incentivar a criação de mais unidades de conservação no SAB.

Criação de um programa de revegetação com espécies nativas ou vocacionadas.

Criar um programa de preservação das nascentes e revegetação das matas ciliares, compatibilizando conservação da biodiversidade com atividades econômicas.

Incentivar linhas de pesquisa em fitossociologia e sucessão ecológica nos ecossistemas de caatinga.

## **5. Considerações complementares**

O maior desafio para o Brasil está na expansão e consolidação do atual modelo de desenvolvimento nacional, com inclusão mais efetiva das regiões e de suas sociedades marginalizadas. Em

relação ao Nordeste, há uma dívida histórica, a requerer maior dinamização das políticas de desenvolvimento; base tecnológica para a dinamização e reestruturação da atividade econômica nos espaços menos desenvolvidos da região; e o que é mais relevante, fortalecimento da base social local, por intermédio de organizações e políticas sociais e de infraestrutura social.

Para o Brasil, são fundamentais a promoção do desenvolvimento sustentável no SAB e maior compromisso de governos e da sociedade brasileira, com a região e sua população. Vale a pena relembrar: a) o SAB ocupa grande proporção do território brasileiro, ainda com baixos indicadores de desenvolvimento humano e de crescimento econômico, em relação à média brasileira; b) é uma área com ecossistemas especiais, cujos problemas ambientais de solo e do bioma Caatinga vêm se agravando, desde o início do processo de colonização, e c) ainda há muito a aprender com o SAB, sendo imprescindíveis a articulação de esforços e a participação da sociedade na solução de alternativas regionais de desenvolvimento.

Quando se conseguir mobilizar uma parte considerável da infraestrutura e dos muitos talentos já existentes na Região, em torno de desafios relevantes para o seu desenvolvimento e no aproveitamento das grandes oportunidades do SAB, estará se iniciando outra página da história, baseada no paradigma das potencialidades e, não mais, no “choro das adversidades”. Tal mobilização já está em curso, despertando, nos tempos atuais, o interesse das outras regiões do país pelo Nordeste brasileiro, embora se saiba que grande parte desse olhar tenha foco nas belezas do litoral; no interior, são muitas as áreas a necessitar de estudos e políticas, principalmente, em mapeamento, identificação, caracterização e desenvolvimento de produtos e processos, a partir das espécies nativas, garantindo-se tecnologias e inovação apropriadas ao uso sustentável de tais recursos naturais; nos minerais, em que é rica a região, está um grande futuro, necessitando, também, de processos tecnológicos e inovativos para agregação de valor, requerendo estudos e cuidados para serem minorados os impactos sobre o ambiente; gastronomia, artesanato, em suma, o saber e o fazer de que é muito rica a cultura popular, em muitas comunidades. Entre tantas outras potencialidades, finalmente, destaca-se o turismo, mais propriamente o ecoturismo, com tantos sítios históricos, ecológicos, arqueológicos, religiosos, únicos em todo o país.

Maior impulso ao desenvolvimento dependerá da continuidade e maior abrangência dos esforços e das políticas, hoje direcionadas para a Região. Secas passarão a ser um fenômeno natural, pois a economia e o viver não estarão, mais, limitados à quantidade ou distribuição de chuvas. Conviver-se-á com elas, de forma proveitosa; só como exemplo, em casos extremos, de ocorrerem apenas algumas chuvas, seria motivo bastante para atrair a atenção das pessoas de outras regiões, divulgando a mídia (como o faz com a neve no Sul do país) o milagre da vida no semi-árido...da cinza das plantas secas e do chão esturricado, rebrota a vida, tudo se torna verde e colorido; as flores e o chão molhado exalam o perfume do sertão.

## Referências

- CARVALHO, J.O.; EGLER, C.A.G. **Alternativas de desenvolvimento para o nordeste semiárido**. Fortaleza: BNB, 2003.
- DUQUE, J.G. **Solo e água no polígono das secas**. Fortaleza: BNB, 2004.
- FURTADO, C. O nordeste e a construção do Brasil. In: ALENCAR JUNIOR, J. S (org). **Celso Furtado e o desenvolvimento regional**. Fortaleza: BNB, 2005. p. 209-236.
- INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO. **Plano Diretor 2008-2011: Planejamento estratégico do INSA**. – Brasília, DF: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2007. 70p.
- LEFF, E. **Ecologia, capital e cultura: racionalidade ambiental, democracia participativa e desenvolvimento sustentável**. Blumenau-SC: EDIFURTB, 2000.
- MENEZES R.; SAMPAIO, E.V.S.B. Agricultura sustentável no semi-árido nordestino. In: OLIVEIRA, T.S.; ROMERO, R.E.; ASSIS Jr., R.N.; SILVA, J.R.C.S. (eds). **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza, SBSC, DCS-UFC. 2000 p. 20-46.
- PNUD – **Atlas de desenvolvimento humano**. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/atlas/oque/index.php>. Acesso em: 2009
- SACHS, I. **Ecodesenvolvimento crescer sem destruir**. Terra dos Homens. 1. ed. São Paulo: Editora Vértice, 1986, 207p.
- \_\_\_\_\_. **Estratégias de Transição para o Século XXI**. São Paulo: Studio Nobel/Fundap, 1993, 230 p.
- SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H. Diretrizes para o manejo sustentável dos solos brasileiros: Região semi-árida. In: SIMPÓSIO DIRETRIZES PARA O MANEJO SUSTENTÁVEL DOS SOLOS BRASILEIROS. e CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26. 1997. **Anais...** Rio de Janeiro, 1997. CD-ROM.
- SILVA A.R.M. **Entre o combate à seca e a convivência com o semiárido: Transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento**. 2006, 298p. Tese (Doutorado)- Universidade de Brasília, 2006. Brasília: UNB: 2006.
- SILVEIRA, L.; PETERSEN, P.; SABOURIN, E. **Agricultura familiar e agroecologia no semiárido: avanços a partir do agreste da Paraíba**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2002.
- TURNER, R. Sustainable global futures. Common interest, interdependency, complexity and global possibilities. **Futures**, v.19, n.5, p.574-582, 1987.
- WCED. **Our common future**. Oxford: Oxford University Press, 1987. 383p.



# Beyond the emission market: Kyoto and the international expansion of waste management firms<sup>1</sup>

Ionara Costa<sup>2</sup>, Asel Doranova<sup>3</sup> & Geert-Jan Eenhoorn<sup>4</sup>

## Abstract

This paper analyses the participation of firms without GHG emission liabilities as technology providers in CDM and JI projects, the flexibility mechanisms of the Kyoto Protocol. It argues that the motivations for those firms to engaging in CDM and JI projects is based on market stimuli beyond those related to the emission market itself. Instead, their motivations are largely associated with search for new markets where their technological resources and expertise can be exploited. The analysis is based on three firms from the Dutch waste management industry. These cases suggest that the Kyoto's mechanisms compensate to some extent the weakness

## Resumo

*Este artigo analisa a participação de firmas que não têm compromissos de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) como fornecedores de tecnologia em projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e de Implementação Conjunta (IC), os mecanismos de flexibilização do Protocolo de Quioto. O argumento principal do artigo é que a motivação para estas empresas se engajarem em projetos de MDL e IC se baseia em estímulos de mercado que vão além daqueles relacionados ao mercado de emissões de GEE propriamente dito. Mais especificamente, as motivações destas empresas sem compromisso de redução estão associadas, em grande medida, com a busca por novos mercados onde seus recursos e experiência tec-*

1 A revised version of this paper has been published in 'Multinationals and Emerging Economies: the Quest for Innovation and Sustainability', W.Dolfsma, G.Duysters and I.Costa (eds.), Edward Elgar, 2009, with the title 'Beyond the emission market: Kyoto and the internationalisation of firms from the waste industry'; and as UNU-Merit Working Paper, No.20, 2008. We are grateful to the representatives of Van der Wiel/Ecair; VAR/WWR and Grontmij who generously shared their time and expertise with us. We would also like to thank the useful feedback received from other contributors to the book, and in especially the comments made by Anabel Marin during the book workshop on the 27th November 2007.

2 Economista e doutora em Política Científica e Tecnológica (Unicamp), atualmente é especialista visitante no CGEE. Email: ionara.da.costa@gmail.com.

3 Doutora em Estudos de Inovação (Innovation Studies – UNU-Merit, Holanda) e consultora do "Technopolis" (Bélgica). Email: doranova@yahoo.com.

4 Engenheiro, sócio-fundador da empresa "Do-inc" (Holanda). Email: g.eenhoorn@do-inc.net.

of the underdeveloped waste management sector in developing and transition economies.

**Keyword:** Waste Management Industry, Kyoto Protocol, International Expansion, Firm-specific advantages

*nológicos - ou suas vantagens competitivas, possam ser explorados. A análise realizada neste artigo se baseia no caso de três firmas da indústria de gerenciamento de resíduos da Holanda. Estes casos sugerem que, de fato, os mecanismos de flexibilização do Protocolo de Quioto ajudam a compensar as limitações da, ainda subdesenvolvida, indústria de gerenciamento de resíduos de países em desenvolvimento e economias em transição, ampliando as oportunidades de expansão internacional para firmas desta indústria.*

**Palavras-chave:** indústria de gerenciamento de resíduos, Protocolo de Quioto, Expansão internacional, Vantagens competitivas

## 1. Introduction

The Kyoto Protocol is generally recognized for its paramount aim to reduce the global level of greenhouse gas (GHG) emissions and for the global emission market it has created. The market-based approach is a key aspect of the Protocol, and follows recent trends from the environmental policy domain to engage the private sector in the achievement of public goals.

The Kyoto's emission market is pivoted on the splitting of the signatory countries into two groups: developing countries with no emission limits; and developed countries, the so-called Annex I countries with bound targets to reduce their GHG emissions. Within the latter, the national emission-reducing targets are allocated to local entities, business firms mainly, according to the level of GHG emissions their activities generate.

Three flexibility mechanisms put the Kyoto emission market into motion: the Clean Development Mechanism (CDM), the Joint Implementation (JI), and the Emissions Trading (ET). Together these market-based mechanisms allow flexibility to countries and business firms in meeting their reduction targets, based on credits of GHG emission reduction - the Certified Emission Reduction (CER). CERs can be generated by CDM and JI projects hosted by respectively developing and transition economies, and be used to offset an actor's own emission liabilities, or negotiated in the global emissions market. In principle, CDM and JI projects have to involve the deployment of technologies leading to the reduction or avoidance of GHG emissions in the host country. Business firms often based on developed economies own the bulk of such technologies. The possibility of obtaining CERs is assumed the key incentive for these firms to deploy their technologies and expertise in CDM and JI projects.

This paper argues that the motivations of firms with no emission liabilities to participate as technology providers in CDM and JI projects go beyond the revenues they can obtain from selling the emission credits earned from such projects. Instead, their motivations are based on opportunities for exploiting their technologies and expertise, and (further) expanding their business internationally, particularly towards untapped markets located in developing and transition economies. The rationale of this argument is three fold. First, as a rule the core business of such firms is directly associated with the environment, inasmuch as their firm-specific advantages are based on environmentally friendly technologies and expertise. Secondly, given the imperfect nature of the markets in which those firms operate, their emergence and sustainable growth, as well as the generation and diffusion of relevant technologies and expertise are intrinsically associated with government policy intervention. Thirdly, it is reasonable to assume that the combined implication of the two previous aspects is that the expansion of firms in such green markets is geographically bounded.

The objective of the paper is to substantiate this argument by analysing the participation in CDM and JI projects by three business firms from the Dutch waste management industry, more specifically from the segment of solid waste. The selection of Dutch firms from this segment for the case studies was due to two main reasons. First, waste handling and disposal represent an important technological area in terms of CDM and JI: it accounts for 20.9 per cent of all CDM projects registered (UNFCCC), and around nine per cent in terms of JI (UNEP/RISOE, 2008). Second, the development and consolidation of the waste management industry has taken place within developed economies, resulting from the adoption of market-enabling policy instruments as an alternative to the traditional command-and-control policies. The Netherlands is a benchmark case of how government policies have been crucial in creating and enabling the business environment for this sector.

The paper is organised as follows. Section 2 focuses on the role of market-based policy instruments in stimulating the development of firms and technologies in environmentally friendly sectors, and discusses the role of the Kyoto Protocol as market enabler. Section 3 addresses the role of government policies and the development and structure of the waste production chain. Section 4 turns to the Dutch waste management industry and Section 5 present the analyses of the case studies. Section 6 concludes the analysis and suggests issues for further research.

## 2. Market enabling policies, the Kyoto Protocol and firms' expansion

The use of market-based instruments strategically combined with strict environmental regulations and political support have pushed the development of clean technologies and adoption

of practices that minimize or avoid, among others, GHG emissions, even before the introduction of the Kyoto Protocol (Jaffe and Palmers, 1996; Kemp, 2006; Newel, 1997). Since the 1980s, the traditional command-and-control approach to environmental policies has been challenged by the emergence of alternative policy instruments based on market incentives and flexibility, such as producers and polluters charges and tradable emission permits (STAVINS, 1998; VOß, 2007).

The adoption of this market-based approach, mainly by developed economies has led to the appearance and consolidation of business firms specialized in various environmental technologies. Among examples are renewable energy, energy efficiency, soil remediation, waste treatment and so forth. The core business of firms from such green markets is directly associated with the environment, inasmuch as their competitive advantages are based on environmentally friendly technologies and expertise. This is in contrast to the case of firms from pollution-intensive industries, where the adoption of environmentally sound business practices are mainly to comply with environmental regulations, and green competences are not part of firms' core competitive advantages (RUGMAN AND VERBEKE, 1998).

Another important characteristic of green industries is the imperfect nature of their markets. Hence, the emergence and sustainable growth of business firms, as well as the generation and diffusion of relevant technologies and expertise are intrinsically associated with government policy incentives (Jaffe and Palmers, 1996; Newell, 1997). However, the crucial role played by government policies in creating market incentives to propel environmentally based industries, combined with the localised nature of environmental issues may lead to geographical bounds to firms' growth. Hence, the exploitation of firm-specific advantages and market expansion of green firms may be limited to the geographical reach of their government policies, and the characteristics of their original environment.

Regional, international and multilateral policies can help to overcome such local-boundaries to the expansion of firms from green industries. The European Union's environmental policies are emblematic examples on this regard. In this line, it can be argued that the Kyoto Protocol can also be considered as playing the role of market-enabler; opening market opportunity to the expansion of green firms.

### **Kyoto and firms' international expansion**

The Kyoto Protocol aims to mobilize business firms to apply their resources, technologies and expertise for the avoidance and reduction of GHG emissions. For this purpose, it applies market-based instruments at the multilateral level, creating the economic incentives for engaging business firms in the international effort to control GHG emissions.

The direct and active participation of the business sector is crucial for the functioning of the Kyoto Protocol. There are two reasons for that. First, a substantial part of the national emissions targets is of the responsibility of local business companies, which are expected to seek the most cost-effective and credible GHG emission reduction strategies to meet their emissions targets. Second, business firms based in developed countries control the lion's share of the technologies and expertise expected to be transferred to developing and transition economies via CDM and JI projects, respectively.

Business firms with and without emissions reduction targets can participate in CDM and JI projects. Further, this participation can be either direct (for example as project developers, technology providers, equipment suppliers, consultants and environmental auditors) or indirect (for example as emissions buyers, brokers, banks and some other intermediary parties). The majority of studies on the participation of business companies in the Kyoto Protocol's mechanisms are related to the emission market itself. The most studied cases are those of large companies from developed countries with emissions reduction targets, particularly of their strategies for emissions reduction (KOLK AND PINKSE, 2005; HAMILTON AND KENBER, 2006). However, the very fact is that these companies are not always directly involved in the design and implementation of CDM and JI projects, and tend to be mainly buyers of CERs in the emissions trading market, motivated by the need to offset their own emissions liabilities. To the best of our knowledge, there is no comprehensive study dealing with business companies that do not have emission reduction targets to meet and yet have been directly involved in the technical implementation of CDM and JI projects, due to their knowledge and expertise on emissions reducing or avoiding technologies. It seems reasonable to assume that the Protocol, by means of its flexibility mechanisms represents opportunities for firms to exploit their technologies and expertise, and (further) expanding their business internationally, particularly towards untapped markets located in developing and transition economies.

### 3. Government policies and the waste management industry's production chain

The waste management industry offers many examples of successful implementation of market-based policy instruments, specially in Western Europe and of how the state and the business sector can work together to address negative externalities, meeting both public and private interests. Furthermore, the technologies and expertise associated with this industry represent an important area under the Kyoto Protocol. They involve the capture or avoidance of methane, a GHG 21 times stronger than carbon gas generated from the decomposition of organic waste.

Waste, in its nature, does not seem to have much of economic attractiveness. The traditional and most usual way of dealing with waste is to dump it in areas referred to as landfills. However, the disposal of waste in landfills leads to many negative externalities, such as ground water pollution, fire and explosion hazard, odour, soil pollution, and so forth, representing a treat to both the environment and human health. The problems associated with landfills increases with the volume waste. With the rapid economic and population growth, increasing welfare and consumption, the volume of waste is ever growing (COINTREAU, 2007; THE ECONOMIST, 2007).

The 1990s represents a hallmark in government policies on solid waste with the first examples of adoption of market-based instruments, notably in the United States and Western Europe. The use of market-based approaches to address the negative externalities generated by waste, and indeed to reduce the amount of waste at first place, has fostered the development of an entire production chain and its related technologies that can be referred to as the waste management industry. Nowadays, the waste management industry is consolidated in many developed countries, and comprises many technologies and schemes for collecting, sorting, treating, reusing and recycling various materials.

### **Inputs: turning waste into a commodity**

The core input in the waste management industry is waste itself. Thus, the very first step in the waste production chain involves its collection and transportation. A related activity refers to the separation of waste according to its composition, such as organic waste, plastic, glass, metal, paper and so forth. A basic step is the separation of the organic waste at the household level. The sorting of non-organic waste can be either combined with collection or performed as an individual step, depending on the collection scheme adopted. The quality of the inputs, associated with aspects such as the levels of moisture or hazardous waste, depends on how well collection and sorting schemes are designed and implemented. As in any other industry, it will affect all the following stages of the waste treatment and recycling production chain. Government policies at different levels - municipal, national or regional have been crucial in ensuring the availability and quality of waste inputs. Market-based instruments such as pollution charges, pay-as-you-throw schemes, landfill fees and bans have been frequently used in order to make waste disposal in landfill costly, and to ensure the supply of inputs for different segments of the waste management industry.

### **Processing: turning waste commodities into valuable goods**

There is a broad range of alternatives to treat and recycle waste, differentiated according to types of materials. The basic distinction is between organic waste, recyclable waste (for example, glass, metals, paper, and so forth.) and non-recyclable waste. It is largely accepted that biological treatment is by far a much better option to deal with organic waste than the traditional landfilling.

By means of processes such as aerobic decomposition, commonly known as composting, and anaerobic decomposition organic waste can be turned into amendment for agriculture and gardening, avoiding the generation of methane (EENHOORN, 2007). Many countries have banned the disposal of organic waste (among other materials) in landfills, but the fact is that the dumping of waste in landfills is still in practice in most of the countries all over the world. Although, it is important noticing that there are differences in terms of regulations and standards imposed on landfills, and that the operation of landfills has become a sophisticated engineering and managing activity. For instances, techniques to capture and convert into energy the methane generated by landfilled organic material, also known as waste-to-energy, have been developed, and widely diffused among developed economies. In the case of recyclable waste, the processes are as many are the materials composing it. For instances, glass and metals can be re-melted indefinitely, and initiate a new life cycle as raw materials for many industries; paper can be turned into pulp and than used to produce new paper (THE ECONOMIST, 2007). As for the non-recyclable waste, the two main alternatives are landfilling and incineration, with the latter being preferable to landfilling particularly when it involves energy recovery (KEMP, 2006; PARTO et al., 2006). In fact, the incineration of non-recyclable waste, the so-called waste-to-energy, represents an increasingly important source of renewable energy.

### **Outputs: energy and recycled materials**

The output stage of the waste management chain refers to the diverse range of products from the waste treatment and recycling processes. While it is obvious that the output of the recycling of paper, plastic, glass and metal are the same materials; the outputs from the treatment of organic waste and non-recyclable waste diverges from its original composition, including high quality compost, organic fertilisers, biogas, heat and power. The prices of waste outputs serve as an economic viability factor for the entire waste management scheme. It is important that recycled raw materials and products can compete against virgin raw materials and other products (EENHOORN, 2007). On this regard, policy instruments that secure market demand and prices ensuring economic return are crucial for the success of the entire waste management industry. Examples of such supportive instruments are the guaranteed procurement of electricity generated from landfill and incinerators and the reduction of the market price of recycled materials via tax exemption.

### **The waste players**

The large variety of ways to processing and treating solid household waste implies the existence of different players. Hopstaken (2007) identify three main groups of waste firms, according to their business concepts: multi-utility firms that encompass activities from sectors as diverse as waste, energy, transport and water; vertically integrated firms that cover different stages of

the waste production chain, from collection, recycling and treatment; and niche player firms focussed on technology, concept, region or segment. This group includes, for example, firms specialised in the recycling of specific materials such as plastics, paper and metals. Producers of equipment and machines, such as sorting machines can also be included in this group. In terms of capital, the composition between public and privately owned firms varies from country to country, and according to the stages of the waste production chain..

### **Waste management industry: a national or international business?**

The characteristics of the waste management industry differ from country to country, and even among regions or municipalities within the same countries. The policy approach adopted at different government levels is crucial in defining the contours and dynamics of this market. Together with the local nature of waste generation, the central role of government policies implies that the advantages of waste firms tend to be locally bounded. In other words, in the absence of enabling conditions somewhere else, waste firms tend to have their expansion limited to their local markets.

One of the international aspects of this industry is the movement and trade of waste material across borders. There have been some examples of developed countries, or municipalities within these countries, exporting recyclable waste materials to recycling firms overseas, or simply for landfill dumping. Nowadays, China is the largest market for recyclable raw materials (THE ECONOMIST, 2007). From the perspective of local waste firms, the export of inputs, that is waste, may not be positive to their business. The movement of waste for landfill dumping in foreign countries, or in different provinces within the same countries, is also a common practice that involves many controversial issues (PARTO et al., 2006). This practice has been restricted as many countries and provinces in both the United States and Europe introduce landfill bans.

In terms of firms' international expansion, a process of increasing internationalisation of the waste management industry has been observed over the last decennia or so (HOPSTAKEN, 2007; SENTERNOVEM, 2006). Regional or international regulations and standards, such as those defined by the NAFTA or the European Union represent an important driving force of this process. For example, the requirements for the Eastern Europe countries to meet the EU standards regarding local waste management practices have opened opportunities for waste firms from Western Europe to operate and provide services in this region, enlarging the geographical scope of their market.

In fact, the internationalisation of the waste management industry would be better regarded as "regionalisation", as it has been mainly observed within regions, the European Union in particular. Europe is still the stronghold of the largest European waste firms, with consolidated position

in Western Europe and increasing participation in East Europe. This process is associated with a strong concentration observed in this industry (HALL, 2007). A few number of large waste management firms account for a great share of the European waste market. The two largest European waste firms are the French multi-utility Veolia/Onyx and SUEZ/SITA (HALL, 2007; HOPSTAKEN, 2007). These two France based firms retain a significant leading position ahead of their counterparts, and are about twice the size of the third and fourth largest European waste firms, respectively German Remondis/Retherman and the Spanish FCC (HALL, 2007; HOPSTAKEN, 2007). These two firms, by their turn, are two or three times larger than the following group of firms composed by Biffa (UK), Urbaser and Cespa/Ferrovial (Spain), and Alba (German), and the recently merged AVR/van Gansewinkel<sup>1</sup>, originally Dutch firms they are currently owned by the private equity funds KKR (US) and CVC (Europe) (HALL, 2007; HOPSTAKEN, 2007). It is worth noticing that all the big players in the European waste industry are based in Europe, with non-participation of non-European firms, with the only exception to the KKR private equity fund. Waste firms from the United States, for instance, have concentrated their activities within their home country, a movement explained by the huge size of the North American waste market. By 2001, the two largest US waste firms, Allied Waste and Waste Management Inc. had withdrawn from Europe and from the rest of the world (DAVIES, 2001).

It is intuitive that the limits for the expansion of waste firms are closely related to the access to sources of waste, the industry raw material. The generation of waste can be affected by efforts to avoid it at the first place, but the primary factor affecting the availability of waste inputs is the size of the population. Hence, the access to the untapped potential market in developing and transition economies is recognized as an opportunity for waste firms, specially for the small and medium ones, to exploit their technological expertise and to growth. Indeed, the case of technologies associated with the capture of and energy recovery from landfill is emblematic. In countries where complete landfill ban is already in place, as in the Netherlands, firm's advantages in landfill gas tend to loose value in a not so far future.

## 4. The waste management industry in the Netherlands

The Dutch waste management industry is one of the most advanced in the world. Recycling, reuse and incineration cover around 97 per cent of the total 60 million tonnes of municipal waste generated in the Netherlands (GERLAGH, 2007). Only three per cent of the household waste generated in the country goes to landfills, while 84 per cent is recovered and 13 per cent incinerated (BARTELING ET AL., 2005; GERLAGH, 2007; HOPSTAKEN, 2007). The number of

---

<sup>1</sup> AVR, the largest waste firm in the Netherlands was acquired by KKR/CVC in January 2006 from the Municipality of Rotterdam; while van Gansewinkel, the third in the Dutch market in 2006 and originally privately owned, was bought in January 2007 (Hall, 2007).

operating landfill sites in the Netherlands fell from 1000 in 1976; to 39 in 2004 and to 22 in 2007 (GERLAGH, 2007). These figures are followed by reduction of related negative externalities. For instance, the emissions of methane from landfills decreased by 18 per cent during the 1990s (Environmental Expert, 1998; SENTERNOVEM, 2006). Concomitantly to the decrease of landfilling, the capacity for incineration with energy recovery, that is waste-to-energy, has been increasing in the Netherlands (GERLAGH, 2007).

The Dutch waste market is estimated in around EUR 5.35 billion when considering the total turnover from the inputs, treatment, recycling and outputs stages (BARTELING et al., 2005; HOPSTAKEN, 2007). In line with trends in the European waste market, there has been a movement towards concentration, vertical integration and increasing of firms' size (DAVIES, 2001; GERLAGH, 2007; HALL, 2007; HOPSTAKEN, 2007; VAN BEZOOIJEN, 2007; PARTO ET AL., 2006; SENTERNOVEM, 2006). The top five waste firms operating in the Netherlands – the AVR/VG, the French SUEZ/SITA, the Dutch public multi-utility Essent, and the UK-headquartered Shanks, account for 40 per cent of the Dutch waste management market (HOPSTAKEN, 2007; VAN BEZOOIJEN, 2007).

The implementation of the waste management in the Netherlands is supported by institutional and organizational arrangements, and involves public and private parties (EENHOORN, 2007). Government's main task is to design, implement and enforce adequate anti-dumping regulation. For example, a landfill ban for different materials is combined with a high landfill tax of EUR 115 per ton, the highest in the European Union (SETERNOVEM, 2006). The municipal governments are responsible for ensuring a proper waste collection, either by contracting private companies to collect and transport the waste to treatment plants or by establishing their own companies. Moreover, incentive schemes encouraging sorting activities at household level have been widely and successfully applied. The multi-stream collection schemes adopted in the Netherlands have achieved very high waste separation results at the household level.

The participation of private business firms in the treatment and recycling of waste is very significant in the Netherlands. According to the Vereniging Afvalbedrijven, the association of Dutch waste management companies, over 40 companies located in different regions are involved in the various waste processing activities as well as a large number of small firms are involved in niche activities such as disassembling cars, electronics and other equipments. According to Hopstaken (2007), the top 6 to 15 waste firms account for 15 per cent of the Dutch market<sup>2</sup>, while the top 16 to 25 waste firms account for another six per cent, and the remaining smaller waste firms contributed to 40 per cent of the market revenues.

---

2 Within this group is VAR, which is one of the firms analysed in this paper.

On the output side, a market for recycled products has been quickly maturing in the country. For few types of waste recycling products, the market demand has been created through direct public involvement. An example of state-induced-demand comes from the construction and demolition waste. By requiring public biddings for road constructions to use mainly recycled construction and demolition waste instead of virgin materials from riverbeds or quarries, a large and steady market was created. Nowadays close to 100 per cent of waste from construction-and-demolition is recycled in the Netherlands (EENHOORN, 2007).

In sum, the well functioning of the waste management industry in the Netherlands is the result of a proper addressing of the input, processing and output stages, and a clear definition of responsibilities of the public and private parties. The government ensures availability and quality of the input through institutionalization of waste collection and separation, and creates market for recycled products. In other words, government intervention creates an enabling business environment, allowing business firms to overcome market failures and to grow in a sustainable way. This synergy of state policy and business interests has created a favourable soil for the Dutch waste management and recycling companies to develop resources and expertise defining their firm-specific advantages.

## 5. Expansion of Dutch waste firms under the Kyoto

This section analyses the participation of three firms from the Dutch waste management industry as providers of technologies and expertise in CDM and/or JI projects. The analysis focuses on motivations, form of participation and future strategies in relation to CDM and JI projects. The cases are analysed against the conceptual framework of market enabling governmental policies and international expansion of firms possessing unique resources and capabilities.

The selection of the firms for this study was based on the CDM documentation available at the website of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Initially, five Dutch companies involved in waste management projects were identified, Biogas Technology Group; Arcadis; Van der Wiel/Ecair, VAR/WWR and Grontmij. The three latter agreed to participate in this study<sup>3</sup>. The analysis is based on in-depth interviews with these firms carried out in September and October 2007. It has also benefited from an interview with a representative of the SenterNovem, an agency of the Dutch Ministry of Economic Affairs that promotes the environmental and innovation policies. Moreover, given this is an under researched area, anecdotal

---

<sup>3</sup> The selection was made in July 2007. Information on participants in JI projects is not available in the UNFCCC website.

total evidences have been also considered, as well as additional and updated information from the firms' websites.

### **Van der Wiel Holding BV - VdW/Ecair**

Van der Wiel Holding BV is a medium-sized privately owned firm, with 320 employees and a turnover of around EUR 85 million. It has been working for half a century in the areas of transport, infrastructure and environment. Landfill gas recovery and methane capture is one of its areas of expertise. VdW directly implement or provide consultancy for projects of biogas, landfill gas and CO<sub>2</sub> reduction.

VdW's international activities have been significantly enlarged by the Kyoto Protocol's mechanisms. Previously to CDM and JI, VdW was involved in three projects outside the Netherlands, in Poland, Belgium and Iran. CDM and JI projects are considered by the VdW as important channels for the further exploitation of its core advantages on landfill methane capture and energy conversion (waste-to-energy). VdW participation in CDM and JI is through its subsidiary Ecair. In terms of JI, Ecair has one project in Romania (2005), two projects in Poland and eight projects in Slovakia. As for CDM, VdW/Ecair has three projects in Brazil, one in Argentina and two in Malaysia.

The first largest CDM by VdW/Ecair is the Bandeirantes landfill project in Brazil, which has generated over 8 million tonnes worth of CERs. The pattern followed by VdW/Ecair suggests that once it enters a certain country or a region with CDM or JI project, it starts to consolidate its local presence by looking vigorously for further possibilities for new projects in the same country or the region. Further strategic plans defined by VdW/Ecair, includes targeting at least 14 new countries, in addition to those where the company has already projects, among them, Mexico, Chile, China, Thailand, Vietnam, Indonesia, the Baltic states, Czech Republic, Hungary and Bulgaria.

### **Veluwe Afval Recycling BV - VAR/WWR**

VAR BV is an integrated waste firm, with expertise in landfill management, recycling of construction and demolition waste, sorting activities and composting. It employs 148 people and has an annual turnover of around EUR 50 million (VAR, 2006).

In order to expand its activities towards developing economies, VAR established the World Wide Recycling BV in 2004. WWR's mission is to implement and operate VAR's technologies in countries around the world, by adapting it to meet specific local circumstances. Along with landfill projects, the World Wide Recycling has taken a very active part in composting projects and in fact became a pioneer in developing and getting approval for organic composting-related

methodology for calculating emission credits<sup>4</sup>. Moreover, WWR is supporting the World Bank with registering composting projects under CDM in the Middle East and Asia. It is worth mentioning that previously to CDM and JI, VAR's international activities were based on composting projects in Ireland, Belgium, France and Russia.

VAR/WWR's first two CDM projects are under implementation in Bangladesh, and represent an important experience to VAR/WWR. First, Bangladesh is one of the least developed economies in the world and normally not very attractive for CDM projects. Second, the effective functioning of the projects has been ensured by a partnership with the Bangladeshi NGO Waste Concern and extensive efforts on the promotion of collaboration with local municipalities.

VAR/WWR is designing three JI projects in Eastern Europe and few CDM projects in Asia and Latin America, particularly in Brazil, where it opened a subsidiary company.

## Grontmij

Grontmij is a multinational firm headquartered in the Netherlands, with units in five other European countries: Belgium, Denmark, United Kingdom, Sweden and Ireland. It employs 6337 people and has a net revenue of around EUR 390 million (GRONTMIJ, 2006). Ninety per cent of its revenue is from the Western Europe, 70 per cent being from the Netherlands alone. Grontmij is a consultancy and engineering firm in the areas of building, transportation, environment, energy, water, and other industries. Waste management is one of the areas composing its environment division. Its expertise on this area is related mainly to waste water purification and soil remediation, with few activities related to solid waste.

Grontmij has a broad international experience, and has been working for around 15 years in many European countries, such as Hungary, Poland, Czech Republic, Romania, Bulgaria, Croatia and in Turkey. Furthermore, it is one of the few companies with very early experience with GHG emission cutting projects. In 1994-1997 under the so called Activities Implemented Jointly, which was a pilot program for CDM and JI schemes, Grontmij successfully implemented two projects on landfill gas capture in Russia.

Nevertheless, Grontmij has not been directly involved in CDM and JI projects currently. It had two CDM projects but withdrew from further participation before the technical implementation stage started. This decision was due to potential risks in terms of profit performance related to changes in the regulations in the host countries. Yet, Grontmij has been indirectly involved in CDM and JI by providing technical consultancy services on technologies related to biogas, biomass, energy ef-

---

4 See "Avoided emissions from organic waste through alternative waste treatment processes - AM0025", Available at: <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/approved.html>. Giving its experience, WWR is providing consulting for the World Bank on methodological issues of CDM projects in waste management.

iciency, wind, waste to energy, digestion and combined heat and power production and distribution. Moreover, it offers services to project owners and investors in carbon resources, for instance in terms of the approval and registration of projects by international and national authorities.

Grontmij acknowledges that there is business opportunities related to CDM and JI projects, but it does not consider them a priority area at this moment. Grontmij has based its expansion on its diversified portfolio and already consolidated international experience.

### **Functions, parties and business model**

Ecair and WWR participate in all stages of projects cycle, starting from feasibility assessment and basic design to final installation, starting-up of the facilities and monitoring. Moreover, both companies ensured initial financial investments. In all their projects, other companies have been involved either as equal partners or on a short-contract basis. Local counterparts are important elements for the success of the projects. In general, the day-to-day operation of the facilities after the installation is due to be done by local partners trained by Ecair and WWR. Furthermore, the establishment of dialog with local municipal agencies in order to ensure their legal (and if possible technical) support has been important in all projects analysed.

In fact, the participation of local governments is crucial for the long-term sustainability and escalation of the projects, and for the development of the entire waste management cycle, for example waste collection and input, management of the landfill sites, and so forth. The waste sector in developing countries tends to lack regulatory incentive and legal enforcement mechanisms in all stages of the waste production chain.

The case of waste-to-energy is illustrative. Often, the methane captured in CDM and JI landfill projects is simply flared without energy recovery. In general, national power grid prevailing in developing countries does not favour the market for small-scale energy producers. The barriers can be related to both technical and economic aspects. Power distributors in many developing countries, usually state-owned or monopoly companies, often have no procedures to connect small-scale power units and purchase their electricity. Furthermore, the low purchasing prices do not cover the cost of small-scale electricity production. There are some exceptions, where local factors can play a positive role to the viability of the projects. For instance, in the case of WWR's composting projects in Bangladesh, the revenues from compost are important. Comparing to the Netherlands, compost has a higher demand and price in the Bangladeshi market. Nevertheless, the feasibility of the business models adopted in these pioneering CDM and JI projects is ensured by the Kyoto's emission credits mainly.

Notwithstanding that, both VdW/Ecair and VAR/WWR are very keen to expand their CDM and JI businesses. All the three companies interviewed anticipate are rather optimistic about the perspectives related to post Kyoto time, after 2012.

## 6. Concluding remarks

This paper took the challenge to shed light on an under researched issue, to wit, the participation of firms without GHG emission liabilities as technology providers in CDM and JI projects, the flexibility mechanisms of the Kyoto Protocol. It argues that the motivation for those firms to engaging in CDM and JI projects is based on market *stimuli* beyond those related to the emission market itself. Their motivations are largely associated with search for new markets where their technological resources and expertise can be exploited.

The cases studied in this paper suggest that the Kyoto's mechanisms compensate to some extent the weakness of underdeveloped waste management sector in developing and transition economies. By ensuring revenues from emission credits, CDM and JI reduce market imperfections associated with the waste industry, and hence the feasibility of the investments. As a result, the Kyoto Protocol stimulates investments and plays a similar role as the one played by government policy in the developed countries.

The multilaterally ensured market created by the Kyoto Protocol has represented an important factor for the international expansion of small and medium business firms from the Dutch waste management industry. By engaging in CDM and JI project these firms are able to access new source of inputs, exploit their technological expertise, establish their brand names in the host countries and identify local partners, paving their way to future international ventures, related or not to the Kyoto Protocol. In other words, CDM and JI projects may have a multiplying effect and serve as reasonable way for business companies from the waste management industry to enter and to try new markets in developing and transition economies. This can be considered as an indication that the motivations of firms with no emission liabilities to provider technology and expertise for CDM and JI projects are strongly associated with the possibility to entering untapped potential markets, with the emissions revenues being a feasibility factor.

As usual, some caveats should be mentioned. First, a broader study encompassing waste management firms from other countries would help to make a stronger case for the argument put forward in this paper. Second, the extension of this analysis to other green industries would be insightful. Latter but not least, the Kyoto Protocol is still a new institution, inasmuch as not many CDM and JI projects have been concluded so far. Studies covering a longer time spam, including for instance scenarios for the pos-Kyoto activities of green firms in the emerging economies would be welcoming.

## References

- BARTELING, H.; VAN BEUKERING, P.; KUIK, O.; LINDERHOF, V.; OOSTERHUIS, F. **Effectiveness of landfill taxation**. The Netherlands: Institute for Environmental Studies, IVM, 2005.
- COINTREAU, S. The growing complexities and challenges of solid waste management in developing countries. In: ISWA-NVRD World Congress, Amsterdam, 2007. The World Bank, **paper presented**. 2007. Disponível em: <[www.nvrd.nl/nvrd/proceedings/proceedings.asp](http://www.nvrd.nl/nvrd/proceedings/proceedings.asp)>
- DAVIES, S. **Mergers and acquisitions in the European waste management industry 2000-2001', report for the waste meeting of trade union representatives of the European Federation of Public Service Unions (EPSU)**. Disponível em: <[www.epsu.org](http://www.epsu.org)>. Acesso em: Feb. 2001.
- ECAIR. Disponível em: <[www.ecair.nl](http://www.ecair.nl)>
- EENHOORN, G.J. World Wide Recycling: a waste recycling business model that works in emerging markets. In: ISWA-NVRD World Congress, Amsterdam, 2007. The World Bank, **paper presented**. 2007. Disponível em: <[www.nvrd.nl/nvrd/proceedings/proceedings.asp](http://www.nvrd.nl/nvrd/proceedings/proceedings.asp)>
- ENVIRONMENTAL EXPERT **Waste in the Netherlands**. The Netherlands: Ministry of Housing, Spatial Planning, and the Environment, 1998. Disponível em: <[www.environmental-expert.com](http://www.environmental-expert.com)>
- GERLAGH, T. More energy from waste, the Dutch way, SenterNovem, In: ISWA-NVRD World Congress, Amsterdam, 2007. The World Bank, **paper presented**. 2007. Disponível em: <[www.nvrd.nl/nvrd/proceedings/proceedings.asp](http://www.nvrd.nl/nvrd/proceedings/proceedings.asp)>
- GRONTMIJ. Disponível em: <[www.grontmij.com](http://www.grontmij.com)>
- GRONTMIJ. **Key Figures 2006**. Disponível em: <[www.grontmij.com](http://www.grontmij.com)>. Acesso em: 25 Mar. 2006.
- HALL, D. **Waste management companies in Europe 2007**. European Federation of Public Service Unions (EPSU): 2007. Disponível em: <[www.epsu.org](http://www.epsu.org)>
- HAMILTON, K.; KENBER, M. Business views on international climate and energy policy. London: UKBCSE & The Climate Group. 2006. Disponível em: <[www.bcse.org.uk](http://www.bcse.org.uk)>
- HOPSTAKEN, F. Dutch and European waste market review, background and innovation, FFact Management Consultancy In: ISWA-NVRD World Congress, Amsterdam, 2007. The World Bank, **paper presented**. 2007. Disponível em: <[www.nvrd.nl/nvrd/proceedings/proceedings.asp](http://www.nvrd.nl/nvrd/proceedings/proceedings.asp)>
- JAFFE, A.B.; PALMERS, K. Environmental regulation and innovation: a panel data study', **NBER Working Paper** n. 5545, 2006.
- KEMP, R. An example of a managed transition: the transformation of the waste management subsystem in the Netherlands – 1960-2000'. In: LEHMANN-WAFFENSCHMIDT (Ed.), **Innovations towards sustainability: conditions and consequences**. Physica-Verlag, 2006.

- KOLK, A.; PINKSE, J. Business responses to climate change: identifying emergent strategies. **California Management Review**, v. 47, n. 3, p. 6-20, 2005.
- NEWELL, R.G. **Environmental policy and technological change: the effects of economic incentives and direct regulation on energy-saving innovation**. 1997. (Ph.D.) Thesis- Harvard University, Cambridge, MA. 1997.
- PARTO, S.; LOORBACH, D.; LANSINK, A.; KEMP, R. Transitions and institutional change: the case of the Dutch waste subsystem. In: PARTO, S.; HERBERT-COPLEY (eds.), **Industrial innovation and environmental regulation: developing workable solutions**. UNU-Press: 2006.
- RUGMAN, A.M.; VERBEKE, A. Corporate strategies and environmental regulations: an organizing framework. **Strategic Management Journal**, n.19, p. 363-375, 1998.
- SENTERNOVEM. **The Dutch waste profile: 1990-2005**. Waste Management Authority, 2006. Disponível em: <[www.senternovem.nl](http://www.senternovem.nl)>
- STAVINS, R.N. Market-based environmental policies. **Resources for the Future Discussion Paper** n. 98, p.26, 1998.
- THE ECONOMIST The truth about recycling. **The Economist** (print edition), Jun 7<sup>th</sup>, 2007. Disponível em: <[http://www.economist.com/science/tq/displaystory.cfm?story\\_id=9249262](http://www.economist.com/science/tq/displaystory.cfm?story_id=9249262)>
- UNEP/RISOE **Jl projects**. Disponível em: <<http://cdmpipeline.org/ji-projects.htm#2>>. Acesso em: 25 Mar. 2008.
- UNFCCC. Disponível em: <<http://unfccc.int/2860.php>>
- VAN BEZOOIJEN, G. A short introduction to policy, approach and practice of waste management in the Netherlands. In: ISWA-NVRD World Congress, Amsterdam, 2007. The World Bank, **paper presented**. 2007. Disponível em: <[www.nvrd.nl/nvrd/proceedings/proceedings.asp](http://www.nvrd.nl/nvrd/proceedings/proceedings.asp)>.
- VAR. Disponível em: <[www.var.nl](http://www.var.nl)>
- VAR. **Jaarverslag – Annual Report**. Disponível em: <[www.var.nl](http://www.var.nl)>. Acesso em: 25 Mar. 2006.
- VDW. Disponível em: <[www.vanderwiel.nl](http://www.vanderwiel.nl)>
- VERENIGING AFVALBEDRIJVEN. Disponível em: <[www.verenigingafvalbedrijven.nl](http://www.verenigingafvalbedrijven.nl)>
- VOß, J.P. Innovation processes in governance: the development of emissions trading as a new policy instrument. **Science and Public Policy**. v. 34, n. 5, p. 329-343, 2007.



# Facts and debates on the future of the Amazon forest

Hector Maletta<sup>1</sup>

## Abstract

The future of the Amazon rainforest is a matter of much concern worldwide. It has been predicted that increasing deforestation and the impact of climate change would rapidly and dramatically reduce the extent of the forest area and its density. Some authors have suggested the possibility of a catastrophic savannisation or die-back of the forest in a relatively short time due to global warming and deforestation combined. This die-back in turn would itself contribute to an acceleration of global warming. The Amazon is also involved in debates about energy, including concerns that deforestation adds to CO<sub>2</sub> emissions and that expanding biofuel crops and oil-gas exploration and extraction further threaten the forest. This paper, which essentially follows the climate projections of the latest (2007) report from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) as well as other available data and scientific results on the prospects of global and regional climate, examines the evidence about deforestation trends and about the expected impact of climate change over the

## Resumo

*O futuro da floresta amazônica é uma grande preocupação mundial. Prevê-se que o desmatamento crescente e o impacto das alterações climáticas, de forma rápida, reduzirá drasticamente a extensão da área florestal e a sua densidade. Alguns autores têm sugerido a possibilidade de uma "savanização" catastrófica or "morte gradual" (die-back) da floresta, em um tempo relativamente curto, devido ao aquecimento global e desmatamento "combinado". Esta "morte gradual" (die-back), por sua vez, contribuiria para a aceleração do aquecimento global. A Amazônia também está envolvida em debates sobre energia, incluindo as preocupações de que o desmatamento contribui para as emissões de CO<sub>2</sub>, e que a expansão da produção de biocombustíveis e exploração de gás de petróleo e extração, podem ameaçar ainda mais a floresta. Este trabalho, que decorre essencialmente das projeções climáticas do último relatório (2007) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), bem como outros dados e resultados científicos sobre as perspectivas do clima global e regional, examina as evidências sobre as tendências do desmatamento e so-*

<sup>1</sup> Economista e sociólogo. É professor da Universidad de La Salvador (Buenos Aires, Argentina). Email: hector.maletta@usal.edu.ar, hmaletta@gmail.com.

Amazon. It concludes that deforestation rates are much lower than previously thought and rapidly decreasing; that deforestation is largely concentrated along the basin's borders outside the vast rainforest core; and that, even in the absence of the observed declining trends in deforestation, catastrophic forecasts of rapid Amazon 'die-back' also lack scientific basis, especially when predicted to occur in a few decades or within this century.

*bre o impacto esperado da mudança climática sobre a Amazônia. Conclui-se que as taxas de desmatamento são muito menores do que se pensava com uma diminuição rápida, que o desmatamento está concentrado, principalmente ao longo das fronteiras da bacia fora do núcleo da vasta floresta tropical e que, mesmo na ausência das tendências observadas em declínio no desmatamento, previsões catastróficas da Amazônia, como uma rápida "morte gradual" (die-back), também não têm base científica, especialmente quando a previsão é para ocorrer em algumas décadas ou dentro deste século.*

---

## 1. Introduction

There is widespread worry worldwide about the future of the Amazon rainforest, the largest forested area in the world. Alarming predictions of rapid shrinking of the forest through deforestation and climate change, as well as hypotheses that a "tipping point" may soon be reached causing the irreversible degradation of the entire forest into a savanna, have caused much concern. This paper examines the empirical evidence and theoretical approaches that may or may not justify those fears.

The Amazon basin requires special attention because of its relevance for greenhouse gases emissions and global carbon cycle that might be fundamental for global climate change. Certain forms of deforestation release carbon to the atmosphere, principally as CO<sub>2</sub>, as the organic carbon stored in trees and soil is oxidized through burning and decay.<sup>1</sup> Other greenhouse gases, such as CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O, are also emitted as a result of deforestation. Emissions of greenhouse gases from worldwide deforestation in the 1990s and early 2000s amounted to about 25% of the enhanced greenhouse effect estimated to result from all anthropogenic emissions of such gases. If the 1990s and early 2000s trends continue, it has been estimated that tropical deforestation may ultimately release about 50% as much carbon to the atmosphere as has been emitted from worldwide combustion of fossil fuels since the start of the industrial revolution (Houghton,

---

<sup>1</sup> Logging does not release much carbon (except for leftover parts of the trees, like twigs, and possibly from the soil) as the wood is simply withdrawn from the forest and not allowed to decay there: the carbon stored in timber remains stored elsewhere in wood products. Logging with replanting actually sinks carbon in net terms. Slash and burn practices and the use of wood for fuel (in the form of firewood or charcoal) are the most common forms of carbon emission from deforestation. In a forest in equilibrium with a stable biomass, carbon emitted (and oxygen absorbed) by decaying vegetation (including natural forest fires) is balanced by carbon sunk (and oxygen emitted) by growing trees and plants, and thus a stable forest does not release (on average and in net terms) neither oxygen nor carbon.

2005). Besides, deforestation may contribute to more drastic changes in the climate of the Latin American region and elsewhere, affecting agricultural production and many vulnerable groups within the Amazon basin and without. Degradation and reduction of the Amazon forest is therefore of paramount importance, and the question of its extent and speed has produced studies since several decades ago (e.g. FEARNSIDE 1982)

There are also some studies that, based on hypotheses about increasing dryness of the Amazon climate, predict dramatic and abrupt changes in the Amazon rainforest, including its rapid “savannisation” or conversion to savanna, with probably large consequences for regional and world climate. This paper aims at examining the scientific basis of both sources of fear about the future of the Amazon: rapid deforestation and the expected impact of climate change.

## 2. Deforestation trends

According to FAO (2001), the highest amounts of (gross) deforestation (in million ha/yr during the 1990s) occurred in Brazil (2.3), India (1.9), Indonesia (1.7), Sudan (1.0), Zambia (0.85), Mexico (0.65), Myanmar (0.58) and the Democratic Republic of Congo (0.54). These **gross** rates are higher than the reported **net changes in forest area** (also FAO, 2001) because **net change** includes losses of natural forests but also increases in **plantations** and secondary forest **regrowth**. Absolute numbers, of course, are not very useful unless the absolute size of forests is taken into account. Percentage rates of change are more revealing. Relative annual net change rates estimated by FAO in the 1990s were lower in tropical Latin America (−0.46%) and higher in tropical Asia (−0.78%), despite large increases in Asian plantations.

However, these figures are quite disputed and rapidly improving in quality. FAO's historical series of forestry statistics have been questioned, especially as regards the 1960s and 1970s, but also for more recent periods. National statistics of dubious reliability and expert estimates (widely used by FAO for lack of better sources) are being replaced by hard data. Ground based intensive monitoring is much better nowadays, and is being rapidly complemented by satellite information. Image resolution is also improving. Forest cover estimates for 1990 and 1997 from the European-funded, satellite-based TREES project (ACHARD *et al* 2002a, 2002b) are (in global terms) quite close to the FAO **forest area** estimates, with a 1.9% relative difference at the global level, but with more significant regional differences: +3% for Latin America, −9% for Africa and −6% for Southeast Asia (Table 4 in ACHARD *et al* 2002a: 1002). The resulting **rates of deforestation** are also lower.

Reliance by FAO on secondary information, expert opinion and old country statistics may explain these differences. As “in many countries, primary information on forest area was not avail-

able or not reliable”, FAO “had to rely on secondary information and/or expert estimates”. Furthermore “a high proportion of developing countries had to rely on expert opinion for the latest area estimates” (FAO 2001). This may affect comparability. Local deforestation rates coming from field experts and surveys (FAO 1995, 2001) are often higher than estimates based on remote sensing.<sup>2</sup> Often field reports are lower than FAO estimates, which might be extrapolations of previous tendencies. For instance, field communications from Bolivia and Zimbabwe reported rates of deforestation six times lower than FAO’s estimates (HOUGHTON & RAMAKRISHNA, 1999).

It is possible to reduce uncertainty about deforestation rates with the use of higher spatial resolution satellite data, and denser sampling. However, two estimates of deforested areas in the Brazilian Amazon, both based on Landsat data, differed by 25% (HOUGHTON *et al* 2001). The reasons for the difference have not been fully resolved, but seem to be related to differences in the sample of scenes used by each study. Estimates based on remotely sensed data are sensitive to their ability to capture the spatial variability of deforestation, calling for denser sampling and finer resolution (including better imagery, better groundtruthing, and improved ground monitoring). Samples generally consist of entire Landsat scenes, and the variability among scenes may be so high as to require >80% coverage of a region for an accurate estimate of deforestation (TUCKER & TOWNSHEND, 2000). In contrast, the sampling ratio used by Achard *et al* (2002a, 2002b, 2004) was only 6.5%, after stratification based on regional expert opinion; and that used by Hansen *et al* 2008 was just 0.21%. In both cases special techniques and sampling designs were used to compensate for the smaller size of the sampled area, but the overall effect may have been a large sampling error. It is also possible, especially in densely populated regions, that the size of clearings is often too small for a change in tree cover to be recognized in satellite images.

Furthermore, supra-national aggregation of national statistics has proved to be extremely difficult, due to incompatible definitions and inventory methods, often completely outdated (WATSON *et al* 2000). As more accurate data from remote sources are increasingly used, estimates and projections of deforestation have tended to decline. In the 1970s and 1980s there were projections of future deforestation rates above 2% per year, which were later shown to be wildly exaggerated.<sup>3</sup> When Brazil started satellite monitoring in 1988 the first estimates of Amazon forest change were in the range of 1.0-1.5% per year, but were later further corrected: FAO 1997 estimated the rate for the 1980s at 0.80% and at 0.70% for the 1990s (pp. 12 and 18); more careful and precise satellite observations (FAO 2001) decreased it to 0.46% for the 1990s (and the worldwide

---

2 This is not always the case: Hansen & DeFries 2004 used satellite data and reported rates higher than those reported by FAO 2001 in 5 out of 6 countries. However, this case is rather the exception: the general tendency is for field observations and estimates to be higher than those from satellites. Besides, reported rates have been declining as methods improve.

3 See for instance an “optimistic” estimate of 2.3% per year (at p.131) and a more pessimistic estimate of 4.8% percent per year (p.331) of deforestation in tropical forests, in Barney 1980, an official report to the President of the US. After thirty years, these estimates would have reduced tropical forests by 50.3% and 77.2% respectively.

rate for tropical forest was decreased to 0.55% per year for the same period).<sup>4</sup> Deforestation rates for the same decade, produced through the European Commission TREES project, were one quarter lower than FAO's rates worldwide, estimating an average rate of change in forest area of 0.43% at world level, and 0.33% for Latin American tropical forests. The balance of these various sources points to:

- A tendency to overstate deforestation in most estimates not based on satellite information, or using coarser image resolutions.
- A historical tendency towards decreasing estimates of deforestation rates for a given target period, as methods become more precise.
- A historical trend towards lower reported rates of net forest area change (even for the same period), due to increasing importance of (and attention lent to) plantations and regrowth.

The TREES study on deforestation, carbon emissions and identification of hotspot areas carried out by the European Commission Joint Research Centre (ACHARD *et al* 2002a, 2002b), uses tropical forests mapping at a resolution of 30x30m (or 20x20m at some sites) to estimate forest area in 1990 and 1997 and deforestation rates between those two years. The study sampled 6.5% of the total forest area, oversampling the areas in the hotspots estimated to undergo faster deforestation, and produced area-weighted estimates of forest area and its rate of change between 1990 and 1997. The area sampled was relatively small but the sampling model greatly reduced sampling error through stratification and varying sampling ratios depending on (reported) intensity of deforestation activity. However, as will be showed shortly, not all reported hotspots exhibited high deforestation rates.

In the case of Latin America the TREES study estimated that the annual decrease in primary forest cover area from 1991 to 1997 was  $2.5 \pm 1.4$  million Ha, falling from  $669 \pm 57$  to  $653 \pm 56$  million Ha (the error margins are 95% confidence intervals, and do not bias the estimate because they are similar at both ends of the period of analysis). This implies an annual **gross deforestation rate** of 0.38% relative to the 1990 forest area, or about 0.2% if calculated on the original size of the forest. Annual regrowth (reconversion to forest) was +0.04%. Tree plantation was not studied. Consequently, the resulting **net forest area change rate** for Latin America in the 1990s was estimated at -0.33%, or  $2.2 \pm 1.2$  million Ha per year, relative to 1990. This includes not only the Amazon basin but the whole of the study area in tropical Latin America, two thirds of which corresponds to the Amazon. For the Brazilian and Guyanas Amazon subregion the estimate net change is 1.32 million Ha per year in 1991-97, representing a net annual change rate of -0.31%, relative to a 1990 forest area estimated at 420 million Ha (ACHARD

4 The FAO's *State of the World's Forests 2009* (FAO 2009:113, Table 1) estimates an annual change of -0.51% for Latin America and the Caribbean in 2000-2005, probably reflecting the temporary rise in Brazilian figures that peaked in 2004. Rates have decreased after 2005 (as reported by the Brazilian Inpe reports), but are not yet reflected in FAO's published statistics.

*et al* 2002a:1001)<sup>5</sup> For the rest of the study area in tropical Latin America, including the non-Brazilian Amazon areas (Bolivia, Peru, Ecuador, Colombia) and Central America, the implied 1990 forest area was 249 million Ha and the annual decrease about 0.88 million Ha, at an annual net change rate of  $-0.35\%$ . Besides changes in the extent of forests, the annually **degraded forest area** was estimated at  $0.83 \pm 0.67$  million Ha/yr, or  $0.13\%$  of the 1990 forest area (ACHARD *et al* 2002a: 999).<sup>6</sup>

The main qualitative conclusion of the Achard study is that deforestation in Latin America is confined to several 'hotspots' where remaining forests are increasingly fragmented or are already heavily logged and burnt. The 'hotspots', however, were found to be not uniformly 'hot'. Many, in fact, were remarkably 'cold'. The great majority of reported hotspots were areas **previously** deforested that **currently** exhibited relatively **low** rates of gross deforestation (especially considering their hotspot status) at the period analysed by the TREES study, i.e. during the 1990s (ACHARD *et al* 2002b:138). The high points in the sample of sites (hotspots or not) were one site at  $-4.77\%$  in Colombia, one site  $-4.41\%$  in Acre (Brazil), another at  $-3.2\%$  in Rondônia; and three Brazilian sites between  $-3\%$  and  $-2\%$ , all at the edges of the basin. There were 9 sites between  $-2\%$  and  $-1\%$ , most located also at the basin's borders. Most sample sites (27 out of 46) were being slowly deforested at rates between  $-1\%$  and  $0\%$ , and four sites exhibited  $0\%$  deforestation. Only 6 sites out of 46 showed annual rates faster than  $-2\%$ , and only a third (15) faster than  $-1\%$  (all relative to 1990). Therefore in the 1990s only a minority of the selected sites were actually being actively deforested at a rapid rate, although the sample was heavily concentrated on reported hotspots, allegedly undergoing rapid deforestation.

**Table 1.** Range of annual gross deforestation rates in hotspot areas (1990-97)

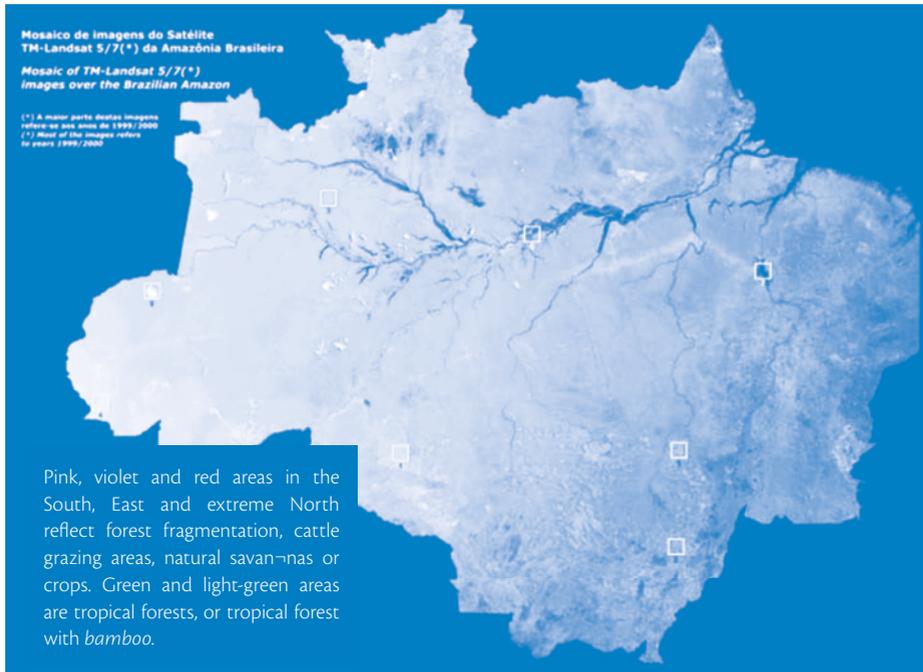
Location of hotspot areas	Mean annual gross deforestation rates
Central America	0.8–1.5%
Brazilian Amazon basin border belt	
Acre	4.4%
Rondônia	3.2%
Mato Grosso	1.4–2.7%
Pará	0.9–2.4%
Colombia-Ecuador border	~1.5%
Peruvian Andean piedmont	0.5–1.0%

Source: Achard *et al* 2002a:1001; 2002b:113.

5 Achard *et al* estimate also the amount of GHG emissions implied by their deforestation estimates; this aspect of their study elicited some debate (Fearnside 2003; Eva *et al* 2003; Fearnside & Laurance 2003), but the issue does not impinge on estimates of deforestation or forest area change rates, which are the matters discussed here.

6 Definitions used by the authors: "Deforestation is defined as the conversion from forest (closed, open, or fragmented forests; plantations; and forest regrowths) to nonforest lands (mosaics, natural nonforest such as shrubs or savannas, agriculture, and nonvegetated). Reforestation (or regrowth) is the conversion of nonforest lands to forests. Degradation is defined as a process within forests that leads to a significant reduction in either tree density or proportion of forest cover (from closed forests to open or fragmented forests)" (ACHARD *et al* 2002:1002, Note 10).

In the Brazilian Amazon, hotspots are mostly at the Eastern and Southern edges of the basin, and only exceptionally near or inside the wet rainforest core lowlands. As shown in Figure 1, most of the Amazon is still forest (the map is for 1999-2000, but little has changed since).



**Figure 1.** LANDSAT image of the Brazilian Amazon region (1999-2000).

Source: Inpe

The pinkish area at the top-left of the map is mostly a natural savanna area in Rorâima. The other non-forest areas are mostly at the East and South of the basin, plus small areas near the mouth of the Amazon River, or at specific points along the Amazon or along the Northern (Atlantic) coast. Few and small areas within the basin, mostly along the Amazon River, show signs of deforestation. It is worth remarking that the non-forest-coloured areas in the map are not all the result of deforestation, and even less equivalent to **recent** deforestation: they include natural savannas as well as areas originally covered by forest; these former forests, besides, were in part bush or other kinds of non-rainforest vegetation, although the inner borders of the non-forest belt and the small areas inside the core do include cleared rainforest.

In the TREES study, several hotspot areas in Rondônia, Acre, and the eastern side of the belt (especially in Pará), with rates around  $-2.3\%$  on average during the 1990s, were those under higher (though not extreme) pressure. The hotspots in the South Eastern area of the belt (e.g. Mato Grosso and other neighbouring areas) were also relatively important, albeit with a more heterogeneous pattern (between  $-0.4\%$  and  $-2.7\%$ ). Rates were also relatively high in the hotspot area between Colombia and Ecuador (about  $-1.5\%$ , above the hotspot average) and to a lesser extent in the Peru piedmont hotspots along the Andes ( $-0.5\%$  to  $-1.0\%$ , well below the average). Most hotspot areas are in the borders of the Amazon basin, some at the source in the Andes and most in the plains of Southern and Eastern Brazil. Few important hotspot areas lie in the vast rainforest core (see map in ACHARD *et al* 2002a:1000, Figure 1, and Achard *et al* 2002b:35 and 66). Amazon deforestation in the 1990s was in fact “confined” (ACHARD *et al*'s word) to hotspot areas, most located at the basin's edges and many being deforested at rather slow rates (in view of their ‘hotspot’ status).

Hotspots represent (in terms of area) only a small fraction of the entire Amazon basin. All other areas in the Amazon region, outside hotspots, did not exhibit noticeable deforestation, including the vast core rainforest, mostly not suitable for crops or grazing. The total Amazon forest long term net change rate is (as of 2009) estimated at about  $-0.22\%$ , implying a half life of about 315 years (the time required for the Amazon forest to be cut by half if that rate persists for more than three centuries). In fact, however, extrapolation of this sort is not valid: deforestation is taking place only at areas suitable for grazing or crops, at the edges of the basin, not much at the core, and land clearing is already decreasing its speed due to enhanced environmental protection and increasing unavailability of additional suitable land. It is therefore quite improbable that recent rates persist for long. At any rate, and unless some different process is at work (on which more later), there are no grounds to infer rapid disappearance or drastic shrinking of the forest in the current century, and less so in a few decades.

Droughts, fires and deforestation, increased population and paved roads are factors that are thought to endanger the Amazon basin, and likely to cause considerable short term changes in the hydrological cycle of the region. Nevertheless, the causal links are debatable. In some cases, it is prior deforestation that leads to increases in population and roads. The link from deforestation to changes in the hydrological cycle is also disputed. Studies of specific sub-basins (pristine versus recently deforested) show **no long term differences in precipitation and hydrology as a result of deforestation** (LINHARES *et al* 2007). New methods with improved resolution for specific areas or hotspots are being introduced and should be integrated in a wider continental study to obtain a better approach and estimation of the consequences of climate change in the region (rainfall and temperature shifts, droughts, floods, etc.).

The future is uncertain, even for hotspots. Models and predictions are constantly improving and diverse new scenarios are described. An important fact, however, is that as observation techniques improve the general change in the results for a given period has been towards **lower** estimated rates of deforestation, even for the same past period. Adaptation and mitigation policies are expected to increase in the coming years because of the international pressure and carbon related policies, and the governments involved, especially Brazil, are taking important steps in this regard. Updating studies on deforestation rates and climatic models should be carried on for this area, where the impact of global climate change on South American weather and vegetation is still not fully understood.

The gross deforestation speed in the Brazilian Amazon fell by 73% between 2004 and 2009, according to estimates of the Prodes system at Brazil's National Institute for Space Research (Inpe), based on mixed ground and satellite methods described in Câmara *et al* 2006. The loss of forest in 2007-2009 was the lowest since the Brazilian government started tracking deforestation on a yearly basis in 1988. As can be seen in Figure 2 deforestation rates in Brazil as reported by Prodes have fallen by more than two thirds since 2004 when 27,423 km<sup>2</sup> were cleared at the top of a seven-year escalation. Figures gradually decreased reaching a much lower deforested area of 11,532 km<sup>2</sup> in 2007, i.e. a decrease of 58% in three years, varying only slightly to 11,968 in 2008 (still 56.4% less than in 2004) in spite of strong market pressure for commercial agricultural frontier expansion arising from soaring agricultural prices worldwide. This unusual market pressure, which caused fears in various respects worldwide, was in large part a passing phenomenon. As prices fell substantially in the second half of 2008 and recession started to spread across the world, pressure to convert forest into farmland subsided, and at the same time the Government of Brazil vowed to increase efforts and resources to enforce environmental law. From 2008 to 2009 the deforested area decreased more sharply: the total for August-2008 to August-2009 was only 7464 km<sup>2</sup>, a 38% decrease over the precedent year and 73% lower than the 2004 peak. These facts show an accelerating decrease in deforestation and give credence to hopes of further decreases in the rate of deforestation of the Brazilian Amazon. The 2009 results are equivalent to an annual gross deforestation rate of 0.13%, thus halving the historical average of about 0.25%.

Brazil, in fact, credits recent drops in gross deforestation rates to a step-up in law enforcement efforts, which by 2008 have netted hundreds of illegal loggers and corrupt officials, generating some \$1.7 bn in fines according to Inpe, the Brazilian Space Research Institute (<http://www.inpe.br>) and the Brazilian Institute for the Environment, Ibama (<http://www.ibama.gov.br/>). The Brazilian government has also dramatically expanded the size and number of protected areas. Between 2002 and 2009, about 709,000 thousand km<sup>2</sup> were designated as Protected Areas, especially at the deforestation frontier along the basin's Southern and Eastern borders (see SOARES-FILHO *et al* 2010 for a positive evaluation of the impact of this Protected Area expansion upon deforestation).

Inpe figures confirm that most deforestation takes place at the Southern and Eastern edges of the Amazonian Basin, and at some specific coastal spots in the North. Deforesting activity is concentrated in Pará with 57% of the total, with much lower shares of Maranhão, Mato Grosso and Rondônia, all at the Southern and Eastern edges of the basin (Table 2, Table 3 and Figure 2). These previously forested areas mostly belong to the margins of the Amazon basin; most of them were not covered by core rain forest but by other forms of tropical and subtropical vegetation, including a large share of bush and open forest, and a large proportion of secondary forest as discussed below.

**Table 2.** Amazon gross deforestation by state in Brazil, 1988-2008 (km<sup>2</sup>/year, 12 months to August)

	1977-88	1989	1990	1991	1992	1993 <sup>a</sup>	1994 <sup>a</sup>	1995	1996	1997	1998
Acre	620	540	550	380	400	482	482	1208	433	358	536
Amazonas	1510	1180	520	980	799	370	370	2114	1023	589	670
Amapá	60	130	250	410	36	0	0	9	0	18	30
Maranhão	2450	1420	1100	670	1135	372	372	1745	1061	409	1012
Mato Grosso	5140	5960	4020	2840	4674	6220	6220	10391	6543	5271	6466
Pará	6990	5750	4890	3780	3787	4284	4284	7845	6135	4139	5829
Rondônia	2340	1430	1670	1110	2265	2595	2595	4730	2432	1986	2041
Roraima	290	630	150	420	281	240	240	220	214	184	223
Tocantins	1650	730	580	440	409	333	333	797	320	273	576
Amazônia Legal	21050	17770	13730	11030	13786	14896	14896	29059	18161	13227	17383

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Acre	441	547	419	883	1078	728	592	398	184	222	167
Amazonas	720	612	634	885	1558	1232	775	788	610	479	405
Amapá	0	0	7	0	25	46	33	30	39	0	70
Maranhão	1230	1065	958	1014	993	755	922	651	613	1085	828
Mato Grosso	6963	6369	7703	7892	10405	11814	7145	4333	2678	3259	1049
Pará	5111	6671	5237	7324	6996	8521	5731	5505	5425	5180	4281
Rondônia	2358	2465	2673	3099	3597	3858	3244	2049	1611	1061	482
Roraima	220	253	345	84	439	311	133	231	309	570	121
Tocantins	216	244	189	212	156	158	271	124	63	112	56
Amazônia Legal	17259	18226	18165	21394	25247	27423	18846	14109	11532	11968	7464

(a) Figures for 1993 and 1994 are actually the average of the two years.

Source: Inpe (2009) and <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>. Results retrieved 16 June 2010.

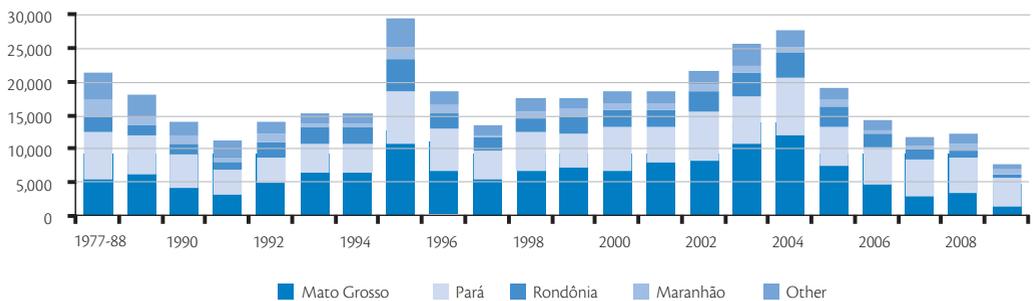
**Table 3.** Share of states in Amazon gross deforestation, 1977-88 to 2009 (%)

	1977-88	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Acre	2.9%	3.0%	4.0%	3.4%	2.9%	3.2%	3.2%	4.2%	2.4%	2.7%	3.1%
Amazonas--	7.2%	6.6%	3.8%	8.9%	5.8%	2.5%	2.5%	7.3%	5.6%	4.5%	3.9%
Amapá	0.3%	0.7%	1.8%	3.7%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%
Maranhão	11.6%	8.0%	8.0%	6.1%	8.2%	2.5%	2.5%	6.0%	5.8%	3.1%	5.8%
Mato Grosso	24.4%	33.5%	29.3%	25.7%	33.9%	41.8%	41.8%	35.8%	36.0%	39.9%	37.2%
Pará	33.2%	32.4%	35.6%	34.3%	27.5%	28.8%	28.8%	27.0%	33.8%	31.3%	33.5%
Rondônia	11.1%	8.0%	12.2%	10.1%	16.4%	17.4%	17.4%	16.3%	13.4%	15.0%	11.7%
Roraima	1.4%	3.5%	1.1%	3.8%	2.0%	1.6%	1.6%	0.8%	1.2%	1.4%	1.3%
Tocantins	7.8%	4.1%	4.2%	4.0%	3.0%	2.2%	2.2%	2.7%	1.8%	2.1%	3.3%
Amazônia Legal	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Acre	2.6%	3.0%	2.3%	4.1%	4.3%	2.7%	3.1%	2.8%	1.6%	1.9%	2.2%
Amazonas	4.2%	3.4%	3.5%	4.1%	6.2%	4.5%	4.1%	5.6%	5.3%	4.0%	5.4%
Amapá	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.2%	0.2%	0.3%	0.0%	0.9%
Maranhão	7.1%	5.8%	5.3%	4.7%	3.9%	2.8%	4.9%	4.6%	5.3%	9.1%	11.1%
Mato Grosso	40.3%	34.9%	42.4%	36.9%	41.2%	43.1%	37.9%	30.7%	23.2%	27.2%	14.0%
Pará	29.6%	36.6%	28.8%	34.2%	27.7%	31.1%	30.4%	39.0%	47.0%	43.3%	57.3%
Rondônia	13.7%	13.5%	14.7%	14.5%	14.2%	14.1%	17.2%	14.5%	14.0%	8.9%	6.5%
Roraima	1.3%	1.4%	1.9%	0.4%	1.7%	1.1%	0.7%	1.6%	2.7%	4.8%	1.6%
Tocantins	1.3%	1.3%	1.0%	1.0%	0.6%	0.6%	1.4%	0.9%	0.5%	0.9%	0.7%
Amazônia Legal	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Source. Inpe, <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>. Calculated from previous table.



**Figure 2.** Gross deforestation in the Brazilian Amazon (km<sup>2</sup>/year, average 1977-88 and annual data 1988-2009, 12 months to August, Inpe, <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>)

As these statistics show, gross deforestation has been reduced to insignificant figures in most states except Pará (in the Northeastern border of the Amazon region), where it has nonetheless been greatly diminished relative to previous years. Deforestation through land clearing by small subsistence farmers has been declining, but large-scale deforestation for cattle ranching or commercial crops is the most rapidly falling component. Smallholder land clearing is admittedly more difficult to control than large scale ranching and commercial logging. Total deforestation in the Brazilian Amazon is in 2009 by far the lowest since the satellite records started in 1988, and the rates of 2006-2009 had only been matched in a single past year (1991). High profile activity by the Federal Government in recent years (since 2004) indicates a real political will to address the problem of deforestation and more generally the Amazon forest conservation, as it had never before been shown by Brazilian authorities. This, and the strong deployment of law enforcement resources in the Amazon since 2004, further reinforces the hypothesis that the trend to curtail deforestation is likely to continue (SOARES-FILHO *et al* 2010).

Inpe estimates only **gross** deforestation (i.e. initial clearing of mature forest, as explained in INPE 2000. But clearing virgin forest is only part of the picture. Ramankutty *et al* 2007 developed a land-cover transition model to predict transitions between primary forest, cropland, pasture, and secondary forest. "Of the total (gross) deforested land over the 1961-2003 period, 6% remains in cropland, 62% remains in pastures, but almost 32% of the deforested land is in regrowing vegetation" (RAMANKUTTY *et al* 2007:59 and Fig.4 at the same page). Based on the initial (1961) size of forested areas, the Ramankutty study implies that the average rate of net forest area change from 1961 to 2003 in the Brazilian 'legal Amazon' region was 0.215% per year, about 0.04% lower than the 0.255% rate emerging from the Inpe gross deforestation series since 1988, and much lower than in the FAO 1961-2003 series. Ramankutty's model also suggests that clearing of new land is being replaced by re-clearing of fallow land: annual re-clearing has increased steadily, from nil in 1961 to about 0.5 million Ha/yr in the early 1980s, 1.7-2.0 million Ha/yr in the early 1990s and more than 3 million Ha/yr in the early 2000s, whilst new land cleared remained between 1.5 and 2 million Ha/yr since the late 1970s to 2003, and surely much less in 2005-2009, as gross deforestation has steadily dwindled, and available usable forest land becomes scarcer.

These reductions have great importance in terms of carbon emissions. Gullison *et al* (2007) estimate that "[r]educing deforestation rates [prevailing in the 1990s] 50% by 2050 and then maintaining them at this level until 2100 would avoid the direct release of up to 50 GtC [gigatons of carbon] this century" (GULLISON *et al* 2007:985). In fact, a deforestation rate reduction higher than that has been already achieved in the late 2000s, and the reduced rate would probably continue (or become yet lower) in the future, since the Government of Brazil has enacted a strong set of policies to that effect, on which there is wide consensus across the political spectrum, and moreover, forest land potentially usable for grazing or for growing crops is rapidly diminishing, especially in Eastern Amazonia.

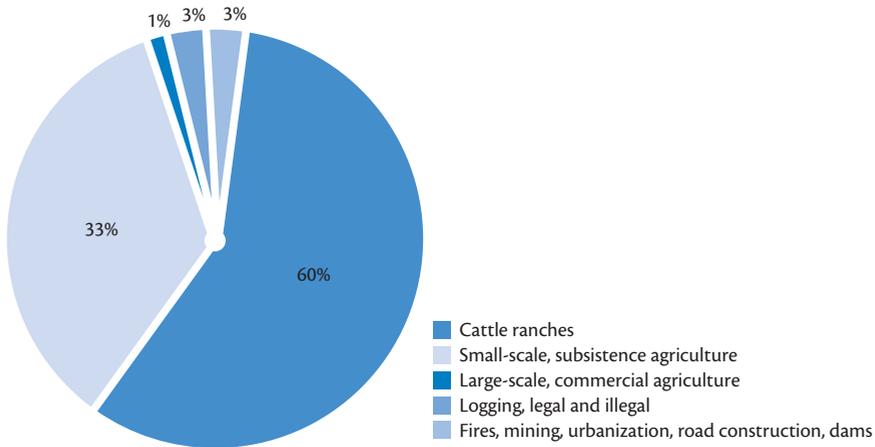
### 3. Drivers of deforestation

Agriculture and proximity to paved roads are often mentioned among the main drivers of deforestation in the Amazon. However, causal direction is not always clear. Proximity to paved highways is a major correlate of deforestation rates and this relationship was determined empirically from data on deforestation and paved roads for 432 counties in the Brazilian Amazon (SOARES-FILHO *et al* 2006). These results are consistent with other authors that found human development and roads as main correlates of forest deterioration and deforestation rates through modelling and predictors analyses (VERA-DIAZ *et al* 2007; JHA & BAWA 2006; LAURANCE *et al* 2002; BAWA & DAYANANDAN 1997; ROJAS *et al* 2003). However, roads running deep into the core rainforest are surrounded only by a thin deforested strip at each side. Wider deforested areas can only be found at the edges of the basin, and their driver is the agricultural aptitude of soils (for crops or grazing). It is furthermore not clear whether (and where) deforestation (and associated economic activity on deforested areas) prompts road construction, or the reverse.

Forest is typically cleared in the Amazon to provide pasture for cattle grazing and in some areas by subsistence farmers to cultivate crops. Brazil has a booming beef export industry, as well as a growing domestic consumption of beef, and as a consequence cattle ranchers have been expanding their operations in the margins of the Amazon basin. Landless settlers, on their part, clear land for subsistence cultivation. In this context, we consider remarkable that large-scale commercial crops (maize, oilseeds, sugar cane, coffee, cotton, etc.) are **not** significant activities in deforested areas (Figure 3, based on data from INPE 2008). Sixty percent of the deforested land is destined to cattle grazing, 33% for subsistence farming, and just 1% for commercial crops. The rest is made of 3% logging and 3% residual factors (dams, roads, etc., **including fires**).

The effect of crops is indirect: expansion of commercial crops displaces cattle (only where grazing land is also cultivable), and livestock is then moved into newly deforested areas. But only a fraction of cattle was grazing originally on cultivable land. Moreover, it should be recalled that most expansion of agriculture in Latin America is driven mostly by increased productivity per hectare and only marginally by expansion of the agricultural frontier: from 1961 to 2007 Brazil's agricultural production grew by 468% at an annual rate of 3.34%, whilst total agricultural land increased only 75.1% at an annual rate of 1.28% (FAOSTAT data). This implies that 77% of all agricultural growth in the whole of Brazil is due to increased production per hectare, which grew at 2.03% per year, and only 23% to land expansion. Moreover, expansion of agricultural land in Brazil occurred mostly in the 1960s and 1970s: the annual rates were 2.94% in 1961-70, 1.39% in 1970-80, 0.75% in 1980-90, 0.79% in 1990-2000; in 2000-2007 the rate of land expansion dropped to just 0.11% per year. Agricultural output growth in 2000-07 was 4.25% per year, almost all due to better productivity and almost nil to new land being added (FAOSTAT data; output measured

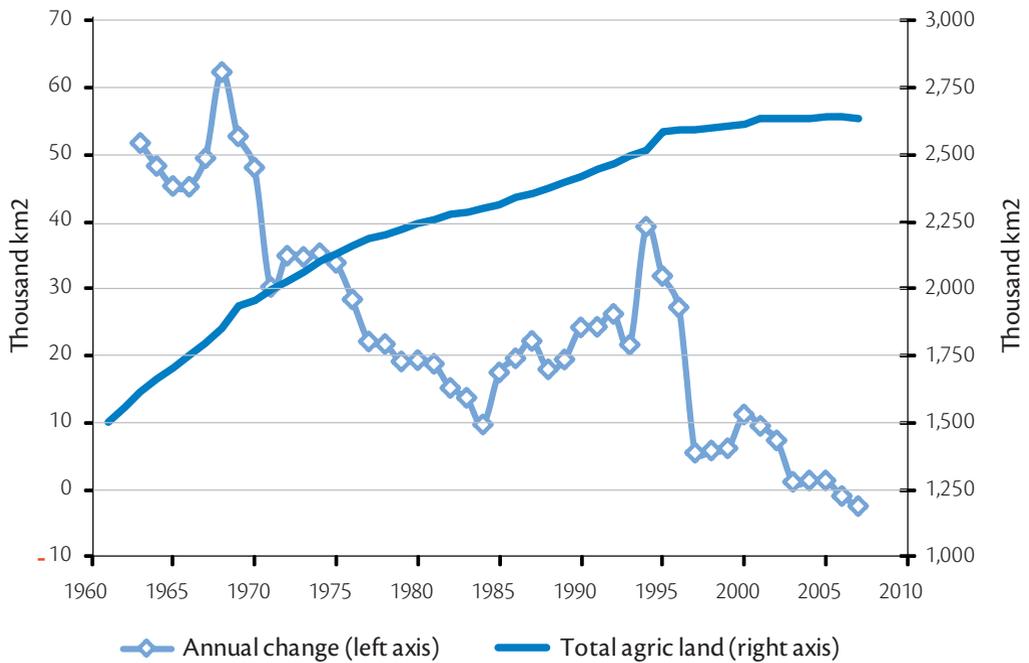
in value of production, net of re-use within the agricultural sector, e.g. as seed or fodder, at constant 1999-2001 international prices).



**Figure 3.** Drivers of deforestation in the Amazon, 2000-2005 (based on INPE 2008)

The expansion of agricultural land in Brazil (comprising annual and permanent crops as well as grassland, and including the whole country, not just Amazonia) steadily increased (albeit at a generally decreasing trend) until 1995, and then nearly stabilised. The annual change in 1995-2007 was very small, and was near to zero or with actual decrease in the more recent years of the series (Figure 4).

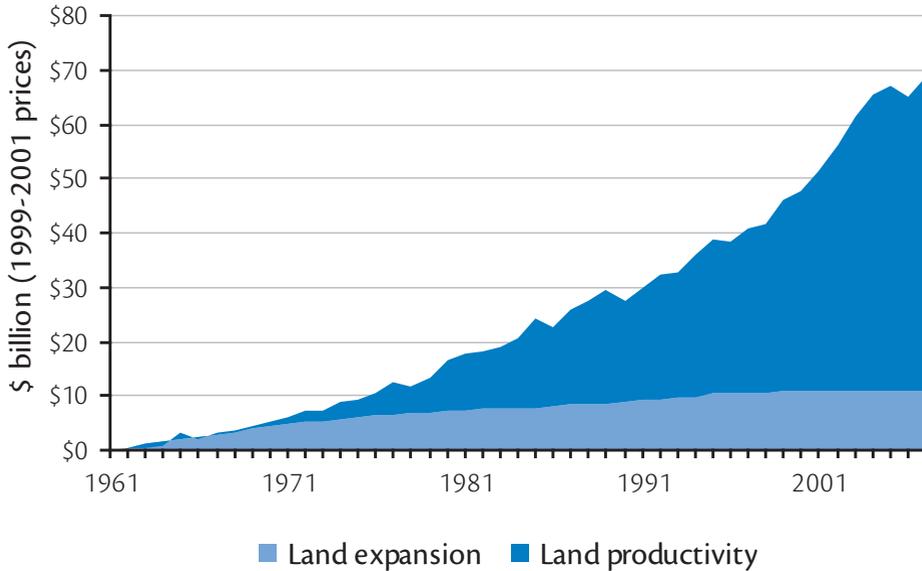
The short episode of relatively higher annual expansion of farm land in 1994-96, about 40,000 km<sup>2</sup> per year, probably reflects in part the record 21,000 km<sup>2</sup>/year deforested in the Amazon in the 1994-96 period, but no such parallel expansion is noticeable in recent years: the new peak of 27,000 km<sup>2</sup> deforested in 2004 was not followed by any expansion in total agricultural land (some possible expansion in Amazonia may have been made up by reductions elsewhere, where new land is quite scarce; such reduction, moreover, is not likely to be a major factor in a period of excellent agricultural prices and rising exports and consumption; for the time being, anyway, no regional breakdown is available for these data). No matching expansion of logging was detected either (logging represents just about 3% of total deforestation).



**Figure 4.** All Brazil. Total agricultural area (arable land, permanent crops and grassland, right axis) and annual change in agricultural area (left axis), moving 3-year averages, from 1961-63 to 2006-08, centred at the middle year, all in thousand km<sup>2</sup>. Source: FAO (FAOSTAT) as per 20 October 2010.

For the whole of Brazil, the value of agricultural production (at constant prices) has greatly expanded in the latest half century, but such growth has been determined mostly (81%) by increases in average economic productivity of land (output value per hectare at constant prices) and only in a small proportion (19%) by the cumulative expansion of agricultural land, as shown in Figure 5 for 1961-2007. Moreover, the impact on output of expansion of farm land occurred mostly in the 1960s, 1970s and 1980s (at decreasing rates), coming almost to a halt in the two more recent decades, as shown in Figure 5, and as transpired also from Figure 4 before. These data refer to all Brazil, but most expansion of the agricultural frontier occurred indeed within the Amazon region, widely defined (albeit mostly not in the core rainforest).

Increased economic productivity is not to be confused with an equal increase in physical productivity: changes in land use and crop mix have also contributed to higher output per hectare. However, in that very period population increased greatly, per capita intake of dietary energy increased from about 2400 to about 3000 daily kilocalories per person, and agricultural exports soared.



**Figure 5.** Figure 5. All Brazil - Contributions of land expansion and average land productivity to cumulative agricultural growth, 1961-2007 (\$ bn at constant 1999-2001 international prices).

Based on FAOSTAT, [www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org).

There are indeed large areas with crops and cattle within the Amazon **hydrological basin**, but most of these areas are not cleared rainforest: they belong mostly to the large system of natural savannas or open bush systems surrounding the forest to the East and South. It is remarkable to note that a recent study on the economic and physical conditions for soybean cultivation within the Amazon hydrological basin (VERA-DIAZ *et al* 2008) finds that the most physically and economically suitable areas are located precisely where soybeans are already being cultivated, in the States of Mato Grosso, Rondônia and Acre, at the Southern edge of the basin, and at the savannas of Rorãima at the extreme Northwest, besides some other specific points. Most of the rest of the Amazon basin is not an adequate place for soybeans.<sup>7</sup> The authors remark that new roads may cause more deforestation, as most of it accompanies economic activity, but this kind of road-caused deforestation takes place only within a strip at most 20km wide, and often much narrower, along major roads.

<sup>7</sup> EMBRAPA 1991 provides a thorough discussion of agro-ecological zoning in Brazil. For an analysis of expected sustainable agricultural growth in Brazil see Maletta 2000a.

Laurance *et al* (2002) performed a multivariate analysis of deforestation drivers and found that besides population density and the vicinity of roads, the other major correlate was the existence and severity of a dry season. On those grounds, they concluded: "Deforestation will be greatest in relatively seasonal, south-easterly areas of the basin, which are most accessible to major population centres and where large-scale cattle ranching and slash-and-burn farming are most easily implemented". This prediction coincides with observed trends. The same authors warn that policies encouraging migration to the Amazon would have a negative impact, increasing one of the main drivers (population density). Traditionally the Brazilian government (both Federal and State) pursued policies of settlement and land development (based on an old-fashioned geopolitical doctrine of "occupy it or risk losing it to foreign occupation"), and resisted foreign pressure to reduce migration in order to enhance environmental protection of the Amazon. Recent adoption of more proactive protection policies by the Government of Brazil, establishing protected areas close to the agricultural frontier, and limiting the scope of future road development to avoid environmental damage, may reduce the likelihood of these possible effects. This is also helped by increased outmigration from the Amazon, decreasing fertility and demographic growth, and little new migration into rural areas in a country that is already nearly 90% urban.

## 4. The Amazon forest and climate change

Besides the effect of human deforestation activity, the Amazon rainforest and its hydrological cycle would be also affected by climate change, which would in turn interact with deforestation, possibly accelerating changes in the forest. In addition, changes in the Amazon may have an impact on the climate of the rest of Latin America and the Caribbean as on other regions of the world. The future of the Amazon Basin is thus a topic of great concern worldwide; estimates of trends have been produced with many methodologies, some driving to extreme potential negative consequences for the region and the world. The trees of the Amazon contain 90–140 billion tonnes of carbon (SOARES-FILHO *et al* 2006), equivalent to approximately 9–14 decades of current global, human-induced carbon emissions (CANADELL *et al* 2007). This suggests to some authors that reducing global warming will be very difficult if emissions of carbon from tropical forests worldwide and the Amazon in particular are not curtailed sharply in the coming years (GULLISON *et al* 2007). These ecological services, some authors speculate, might be threatened by global warming interacting with deforestation, through a climate-driven substitution of forests by savanna and semi-arid vegetation, in what has been called the Amazon forest 'dieback' (NOBRE *et al* 1991; COX *et al* 2000, 2004; BOTTA & FOLEY 2002; OYAMA & NOBRE 2003; NEPSTAD *et al* 2007a, 2007b 2008; BETTS *et al* 2004; LENTON *et al* 2008). A discussion of dieback hypotheses is included later.

There is general agreement about the importance of tropical forests for the global carbon cycle and hence global climate, but published estimates differ significantly on the area affected by tropical deforestation, the resulting flux of carbon to the atmosphere and its feedbacks to the climate system (HOUGHTON 1999; FEARNSIDE 2000; MALHI & GRACE 2000; ACHARD *et al* 2002a, 2002b; DEFRIES *et al* 2002). For some future climate-change scenarios, it has been estimated that tropical forests could generate an unprecedented source of carbon, even in the absence of additional anthropogenic deforestation (COX *et al* 2000; CRAMER *et al* 2001, 2004). Many divergences between studies, especially those produced in the 1990s and early 2000s, are due to the use of uncertain data on deforestation that had been improving lately, and prospects of rapid deforestation have been to some extent moderated by recent decreases in clearing activity, increased re-clearing of secondary forest, and more energetic protection measures by the Brazilian Government, and also by a better understanding of deforestation drivers and the geographical distribution of forest clearing. Assessing the future conditions of the Earth system requires better quantification of the significance of both deforestation and climate-driven changes in biospheric carbon stocks, compared with background 'reference' conditions.

One question is whether climate-driven carbon loss could match or even exceed the impact of anthropogenic deforestation during the coming decades. If such an additional source appeared, then even with stable fossil fuel emissions there would be faster atmospheric CO<sub>2</sub> increase. Some estimates of a global anthropogenic deforestation flux of about 1.6 Gt C/yr had been considered realistic in the 1980s and 1990s (BOLIN *et al* 2000; PRENTICE *et al* 2001). Analyses of the spatial extent of tropical forest cover from long-term satellite time-series (such as Defries *et al* 2002, and more so the more recent data from TREES and other sources) challenge those estimates as unrealistically high. DeFries *et al* estimates 0.6 Gt C/yr as more probable for the 1980s and 0.9 Gt C/yr for the 1990s. More recent trends in the Amazon, showed before, suggest a further reduction for the 1990s, and that the rate in the late 2000s is still lower (and rapidly decreasing).

The magnitude of anthropogenic deforestation still determines the larger component of the role tropical forests may play in the global carbon cycle. The sources or sinks produced by climate change are significant components, however, and they strongly affect the spatial pattern of associated ecosystem changes (CRAMER *et al*, 2004). The uncertainty of flux estimates due to natural disturbances, however, is more problematic. Current knowledge on the relation between deforestation activities and the natural disturbance regime seems to be far too scarce, although several authors (e.g. UHL & KAUFFMAN 1990; COCHRANE & SCHULZE 1998) have pointed out that undisturbed forests also burn more frequently in more fragmented landscapes. Beyond fire, even less seems to be known about other natural disturbances in lowland forests, such as windstorms or insect outbreaks. There are too few observations and experimental evidence, despite the already dated efforts of Kauffman *et al* 1988 and Uhl *et al* 1988, to support statistical or process-based models of these disturbances.

Several studies advancing hypotheses of rapid savannisation of the Amazon require or assume a reduction in rainfall (as a consequence of climate change) to produce that effect. In a drier environment fires would spread faster and engulf the patched forest left behind by rapid deforestation. However, there is no clear evidence of a tendency towards a drier Amazon. As shown before, most climate models predict increased rainfall over the Amazon, but the main study projecting savannisation used only the one model predicting the largest reduction in rainfall. Droughts, of course, happen, and also fire, especially at the relatively drier basin's borders. In 2005, large sections of South-Western Amazon experienced one of the most intense droughts of the last hundred years. The drought severely affected human populations along the main course of the Amazon River and its Western and South-Western tributaries, the Solimões (also known as the Amazon River in the other Amazon countries) and the Madeira rivers, respectively. Water levels fell to historic lows and navigation of these rivers was suspended. The drought did not affect central or eastern Amazonia, a pattern that differs from El Niño-related droughts in 1926, 1983, and 1998. Marengo *et al* (2008, italics added) conclude The causes of the drought were **not related to El Niño** but to (i) the anomalously warm tropical North Atlantic, (ii) the reduced intensity in northeast trade wind moisture transport into southern Amazonia during the peak summertime season, and (iii) the weakened upward motion over this section of Amazonia, resulting in reduced convective development and rainfall. The drought conditions were intensified during the dry season into September 2005 when humidity was lower than normal and air temperatures were 3°–5°C warmer than normal. Because of the extended dry season in the region, forest fires affected part of south-western Amazonia. Rains returned in October 2005 and generated flooding after February 2006.

Some authors had suggested that a severe drought may deplete the soil's water content to a degree that surpasses a threshold, triggering forest conversion to savanna in affected areas (e.g. Nepstad *et al* 2008). This argument will be discussed below in more detail, but it is worth noting here that even the extremely severe drought of 2005 failed to cause such an effect. Besides, the subsequent years (2006–2010) have seen above average precipitation over the Amazon.

In spite of such short term events, the long term impact of deforestation on hydrology and precipitation is unclear, and may be overstated. Linhares *et al* 2007 analysed two specific river basins in Rondônia from 1970 to 2001; one of them (Sucunduti) remained almost pristine, with its deforested area increasing from 0.02% to 0.4% (mainly from the opening of one road), whilst the other (Ji-Parana) was almost pristine in 1970 (3.6% deforested) but deforestation reached 55% in 2001, mainly for cattle ranching. The most interesting result of this comparative analysis was that **precipitation and river hydrology showed no trend in either basin, nor different trends between them**. There was a short-term hydrological response to **jumps** in deforestation (correlation in annual rates), but as land cover was restored by new growth the former trend in hydrological behaviour and precipitation was also restored. In conclusion, Linhares *et al* found

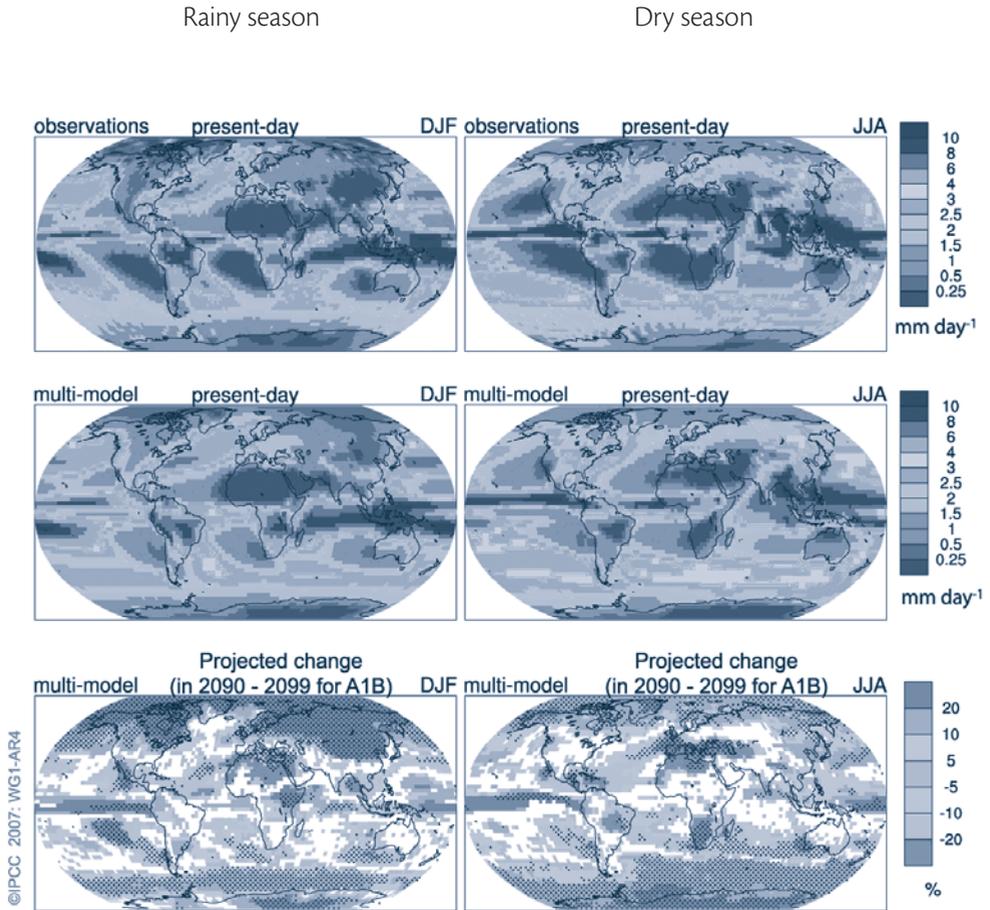
“no long-term trends in precipitation, stream flow and hydrological response indicative of large temporal scale impacts of land-cover change.”

The IPCC projections for the Amazon do not foresee a transition to a drier environment. Quite the contrary: a majority of models concur in predicting **increased moisture**. There was variation across models, but the overall and preferred projection envisaged **increased** rainfall over the core rainforest of Western Amazonia, with also increasing rainfall in the rainy season over the less humid Eastern part of the basin (and marginal decreases in the dry season). Moreover, Malhi *et al* 2009 “examine climate simulations by 19 global climate models (GCMs) in this context and find that most tend to underestimate current rainfall”, showing therefore a likely tendency to underestimate also the future level of precipitation.

The IPCC AR4 report (Solomon *et al* 2007b and Christensen *et al* 2007) produced estimates of precipitation under three scenarios: A2 (higher precipitation), A1B (intermediate) and B1 (lower). Only the intermediate projection of precipitation (under A1B) is shown in the IPCC report (reproduced here as Figure 6 at world level and Figure 7 for the American continent). The Technical Summary of the scientific report from the IPCC Working Group I (Solomon *et al* 2007b) shows with a combination of models at a rather coarse resolution and worldwide coverage, that precipitation over the Amazon basin will increase in the rainy season (centred on December-February), especially over the core rainforest and the Andean mountains where the main Amazon tributaries originate. At this world level of aggregation no sufficient agreement existed between models as regards the Eastern section of the basin.

Percent changes in precipitation at the “dry” season (also represented in the figures for the period June-August) are of much lesser actual importance since much less rain falls in that season (especially over areas with a dry season); however, projections show a slight increase of June-August precipitation over the Andes slopes and the Western part of the Amazon basin, little change or not enough agreement over the core rainforest (where there is no dry season), and decrease in the Eastern section of the basin. Notice that only projections corroborated by over 66% of the models are shown in the picture. It should also be noticed that in the core of the basin, where rainfall is over 3000 mm/year, there is actually **no dry season**, which occurs only in the external part of the basin with precipitation around 1600 mm/year.

Estimated and modelled baseline (1980/99) seasonal mean precipitation rates (mm/day) and projected percentage changes to 2090-99



Source: Figure TS30 in Solomon et al. 2007b:76. <http://www.ipcc.ch/graphics/ar4-wg1/jpg/ts30.jpg>.

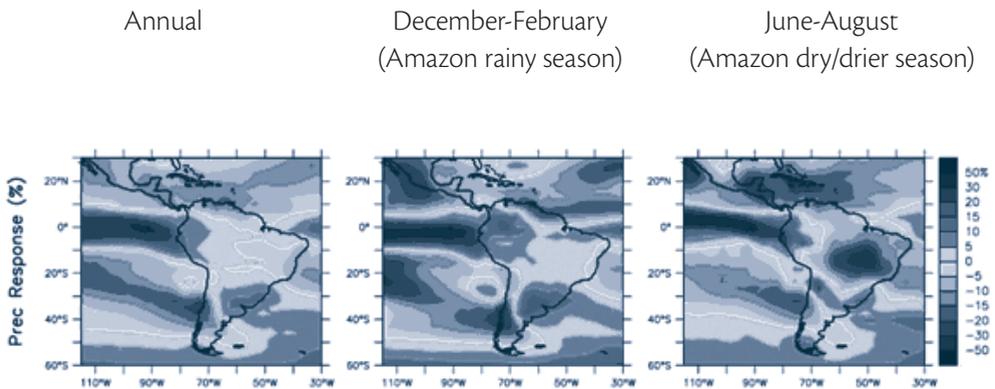
**Figure 6.** Spatial patterns of observed (top row) and multi-model mean (middle row) seasonal mean precipitation rate (mm day<sup>-1</sup>) for the period 1979 to 1993 and the multi-model mean for changes by the period 2090-2099 relative to 1980-1999 (% change) based on the SRES A-1B scenario (bottom row). December-February means are in the left column, June-August means in the right column. In the bottom panel, changes are plotted only where more than 66% of the models agree on the sign of the change. The stippling indicates areas where more than 90% of the models agree on the sign of the change.

Figure 6 also compares actual measured precipitation (top row) to model predictions (middle row) for the “present day”, actually 1979-93 average. It is noticeable that models used for this projection tend to underestimate actual levels of precipitation over the Amazon basin, and thus would also probably underestimate future rainfall. Comparing the first and second row of the chart, it is easily seen that for the rainy season (left) observed mean rainfall over the basin was mostly about 6-10 mm/day (top left) but only 2-4 mm/day were predicted (middle left). Likewise, during the dry season (right top and middle) observed precipitation over the Northern part of the basin is visibly heavier than predicted. Contrariwise, the very small level of precipitation in the Southern part of the basin during the dry season is observed to be around 0.25 mm/day in most parts of that region, especially nearer to the Atlantic, whereas predicted values for the recent past in that area are mostly in the 0.25-0.50 mm/day range, thus **overestimating** the actual observations by up to 0.25mm/day; this error, however, has little consequence: a quarter of a mm/day (or less) is not a significant deviation, even for a dry season.

The tendency to underestimate rainfall in the rainy season, observed already for the baseline, probably affects also the predicted future levels of precipitation (2080-99), consequently understating rainfall over the Amazon basin during the 21<sup>st</sup> Century. Notice also that this particular projection is based on the A1B scenario, which predicts an intermediate increase in emissions and temperature among the SRES marker scenarios. Since precipitation depends on evaporation, and evaporation increases with temperature, projections based on other scenarios foreseeing more emissions and thus more warming, such as A1F1, B2 or A2, would predict **more** precipitation over the Amazon in the 1990s. Since predictions on temperature and impacts in IPCC reports show the implications of the various SRES scenarios, and some impact studies concentrate on the worst-case warming scenarios such as A2 or A1F1, it would have been more consistent to show all scenario results in the case of precipitation, instead of showing only A1B. In fact, combining predicted global warming (Table 10.5 in MEEHL *et al* 2007) and Table S10.2 in the Supplementary Material for MEEHL *et al* 2007), it is possible to calculate that **at the world level** the increase in precipitation would be 7.50 mm/day for A1B, 8.85 mm/day for A2 and 5.06 mm/day for B1 (no projection is published for A1F1, the scenario with strongest warming, and thus presumably highest increase in precipitation). Similar differences are expected in the Amazon rainfall simulations.

Since yearly precipitation is mostly determined by rainy-season rainfall, IPCC projections for precipitation over the whole year over the Amazon are also positive. The IPCC chart for Latin America in the chapter of AR4-WG1 devoted to regional projections (Figure 7) is clearer than the above world maps. Unfortunately, and potentially misleadingly, changes in precipitation in both figures are shown in percentage form only. It should be remarked that any percentage decreases in June-August actually refer to the very scant mean precipitation of the dry season (2-4 mm/day in Northern and Western Amazonia, and <1 mm/day in Southern and Eastern Amazonia).

An apparently “deep” reduction of about 50% in dry-season precipitation in Southeastern Amazonia (as shown in dark brown shade at the right side of Figure 7) means a predicted reduction of just about 0.5 millimeter per day, hardly capable of making any significant difference in an area and season where mean rainfall is about 1 mm/day, whereas a predicted 20% increase in the rainy season (Figure 7, central panel) may involve much more water, since seasonal precipitation in the rainforest is at 8-10 mm/day or above, i.e. 1500-1800 mm (or more) over six months. An increase of that amount by 20% during the rainy season implies an increase of some 300-360 mm, whilst a decrease of up to 0.5 mm/day in the drier season involves at most some 90 mm over the other six months. Total annual variation would be an increase of about 220-270 mm/year on average, decreasing eastwards. In fact that is what the annual figures show: yearly precipitation increases of up to 15% over the Amazon, decreasing eastwards (the white areas in the Eastern border are those where less than 66% of models agreed and therefore no conclusion was drawn by the IPCC).



**Figure 7.** Predicted percent precipitation changes over Central and South America for the A1B scenario multi-model simulations (percent change in 2080-99 relative to 1980-99). Source: Christensen et al 2007: 869 (central panel of Fig.11.15). <http://www.ipcc.ch/graphics/ar4-wg1/jpg/fig-11-15.jpg>. The target period in this figure is 2080-99 whilst in Figure 6 it was 2090-99 (which is the usual in IPCC projections). Western Amazon region does not have a dry season. Percent changes in Eastern Amazon dry season refer to very small amounts of rainfall, whilst percent changes in the rainy season imply larger amounts.

In conclusion, IPCC projections for the Amazon do not envisage increased drought. Even in the relatively drier June-August season the Western portion of the basin (where no dry season exists) the forest in 2080-99 would receive **more** rainfall than in the reference period (1980-99), and the whole basin and even the arid Northeast of Brazil will receive significantly more precipitation during the rainy season, as shown in Figure 7. The core rainforest, besides, has no dry season at all.

The annual projection is consistently positive over the entire basin (left panel). Where an **annual** decrease is envisaged, e.g. in Eastern Amazonia and parts of the arid Brazilian Northeast (map at the left of Figure 7) it is predicted to be very small, in the range from 0% to -5%, not significant either on a yearly or seasonal basis.

## 5. The Amazon forest dieback hypothesis

Some experiments as well as model runs based on the Hadley Centre HadCM3 model (COX *et al* 2004; NEPSTAD *et al* 2007a, 2008; BETTS *et al* 2004; LENTON *et al* 2008) predict a possibly rapid large-scale substitution of Amazon forest by savanna-like vegetation by the end of the twenty-first century or even earlier (in some case as soon as 2030). According to these hypotheses, a combination of drought, expanding global demands for agro-fuels and grains, and positive feedbacks in the Amazon forest fire regime may drive a faster process of forest degradation which could lead in turn to a near-term forest dieback. Rising worldwide demands for bio-fuels and meat, Nepstad *et al* believe, are creating powerful incentives for agro-industrial expansion into Amazon forest regions. However, this economic hypothesis is rather simplistic. As seen before, no significant area of commercial crops (for bio-fuels or otherwise) is until now replacing Amazon forest, which is deforested mostly for subsistence farming (33%) and extensive cattle ranching (60%) plus 3% for logging. Soybean expansion occurs mostly in the cultivable lands of the Cerrado and other areas of West Central and South-Southeastern Brazil, which are mostly natural savannas or bush lands not covered by closed forest, though some of them belong to the Eastern and Southern margins of the Amazon hydrological system. As mentioned before, only a fraction of cattle-related deforestation may be attributed to conversion of land use from grazing to commercial crops. Most importantly, total Brazilian agricultural land (crops and grassland) has not expanded significantly in the latest 20 years. If market pressures (increased demand for beef, bio-fuels and other commercial crops) were as powerful a factor as Nepstad *et al* depict, the enormous price increases of the mid-2000s, especially in 2006-2008, would have caused a great surge in deforestation when in fact it **decreased** as prices went up (it had gone up instead in the 1990s and early 2000s, when agricultural prices were much lower). Deforestation exists, but at decreasing rates, and the regulation and protection framework is turning increasingly proactive.

Nepstad *et al* (2007a) attempted to test the hypothesis of severe droughts causing widespread tree mortality. The authors report: "A severe, four-year drought episode was simulated by excluding 60% of incoming throughfall during each wet season using plastic panels installed in the understory of a 1-Ha forest treatment plot, while a 1-Ha control plot received normal rainfall. After 3.2 years, the treatment resulted in a 38% increase in mortality rates". Notice that the ef-

fect found was **not** 38% mortality but **38% increase in mortality rates**. Tree mortality rates, in fact, were between 2% and 3% in both the experimental and control plots (NEPSTAD *et al* 2007a:2064, central panel of Fig. 2). The **net** loss was much lower, due to new trees appearing during the experiment.

This resulted from a very severe artificial drought during four rainy seasons. Protracted droughts in the Amazon have been observed in the past, without savannisation effects: “Supra-annual drought events such as those associated with El Niño Southern Oscillation (ENSO) episodes are sometimes accompanied by higher adult tree mortality, [...] higher or lower seedling mortality [...], mast fruiting of some tree species [...], reduced seed set in other tree species [...], and increased forest flammability [...]” (Nepstad *et al* 2007:2259, references omitted). The Nepstad experiment was based on the idea that future droughts may be more severe and last longer, with the ancillary hypothesis that climate change may cause ENSO to evolve towards a persistent El Niño state, or towards more severe and prolonged El Niño phases, and a theoretical framework based on the unsupported hypothesis of irreversible savannisation once a ‘tipping point’ (of unknown value) is reached in terms of reduction in tree cover.

Based mostly on that experiment, Nepstad *et al* (2007b, 2008) suggested that synergistic trends in (i) Amazon economies, (ii) forests and (iii) climate could lead to the replacement or severe degradation of more than half of the closed-canopy forests of the Amazon Basin **before the year 2030**:

If sea surface temperature anomalies (such as El Niño episodes) and associated Amazon droughts of the last decade continue into the future, approximately 55% of the forests of the Amazon will be cleared, logged, damaged by drought or burned over the next 20 years, emitting 15–26 Pg of carbon to the atmosphere (NEPSTAD *et al* 2008:1737).

From the analysis in the paper it transpires that these effects are envisaged only for **Eastern Amazonia**, which is mostly not covered by forests: “Several lines of evidence suggest that the eastern Amazon may become drier in the future, and that this drying could be exacerbated by positive feedbacks with the vegetation” (NEPSTAD *et al* 2008:1740). As the authors (NEPSTAD *et al* 2008:1740, emphasis added) reckon:

When GCMs are coupled to dynamic vegetation models, **some** predict a large-scale, **late-century** substitution of closed-canopy evergreen forest by savannah-like and semi-arid vegetation, **mostly in the eastern end of the basin** (COX *et al.* 2000, 2004; BOTTA & FOLEY 2002; OYAMA & NOBRE 2003). The lower evapotranspiration and higher albedo of this new vegetation reinforces the drying in a positive feedback. **Most coupled climate–vegetation models, however, do not predict this dieback** (FRIEDLINGSTEIN *et al.* 2003; GULLISON *et al.* 2007).

An important element in Nepstad *et al*'s theory is that drought reduced the amount of plant-available soil water (PAW). Nepstad and colleagues had run a model some years before (Nepstad *et al* 2004) applied to the period from 1996 to 2001, from which it emerged that "During the severe drought of 2001,  $PAW_{10m}$  fell to below 25% of  $PAW_{max}$  in 31% of the region's forests and fell below 50%  $PAW_{max}$  in half of the forests. Field measurements and experimental forest fires indicate that soil moisture depletion below 25%  $PAW_{max}$  corresponds to a reduction in leaf area index of approximately 25%, increasing forest flammability. Hence, approximately one-third of Amazon forests became susceptible to fire during the 2001 ENSO period." That implication of the model, however, was not matched with the actual amount of forest fires during and before the drought (it was in fact quite small, much smaller than the portion of forest affected by low PAW). "Field measurements also suggest that the ENSO drought of 2001 reduced carbon storage by approximately 0.2 Pg relative to years without severe soil moisture deficits", but it is also acknowledged that the model used "is sensitive to spin-up time, rooting depth, and errors in ET estimates. Improvements in our ability to accurately model soil moisture content of Amazon forests will depend upon better understanding of forest rooting depths, which can extend to beyond 15 m" (NEPSTAD *et al* 2004:704).

The Nepstad dire predictions of more rapid dieback, pursued relentlessly from paper to paper, and mostly inspired by the Amazon 2001 and 2005 droughts plus the hypothesis of El Niño episodes of increasing severity and frequency) emerge as a **possible** result of the **hypothetical** persistence of then-recent events (up to the mid 2000s) plus the **purely theoretical** hypothesis of a 'tipping point' to be **hypothetically** reached if deforestation advances past some **unknown** percentage of tree cover, thus **possibly** triggering an 'abrupt change' process of **unknown** duration but **supposed** to be very rapid. The critical percentage of tree cover that would trigger the dieback process, if it exists, is unknown, though hypothesized (for unclear reasons) to be 30%. This large reduction in tree cover is assumed to happen in the near future, even if an artificial, very long and very severe 4-year drought only caused a much lower percentage of tree mortality (about 10% in four years), and no evidence of after-drought recovery was measured or analyzed. Evidence of forest recovery after human-caused deforestation (which is surely more dangerous than the death of specific trees within the forest) suggests regrowth and recovery to be quite fast (RAMANKUTTY *et al* 2007).

Several remarks are in order: (1) past Amazon droughts, even the rare supra-annual droughts, have never triggered this kind of process; (2) drying processes in Eastern Amazonia were simulated by some models, like in Cox *et al*, based on a **presumed** effect of global warming on ENSO, generating more frequent and more intense El Niño phases, or a persistent El Niño state, for which no evidence exists, as will be discussed below; (4) the Nepstad experiment was followed only through the artificial 4-year drought; continued observation of the experimental plot may show recovery along following normal years, after the loss of trees observed in the experimental plot;

the extent of recovery has not been observed in the Nepstad experiment, but past experience with deforested areas (as in RAMANKUTTI *et al* 2007) show rapid regrowth even in areas totally razed by human clearing activity.

The audacious predictions in Nepstad *et al* 2008 mostly rely, then, on hypothetical processes of abrupt change that are moreover supposed to be triggered and completed within a very short time. Abrupt change dynamics, whereby systems undergo rapid change after passing a critical value of certain variables, do not always mean, however, that the ensuing change is either immediate, rapid, or catastrophic. The timescales are longer. Other 'tipping point' theorists such as those revised by Lenton *et al* 2008 (and the IPCC report: see Meehl *et al* 2007: 775-776) reckon that **several centuries** and even *millennia* may elapse between the time a tipping point is reached and the time an effect is observable or completed. In most cases, however, the matter is purely hypothetical or definitional, since no actual tipping point (or the time needed to reach that point or for the effect to manifest itself) has ever been discovered or measured, for the Amazon dieback or for most other potential tipping elements.

While discussing tipping point hypotheses or 'abrupt climate changes', the 2007 IPCC report mentions several possible cases that have been suggested (not including the Amazon dieback). Actually some 'abrupt' changes seem to have occurred in the past, but not very rapidly at the human scale. The IPCC report comments about one of the most frequently cited paleo-examples:

The cooling events during the last ice ages registered in the Greenland ice cores developed over **a couple of centuries to millennia**. [...] Upon the crossing of a tipping point (bifurcation point), the evolution of the system is no longer controlled by the time scale of the forcing, but rather determined by its internal dynamics, **which can either be much faster than the forcing, or significantly slower**. Only the former case would be termed 'abrupt climate change', but the latter case is of equal importance. [...] **For the long-term evolution of a climate variable one must distinguish between reversible and irreversible changes** (MEEHL *et al* 2007, p.776, italics added).

The report insists that there is little (if any) evidence of the existence (or the irreversibility) of tipping points for various possible systems including the Atlantic Meridional Overturning Circulation, the melting of Greenland, and other natural systems. The Amazon is not mentioned in this context.

The Nepstad Amazon forest disappearance (or catastrophic shrinking) predictions, for the accomplishment of which only some 20 years are left, should be regarded with great caution, to say the least, in view of the overall scientific consensus on abrupt climate change, the lower rates of deforestation observed in recent years, improved protection of fragile areas and increasing establishment of protected areas in the frontier of deforestation, and lack of data on

crucial issues such as the very existence of a tipping point, and parameters such as the critical value for the tipping point in case it exists, the time it would take for the subsequent process to complete, and the reversibility or irreversibility of the process. Indeed, Nepstad *et al* 2008 predicate the dieback upon condition of certain recent processes and events to continue unabated in the future, and acknowledge that (counteracting the trends on which the dieback projections are based) emerging changes are observed in landholder behaviour as well as recent successes in establishing large blocks of protected areas in active agricultural frontiers and practical techniques for concentrating livestock production on smaller areas of land. All these observed changes could reduce the likelihood of large-scale self-reinforcing replacement of forest by fire-prone bush.<sup>8</sup>

Models used by authors proposing the dieback hypothesis have large uncertainties and doubtful assumptions, and there is consequently a generalized lack of scientific consensus about the idea of an impending collapse or 'savannisation' of the Amazon forest. The hypothesis has been advanced by just a handful of authors, especially in its most extreme forms predicting the disappearance of the forest within a few decades. Even their proponents offer it just as a hypothesis and a mere possibility, and also state that **counter-tendencies are at work** and relatively **easy solutions are at hand**. In this vein Cox *et al* 2004 state in their conclusions: "The modelled Amazonian dieback phenomenon is therefore qualitatively understood, but we are still a long way from being able to estimate the probability of such an ecological catastrophe occurring in the real Earth system." The 2007 IPCC report on regional climate changes is also very cautious in this respect:

In a version of the HadCM3 model with dynamic vegetation and an interactive global carbon cycle (BETTS *et al*, 2004), a [**forced**] tendency to a more El Niño-like state contributes to reduced rainfall and vegetation dieback in the Amazon (COX *et al*, 2004). But the version of HadCM3 participating in the MMD projects by far the largest reduction in annual rainfall over AMZ [**Amazon region**] (-21% for the A1B scenario). This stresses the necessity of being very cautious in interpreting carbon cycle impacts on the regional climate and ecosystem change

---

<sup>8</sup> According to Nepstad *et al* 2008, another possible deterrent could be the establishment (in the UN Framework Convention on Climate Change) of compensations to tropical countries for reducing carbon emissions, which in turn may be turned into incentives for loggers, ranchers and farmers to avoid deforestation. However, this does not seem a sensible proposition for the problem at hand. No matter how effective it could be in the long term, it is a slow-moving incentive system that could hardly be put in place and have significant effect before the foretold catastrophe is completed by 2030. In fact, if the dieback timing postulated by Nepstad *et al* were correct, such a long-term policy would be useless: the forest would be long gone before such mechanism had any chance of yielding any significant effect. Inclusion of this proposal in the paper seems motivated more by the desire to advance an emission-mitigation policy than by any reasoned evidence of its efficaciousness or pertinence as a counter-measure for a supposedly imminent Amazon dieback. **Adaptation** measures should be more in order. However, on a more long-term view, REDD mechanisms might help finance a policy to halt deforestation by means of expanded protected areas (as discussed by Soares-Filho *et al* 2010).

until there is more convergence among models on rainfall projections for the Amazon with fixed vegetation (CHRISTENSEN *et al* 2007, p.896; text in square brackets added).<sup>9</sup>

In other words, this passage of the IPCC report points out that Cox *et al* as well as Betts *et al* chose, among various available model implementations, one specific model predicting a **decrease** in Amazon precipitation (whilst most models predict an increase), and moreover, they used the one implementation of that model predicting **the most extreme** reduction of rainfall over the Amazon, to support their conclusions about a possible dieback. This model, besides, assumes as a determining causal factor the supposed tendency, for which no evidence exists, towards a more persistent El Niño state of ENSO in the immediate future.

Models are divided about future rainfall in the Amazon, some predicting more, some less, with **a majority predicting more** (the central IPCC prediction is an increase of rainfall). According to the authors of the regional 2007 IPCC WG1 report, only the use of various convergent models is the adequate way to predict such dramatic changes on such an important part of the world.

The irreversibility of the dieback process is also in question. Even if a considerable climate effect on the Amazon basin and the whole region has been envisaged by authors exploring the dieback hypothesis, they have also argued that **small efforts may change this scenario**. Forest dieback would be, in other words, reversible and, moreover, rather easily reversed. In a related article (NEPSTAD *et al* 2007) it is estimated that deforestation in the Brazilian Amazon could be brought to approximately **zero within 10 years** in the context of a 30-year programme costing \$8 billion or \$266 million per year, less than \$2 per tonne of reduced carbon emission. This estimate is lower than previous ones (SATHAYE *et al* 2006, OBERSTEINER *et al* 2006, SOHNGEN AND SEDJO 2006, STERN 2006), largely because opportunity costs are not fully compensated, and spatially-explicit modelling of land use rents shows that most carbon emissions carry very low opportunity costs. The authors' programme includes the doubling of income and improved health, education and technical assistance services for 200,000 forest-dwelling families. The benefits also include a more secure rainfall system for central and southern Brazil, and the avoidance of \$11 to \$83 million per year in fire-related damages to the Amazon economy. Successful reduction of emissions to nearly zero in three decades is a daunting task, in spite of recent progresses, and will depend on the development of efficient, transparent institutions, suggesting its achievement is likely to take more time.

<sup>9</sup> Betts *et al* 2004, cited in this passage, underscore interactions whereby initial forest shrinkage due to lower precipitation causes further reductions in rainfall, which accelerate the dieback. This spiralling mechanism, however, is criticized by the same authors on grounds of inadequate model choice and for being based on an unlikely persistent El Niño. According to Gullison *et al* 2007, gradual reductions in deforestation rates to 50% of their value in the 1990s would produce significant reductions in carbon emissions over the 21<sup>st</sup> century, but those levels of reduction in deforestation rates have already been achieved through policy in the first decade of the century, without using any of the mechanisms (such as REDD or cap-and-trade) supposed to entail such reduction over a longer period.

Another study pointing towards the reversibility of any danger of savannisation is Malhi *et al* 2009. They emphasize that even if Western Amazonia is largely free of that danger, some parts of Eastern Amazonia may suffer water stress and thus more danger of fire. However, they add, “our analysis suggests that dry-season water stress is likely to increase in E. Amazonia over the 21st century, but the region tends toward a climate more appropriate to seasonal forest than to savanna” (MALHI *et al* 2009:20610). They reckon that deforestation has been greatly reduced since 2005, and suggest that “deliberate limitation of deforestation and fire may be an effective intervention to maintain Amazonian forest resilience in the face of imposed 21st-century climate change. Such intervention may be enough to navigate E. Amazonia away from a possible ‘tipping point,’ beyond which extensive rainforest would become unsustainable” (*ibidem*). They also remark on the positive effect of increased carbon dioxide (linked to climate change) on vegetation: “the 21st-century rise in CO<sub>2</sub> may to some extent mitigate the effects of enhanced seasonality in rainfall and lessen the likelihood of forest loss.” (MALHI *et al* 2009:20613). The important role of atmospheric CO<sub>2</sub> had already been highlighted in Malhi & Grace 2000

Much of the alarm in previous prognosis rested on the severe 2005 drought **plus** the temporarily rising trend in deforestation observed in the few years leading to the 2004 peak. However, rainfall was particularly high after 2005, and deforestation is actually decreasing quite fast (75% fall from 2004 to 2009). The Brazilian government has committed large amounts of money for Amazon protection, in excess of the \$8 billion estimated by Nepstad *et al*, and has even established an international fund calling for contributions of up to \$21 billion to assist the Government to conserve the Amazon.

Soares-Filho *et al* 2010 find that the creation and enforcement of protected areas is highly effective: “The recent expansion of [protected areas] in the Brazilian Amazon was responsible for 37% of the region’s total reduction in deforestation between 2004 and 2006 without provoking leakage [i.e. deflecting deforestation to other areas]”.<sup>10</sup> The protected area network established by 2008 or already underway would have a total cost (net present value) of \$147 billion, avoiding a total of 8 Pg of carbon emissions by 2050 at a cost of \$5.6 per ton of carbon not emitted. These costs include protected area management plus opportunity costs of foregone agriculture and

---

10 The authors attribute a large part (more than 40%) of changes in deforestation (from the 1990s up to 2006) to changes in agricultural prices, especially the price rise from 2002 to 2006. However, deforestation kept decreasing after 2006, while world food prices soared in 2007 and 2008 and remained very high (albeit lower than the 2008 peak) in 2009-2010. As the same authors recognize, their period of analysis is too short for achieving far-reaching conclusions; and there is also evidence that most (or nearly all) growth in Brazilian agricultural output over latest decades is due to increased land productivity, with practically no increase in the amount of agricultural (arable or grazing) land. A repeat of the Soares-Filho analysis with more recent data would probably result in a higher share of decreased deforestation attributed to expansion and better enforcement of protected areas. Also, their analysis included many legally protected areas where no activity or legislation is in place to deter deforestation (e.g. military reserves or Indian land devolution); their exclusion would increase the share of protected areas where deforestation actually fell.

timber activity in protected areas. Thus the Brazilian policy of massive expansion of protected areas is already reducing deforestation and would drastically reduce it in the future.

Also, incomes and standards of living are improving in the Amazon as shown by positive trends in income, health, cooking fuel use and education statistics in the Brazilian household survey (PNAD), among other indicators. Assuming modest rates of growth in the standard of living (well below the historical rate of progress in the area) implies further improvement of these indicators, while subsistence farmers diversify their livelihoods, reduce land clearing, and reduce household use of firewood or charcoal as electricity and natural gas reach every home.

In fact, subsistence farmers are a decreasing share of the population in the region, as almost everywhere; their numbers are already dwindling in many places and not increasing in most, and bottled natural gas is rapidly replacing charcoal and wood as cooking fuel in the rural areas of the Amazon region, as indicated by recent PNAD Household Surveys in Brazil (now covering the rural Amazon areas, not included in previous PNAD waves up to 2003).

Authors hypothesizing a dieback of the forest in the near future also mention that several other concurrent trends (besides deliberate policy) could prevent a near-term forest collapse. As fire-sensitive investments accumulate in the landscape, landholders or settlers are likely to use less fire to clear land and invest more in fire control. Commodity markets are demanding higher environmental performance from farmers and cattle ranchers. Protected areas have been established in the pathway of expanding agricultural frontiers. All this implies that a dieback process, if its tipping point exists and if it is ever reached, would be also easily reversed, or may be already in the process of being deterred or reversed by ongoing processes. For the time being, as aptly summarised by some of its main proponents (Cox *et al*), it remains just a theoretical possibility or speculation, without any manner of empirical evidence.

## 6. Tipping points

The Cox *et al* and Nepstad *et al* Amazon dieback models use the idea that a “tipping point” would be reached once tree cover is reduced to a certain degree (e.g. –30%). Once that particular threshold is passed, it is argued, fires, heat and drought interaction may reduce the remaining forest to a savanna in a very short time. The actual existence or viability of such a mechanism is only hypothetical, and furthermore, the specific value selected for the tipping point (a 30% reduction in tree cover) is also not scientifically justified, and offered only as an example or, at best, a rough preliminary approximation. The Amazon dieback hypothesis has been thus proposed as one of several potential examples of “tipping elements”, i.e. systems that may change abruptly after reaching a critical value, rather than evolving in a gradual or “linear” fashion (GLADWELL 2000; LENTON *et al* 2008).

Lenton *et al* formally **define** a “tipping element” as a system with the potentiality to pass a critical value of some parameter, beyond which large transformations occur:

Human activities may have the potential to push components of the Earth system past critical states into qualitatively different modes of operation, implying large-scale impacts on human and ecological systems. Examples that have received recent attention include the potential collapse of the Atlantic thermohaline circulation (THC) (1), dieback of the Amazon rainforest (2), and decay of the Greenland ice sheet (3). Such *phenomena* have been described as ‘tipping points’ following the popular notion that, at a particular moment in time, a small change can have large, long-term consequences for a system, i.e., ‘little things can make a big difference’ (4). (LENTON *et al* 2008:1786, italics added).<sup>11</sup>

After this informal introduction of the concept, Lenton *et al* give a more formal definition (supplemented by an axiomatic formulation in an Appendix) stating the conditions theoretically defining a tipping element. They include foremost a defining feature:

1. The system’s parameters can be reduced to a single control element  $\varrho$ , and a critical value  $\varrho_{crit}$  exists from which a significant variation by  $d\varrho > 0$  leads to a significant change in a crucial system feature  $F$  after some observation time  $T > 0$ .

Furthermore, tipping elements are regarded as **policy-relevant** if these other conditions are met:

2. Human activities are interfering with the system such that decisions taken within certain “political time horizon” ( $T_p > 0$ ) can determine whether the critical value  $\varrho_{crit}$  is reached. The time of the critical decision is denoted as  $T_{crit}$  and should be shorter than  $T_p$ , i.e.  $T_{crit} < T_p$ .
3. The observation time required to observe a qualitative change in  $F$ , denoted by  $T$ , plus the time to trigger the process ( $T_{crit}$ ) is within an “ethical time horizon” (TE). In symbols:  $T_{crit} + T \leq TE$ . Consequences in the very distant future (after TE) are of lesser concern.
4. A significant number of people care about the outcome. Consequently the change in  $F$  should be defined in terms of impacts.

All this is just an elaborate **definition**. It does not tell whether any actual tipping element does exist, has existed or will exist, or what its characteristics and values would be. Based on this definition, Lenton *et al* examine several potential candidates, including the melting of the Green-

<sup>11</sup> Numbered citations in the cited Lenton’s text correspond to (1) Rahmstorf S, Ganopolski A (1999) *Clim Change* 43:353–367; (2) Cox PM, Betts RA, Jones CD, Spall SA, Totterdell JJ (2000) *Nature* 408:184–187; (3) Huybrechts P, De Wolde J (1999) *J Clim* 12:2169–2188; (4) Gladwell M (2000). It is important to note that all “phenomena” cited in the paragraph are not actual “phenomena” (observable manifestations of Nature) but mere definitions and unobserved hypotheses derived from a “popular notion”.

land Ice Sheet and the Amazon dieback. The two candidate tipping elements more directly concerned with this paper are the sea temperature rise after which El Niño becomes persistent or permanent, possibly determining drier conditions over the Amazon, and the possible tipping point causing the subsequent conversion of the Amazon forest into a savanna. Regarding the Amazon, Lenton *et al* start by stating that “simulations of Amazon deforestation **typically** generate 20–30% reductions in precipitation (78), lengthening of the dry season, and increases in summer temperatures (79) that would make it difficult for the forest to reestablish.” (Lenton *et al*, 2008: 1790, italics added).<sup>12</sup> This phrasing is quite misleading. **Some** simulations do so, but not **typically**, and they do so mostly in Eastern Amazonia (outside the rainforest). In fact, as was already discussed, the likely change in Amazon precipitation is uncertain, but a clear majority of models (including the multi-model IPCC consensus prediction) forecast more moisture and precipitation as Lenton *et al* clearly state in other passages of their paper. In fact, among the small minority of models predicting drier conditions, the particular model on which the dieback hypothesis was predicated is also the particular model predicting the single largest rainfall reduction. Moreover, the alleged fall in rainfall is linked with changes in ENSO which are not likely ever to occur, and even less likely to occur in the near future.

Even admitting a (very dubious) decrease in precipitation over most of the Amazon forest during the 21<sup>st</sup> Century (contrary to the IPCC forecast), the actual prospect of a dieback has been emphatically doubted by Cox and his collaborators: the possible mechanism, they write, is understood, but whether it could or would happen is not known. The more dramatic dieback scenario envisaged by Nepstad *et al*, where the jungle is fragmented and destroyed by fires and deforestation, is even more unlikely with current rates of deforestation, and with deforestation taking place only in some specific hotspots, mostly located at the relatively less forested areas along the borders of the basin, and not at the large wet rainforest core, and occurring (even at hotspots) at not very high and generally decreasing rates. Moreover, as Nepstad *et al* 2007b emphatically remark, this process could be easily stopped, at relatively low cost, by policy measures. Effective policies are in fact already underway, and developments since 2007 have clearly shown a sharp decrease in deforestation rates, even in a period of soaring prices for agricultural commodities such as beef, cereals and soybeans.

## 7. El Niño connection

Lenton *et al*, like Cox *et al*, make the Amazon dieback dependent on the **prior** establishment of a persistent or permanent El Niño state of ENSO, because that is an essential factor of reduced

---

<sup>12</sup> Citations are: (78) Zeng N, Dickinson RE, Zeng X (1996) *J Clim* 9:859–883; (79) Kleidon A, Heimann M (2000) *Clim Dyn* 16:183–199.

Amazon moisture in the few models predicting a reduced precipitation over the Eastern part of the region; but on the other hand the same Lenton *et al* paper cites work casting heavy doubts on this crucial condition ever happening, or (if it happens) to occur before several centuries ahead or even before the end of the current millennium, and this only if anthropogenic warming is not stopped or abated in the meantime. “Dieback of the Amazon rainforest has been predicted (2, 80) to occur under 3-4°C global warming **because of a more persistent El Niño state** that leads to drying over much of the Amazon basin (81)” (LENTON *et al* 2008: 1790, emphasis added).<sup>13</sup> However, the persistent El Niño precondition is not likely to occur in the foreseeable future, and Amazon temperature is not likely to increase by 3-4°C in the near future (IPCC projections envisage warming reaching 2-3°C at the end of the 21st Century; warming is predicted to be lower at the Tropics than at Arctic and other Northern locations). Diverging results are also acknowledged: “Different vegetation models driven with similar climate projections also show Amazon dieback (82), but other global climate models (83) project smaller reductions (or increases) of precipitation and, therefore, do not produce dieback (84).” (*ibidem*).<sup>14</sup> These potentially crucial opposite results, however, are mentioned just in passing and not pursued further. The fact that they are in the majority goes also unremarked. Only the very few model outcomes in favour of the dieback hypothesis are discussed at any length.

ENSO has indeed shown increased activity in recent decades, and this is often associated with climate change. However, there is little basis for this belief.

Analysis of historical observations of SST [**sea surface temperatures**] indicates that El Niño had relatively high amplitude during the period 1885-1915, followed by a few decades of relatively low amplitude (1915–1950) followed by a return to higher amplitudes since about 1960. [...] Similarly, a four century time series of normalized NINO3 region SST from our coupled GCM (Fig. 1a) shows substantial fluctuations in amplitude on a multidecadal timescale (Knutson *et al* 1997:138; text in square brackets added).

Several other sources and methods confirmed these findings. The same authors analysed other research results and concluded that “much of the past amplitude modulation of the observed ENSO could be attributable to internal variability of the coupled ocean–atmosphere system”, i.e. not to climate change in general, and much less to climate change in recent decades. Moreover:

<sup>13</sup> Numbered citations are: (2) Cox PM, Betts RA, Jones CD, Spall SA, Totterdell IJ (2000) *Nature* 408: 184–187; (80) Cox PM, Betts RA, Collins M, Harris PP, Huntingford C, Jones CD (2004) *Theor Applied Climatol* 78:137–156; and (81) Betts RA, Cox PM, Collins M, Harris PP, Huntingford C, Jones CD (2004) *Theor Applied Climatol* 78:157–175. Another related paper is Harris *et al* 2008.

<sup>14</sup> Citations are: (82). White A, Cannell MGR, Friend AD (1999) *Global Environ Change* 9:S21–S30; (83) Li W, Fu R, Dickinson RE (2006) *J Geophys Res* 111:D02111; and (84) Schaphoff S, Lucht W, Gerten D, Sitch S, Cramer W, Prentice IC (2006) *Clim Change* 74:97–122.

In two 1000-yr CO<sub>2</sub> sensitivity experiments, the **amplitude** of the model ENSO **decreases** slightly relative to the control run in response to either a doubling or quadrupling of CO<sub>2</sub>. [...]The **frequency** of ENSO in the model **does not appear to be strongly influenced by increased CO<sub>2</sub>**. Since the multidecadal fluctuations in the model ENSO's amplitude are comparable in magnitude to the reduction in variability due to a quadrupling of CO<sub>2</sub>, the results suggest that the impact of increased CO<sub>2</sub> on ENSO is unlikely to be clearly distinguishable from the climate system 'noise' in the near future (Knutson *et al* 1997:138, italics added).

This is very important, because current predictions about world atmospheric carbon concentrations do not foresee more than 3×CO<sub>2</sub> in the 21<sup>st</sup> Century, reaching nearly 4×CO<sub>2</sub> in some long-term extreme exercises (relative to pre-industrial times; 1.4×CO<sub>2</sub> is already reached), and the quoted results tell that even quadrupling the concentration (4× CO<sub>2</sub>) causes only a "slight decrease in amplitude" and no change in frequency. This means that the implied ENSO response is neither higher amplitude (with more frequent El Niño or La Niña extremes) nor a persistent El Niño state (with low amplitude at a warmer temperature). Models say ENSO would continue more or less unchanged, perhaps with slightly less amplitude at extremely high CO<sub>2</sub> concentration, not envisaged in the standard IPCC scenarios. Other more recent studies concur in concluding that the possible impact of climate change on ENSO is undecided or nil, as no consistent ENSO trend has been detected. As Lenton *et al* 2008 summarize:

Under future forcing, the first OAGCM [Ocean Atmosphere Global Circulation Models] studies showed a shift from the current ENSO variability to more persistent or frequent El Niño-like conditions. Now that numerous OAGCMs have been intercompared, **there is no consistent trend in their transient response and only a small collective probability of a shift toward more persistent or frequent *El Niño* conditions** (61, 62). (LENTON *et al* 2008:1790; emphasis and text in square brackets added).<sup>15</sup>

Even this assessment stops short of the actual evidence: this 'small collective probability' of a more persistent or frequent El Niño refers to models not reproducing observed ENSO behaviour and actually not predicting on the whole a persistent El Niño: in fact Lenton *et al* go on writing: "the most realistic models simulate increased El Niño **amplitude** (with no clear change in frequency) (54)." (2008, italics added).<sup>16</sup> **More amplitude** means that El Niño and La Niña would be more intense, and thus may produce stronger effects when they come, but in fact it means **more variability**, not a more persistent or permanent El Niño condition which is rather associated with **less** variability and **lower** amplitude. If the more realistic models predict (however uncertainly)

<sup>15</sup> Citations by Lenton et al in this paragraph are as follows: (61) Collins M, Groups TCM (2005) *Clim Dyn* 24:89-104; (62) van Oldenborgh GJ, Philip SY, Collins M (2005) *Ocean Sci* 1:81-95.

<sup>16</sup> The citation is as follows: (54) Guilyardi E (2006) *Clim Dyn* 26:329-348.)

more amplitude, they are by implication **refuting** any trends towards a more permanent El Niño condition. On the other hand, models predicting increased amplitude are indeed more realistic than others as concerns current or past trends, but their predictive capacity is still very limited, and even their prediction of higher amplitude is quite uncertain. Eric Guilyardi, the very author cited by Lenton *et al* to support the above prediction of increased amplitude, writes:

In many respects, these models are also among those that best simulate the tropical Pacific climatology (ECHAM5/MPI-OM, GFDL-CM2.0, GFDL-CM2.1, MRICGM2.3.2, UKMO-Had-CM3). Results from this large subset of models **suggest the likelihood** of increased El Niño amplitude in a warmer climate, though **there is considerable spread of *El Niño* behaviour among the models**, and the changes in the subsurface thermocline properties that may be important for El Niño change **could not be assessed**. **There are no clear indications of an *El Niño* frequency change with increased GHG** (Guilyardi 2006:329; GHG=Greenhouse gases).

In more recent work, Guilyardi *et al* 2009a further write:

The ability to simulate El Niño as an emergent property of these models has largely improved over the last few years. Nevertheless, the diversity of model simulations of present-day El Niño **indicates current limitations in our ability to model this climate phenomenon and anticipate changes in its characteristics** (italics added).<sup>17</sup>

Variance across models is very wide. Commenting on the AR4 report, Guilyardi *et al* (2009a:11) write: “While some models show an increase in ENSO variability in response to greenhouse gas increases, others do not exhibit any detectable change while others show a decrease in variability.” In other words, there is no consistent signal of increased or decreased amplitude across models. Later, the same authors write:

Discerning whether any future changes in ENSO amplitude are due to external forcing or are simply due to internal longer-term variation is complicated by significant decadal fluctuations both in observations and in long control integrations. Nevertheless, changes of ENSO variability, where they can be detected above these large natural variations, are highly model dependent, even if extreme scenarios are analysed ( $4\times\text{CO}_2$ ). Hence, even though all models show **continued** ENSO variability in the future **no matter** what the change of average background conditions, **there is no consistent indication at this time of discernible changes in amplitude or frequency for the 21st century** (GUILYARDI *et al* 2009a:11-12; italics added; references deleted).

In other words, all models see continued variability (no signs of a persistent El Niño condition) and there are no consistent indications of changes in amplitude or frequency even with the

<sup>17</sup> See also Guilyardi *et al* 2009b and Collins *et al* 2010.

amount of climate change predicted for the 21<sup>st</sup> Century. Any alleged trends in ENSO due to climate change lack sufficient scientific basis and are still very much open to research.

Even the task of assessing agreement or disagreement of model results with past observations is also problematic in this case. "In many prediction problems [...] it is possible to verify predictions after the fact. This becomes practically very difficult in the case of the ENSO response to climate change, as the signal-to-noise ratio is very small due to strong interannual (and decadal) variability" (GUILYARDI *et al* 2009a:15). This is so for recent observations, but becomes especially true for paleo-evidence about the distant past based on corals and deep sea cores, fraught with large intrinsic uncertainties, as well as for relatively recent data showing overwhelming noise/signal ratios. In such conditions, telling good models from bad can only be done in a very coarse manner. Not only better models are needed but better data too.

Hence, to improve decadal to centennial projections, process and feedback diagnostics are needed to limit the subset of models to those that are more consistent with the real world. Even if models do not predict significant changes in El Niño statistics in the future (e.g. amplitude or frequency), the relative balance of feedbacks (and the associated impacts) during ENSO could evolve, perhaps altering ENSO predictability (GUILYARDI *et al* 2008:12, references deleted).

More research is thus needed, with unknown prospects. From another point of view Guilyardi *et al* examine paleo-evidence from the early Pliocene (3-5 million years ago). Interpretation of that evidence may suggest the hypothesis that Pliocene climate included a permanent El Niño condition:

During this time interval, and possibly before, the proxy data **may be interpreted** as showing a significantly reduced or virtually non-existent zonal SST [sea surface temperature] gradient along the equator with therefore no possibility for ENSO development (*ibidem*, italics and text in brackets added).

Thus far, then, the evidence for the early Pliocene would suggest to Guilyardi and collaborators (and also to Fedorov *et al* 2006) the possible absence of oscillation and therefore no likelihood of a persistent El Niño-like state in that early period. However promising this analogy may appear, simulations of Pliocene climate in our future does not produce a persistent El Niño (a "Pliocene paradox" in the words of Fedorov *et al*). The high-carbon Pliocene climate can be considered, in Guilyardi *et al* (2009a) words, as "a partial analogue" of our present climate, but the finding of those authors was that **current climate models do not predict a persistent El Niño even after forcing CO<sub>2</sub> concentrations one order of magnitude above current values**, i.e. above 10xCO<sub>2</sub>, which is not only above Pliocene levels, but also far above the levels of concentration forced by all available climate scenarios and models: no foreseeable amount of anthropogenic greenhouse gases emissions would produce such extreme CO<sub>2</sub> concentrations, which are not foreseen even

in the most extreme scenarios of anthropogenic climate change for the next few centuries (IPCC scenarios project 2-4 times pre-industrial concentrations for 2100 or beyond).

Perhaps the search of “mechanisms for a permanent El Niño” (the Fedorov paper’s subtitle) should not be abandoned. Perhaps models should be further “improved” until they deliver the desired result (a persistent El Niño in the near future). Or perhaps there are real differences between the Early Pliocene climate and today’s global warming. Or maybe current interpretations of paleo data for the Pliocene are wrong and there was no permanent El Niño in that distant past either. For now these possibilities are still open, but the weight of evidence tends to dismiss the analogy, pointing instead towards **no discernible ENSO trend**. Corroboration of speculative hypotheses that climate change would bring a persistent or more variable or more frequent El Niño remains as elusive as ever.

A sample of perspectives on ENSO can be found in Díaz & Markgraf 2000. Though the whole book is relevant, see especially Sun 2000, who proposes a theoretical model of the coupled ocean-atmosphere system over the equatorial Pacific, which has two equilibrium states: one oscillatory in a cooler environment, and one steady in a warmer climate where surface sea temperature is much higher than the colder deep ocean. This framework, the author suggests, would imply a steady El Niño condition at some point in the past (possibly as recently as the early Holocene, 6000 years ago, as suggested in Markgraf & Díaz 2000), a hypothesis not sustained by the more detailed work of Guilyardi *et al* 2008 even under extreme CO<sub>2</sub> concentrations (and thus much warmer conditions), which are not only much higher than those prevailing in the early Holocene but even higher than those of the Early Pliocene.

The 2007 IPCC report is understandably quite sceptical about a persistent El Niño. It finds no clear trend toward a more persistent El Niño condition (a consequence of greater frequency **cum** higher temperature and **lower** amplitude) or even toward wider amplitude of oscillation (MEEHL *et al* 2007). They approvingly cite Guilyardi 2006 and also van Oldenborgh *et al* 2005, who ranked 19 models based on their skill in present-day ENSO simulations.<sup>18</sup> Using the most realistic six of these models, no statistically significant change was found in the amplitude of ENSO in the future (MEEHL *et al* 2007: 779). The 2007 IPCC report concludes: “Therefore, there are **no clear indications at this time regarding future changes in El Niño amplitude in a warmer climate**” and moreover “there is **no consistent indication at this time of discernible future changes in ENSO amplitude or frequency**” (MEEHL *et al* 2007: 780, italics added).

These sobering IPCC conclusions are important because some previous models had yielded alarming predictions of wider ENSO amplitude, or (contrariwise) a more persistent El Niño state,

---

<sup>18</sup> Van Oldenborgh & Burgers (2005) have also explored the relationship between ENSO and precipitation.

both with large potential impacts on continental climate and agriculture. Those changes were expected to materialize in the near term. These previous models were widely echoed in the press, in the countries concerned and in policy discussions.

In spite of their own analysis on ENSO, Lenton *et al* (after acknowledging the IPCC consensus that current evidence does not support any trend towards a more persistent El Niño, or towards more amplitude in the oscillation) choose to disagree:

Given also that past climate changes have been accompanied by changes in ENSO, we differ from IPCC (12) and consider there to be a significant probability of a future increase in ENSO amplitude. The required warming can be accessed this century (54) with **the transition happening within a millennium, but the existence and location of any threshold is particularly uncertain** (Lenton *et al* 2008: 1790, emphasis added).<sup>19</sup>

Notice first that even accepting the dissenting position of Lenton *et al*, the transition (to a persistent El Niño or to a higher amplitude of oscillation, which is not quite the same) is supposed to happen only “within a millennium”, with a tipping point in warming, triggering the start of that long process, to be “accessed this century”. A persistent El Niño or more widely oscillating ENSO would thus occur far later than the very short term envisaged for its alleged **consequence**, the Amazon dieback. The existence, timing and value of the alleged warming threshold which would trigger the long transition to a persistent El Niño are also uncertain (to say the least). Moreover, little actual evidence is offered to support the dissent of Lenton *et al* from the collective IPCC consensus on this crucial point concerning ENSO: The phrase “**Given that past climate changes have been accompanied by changes in ENSO**” cites as support the work of Guilyardi *et al* reviewed above, about the **possible** interpretation of deep-sea cores paleo-evidence of Early Pliocene temperatures as indicative of a dampened ENSO in that period, but not mentioning that those authors failed to corroborate this interpretation, nor the curious fact encountered by Guilyardi *et al* that available models fail to produce a dampened ENSO or persistent El Niño under Pliocene-like or even more severe conditions, e.g. forcing more than 10xCO<sub>2</sub> concentrations, which would be above the estimated Pliocene carbon level, and far above the highest predictions about climate change and carbon concentrations in the coming centuries, thus suggesting that the supposedly persistent El Niño in the Pliocene may be a wrong interpretation of paleo evidence, and that (even if that interpretation were correct) its replication in the future is highly unlikely.

The table of tipping elements in Lenton *et al* 2008 includes a transition towards more amplitude of ENSO (to occur within 1000 years and triggered within 100 years, both periods longer than predicted for the Amazon dieback). Moreover, that ENSO transition is towards more **am-**

<sup>19</sup> Citations in this passage are: (12) Meehl *et al* 2007; (54) Guilyardi E (2006) *Clim Dyn* 26:329–348; (61) Collins M, Groups TCM (2005) *Clim Dyn* 24:89–104; (62) van Oldenborgh GJ, Philip SY, Collins M (2005) *Ocean Sci* 1:81–95;

**plitude**, not towards a persistent El Niño. More amplitude for ENSO is by no means equivalent to a more persistent or permanent El Niño (or La Niña): it is rather the opposite, and –as Lenton *et al* acknowledge– models do not foresee changes in frequency. The IPCC reckons that trends towards increased amplitude or towards more frequency are not recognizable. A persistent El Niño condition may result from dampened amplitude and/or increased frequency under warmer sea surface temperatures, but hardly from increased amplitude and no change in frequency. On the other hand, enhanced amplitude for ENSO is said to be predicted to happen within a millennium and the required triggering warming to be reached within 100 years (Lenton *et al* 2008:1790), with no indication of a near-term persistent El Niño, but a hypothetical **result** of a persistent El Niño (the Amazon drought-related dieback) is presumed to happen in less than 50 years, much before its cause.<sup>20</sup>

To sum up: even for the most outspoken proponents of “tipping point” hypotheses about the Amazon, such as Cox, Nepstad, Lenton and their collaborators, the possibility of an Amazon abrupt dieback is a highly speculative and uncertain event, a mere possibility dependent on the prior establishment of a persistent or nearly permanent El Niño, and based on one totally atypical Global Circulation Model (one of the small minority of models predicting decreasing precipitation over Eastern Amazonia, and in fact in the one version predicting the largest such reduction, contrary to the majority of models and model runs). Even in the artificial and extremely long drought induced by Nepstad *et al* (2007a) signs of widespread forest decay were not observed, and the experiment did not look into the following period of recovery. Other studies of secondary re-growth show it to be quite strong and speedy, even in areas where forests were razed to the ground by humans. It is also reckoned that a persistent El Niño has itself, if any, a very small probability, with evidence not showing any consistent trend; and that even if it happens it would develop over a very long time. In the most favourable case, for which no evidence is presented, a transition to more amplitude in ENSO (not a permanent El Niño) would happen “within this millennium” but definitively well after this century, and without any sign of a threshold to be passed or having been passed. More ENSO amplitude would not mean a permanent El Niño, and no consistent signal exists for marked decrease of precipitation over the Amazon, and less so for the near future. No proof is offered that this hypothetical millennial increase in ENSO amplitude would imply a permanent El Niño (if anything, it is rather the opposite) or

20 One possible argument to explain the apparent inconsistency might possibly be that the  $T$  column in Lenton’s table (LENTON *et al* 2008:1788) is actually a mistaken notation for  $t_{crit}$ , the time required to reach each tipping point, instead of  $T$ , the additional time required to observe a qualitative change (LENTON *et al* 2008: 1786-7). In fact, the table does not explicitly mention  $t_{crit}$  and does not differentiate between  $t_{crit}$  and  $T$ . In this interpretation, the triggering point for the Amazon would be reached within 50 years, and the unstoppable shrinkage of the forest would ensue afterwards for an unstated, and perhaps long, period. But this possibility is denied by other examples in the table and by the article’s text, which confirm that the  $T$  column is meant to signify the  $T$  period in Lenton’s notation and not  $t_{crit}$ . Moreover, even in this hypothetical case the inconsistency between the ENSO and Amazon periods would persist. Besides, Lenton *et al* would have to deal with the proposition by Nepstad *et al* about the relatively inexpensive measures that would reverse the “unstoppable” dieback process.

would be the effect of a tipping point reached by critical human decisions taken this century, which are the durations required by the rather arbitrary political and ethical time horizons proposed by Lenton *et al.*<sup>21</sup> Even if an ENSO tipping point (assuming it exists) is reached this century, its supposed effects (a persistent El Niño) would not materialize for many centuries, and likewise would happen with one of its alleged consequences, i.e. decreased Amazon precipitation, allegedly triggering forest dieback.

Many of these problems are not discussed in Lenton *et al* 2008. Moreover, even the contentions, uncertainties and qualifications actually discussed in the text by Lenton *et al* (or in their cited references) are not mentioned in the main table presented in the paper (p. 1788). Several tipping point elements are included with their expected time-to-event,  $T$  (e.g. less than 50 years for the Amazon forest disappearance), with no mention of the critical triggering time  $t_{crit}$  which in the case of the Amazon should be practically now or already in the past. These  $T$  estimates are included in the table without comment, other than a generic footnote (p.1788, note †) stating: “Numbers given are preliminary and derive from assessments by the experts at the workshop, aggregation of their opinions at the workshop, and review of the literature.” It should be remarked, indeed, that there is *not* a consensus or anything approaching a consensus in the scientific community and the existing literature on the near-extinction of the Amazon forest within a few decades, nor indeed for many of the other tipping elements in the table. Such hypothesis for the Amazon, with varying periods to the event, has been raised by a few authors like Cox, Nepstad and their collaborators, offering some simulations based only on a very peculiar model, but all these authors explicitly state that it is just a theoretical possibility still lacking sufficient empirical evidence to make it feasible or probable at **any** future date, let alone scheduling it to happen just a few decades ahead. The scientific community at large has not embraced anything resembling this kind of theory. This tends to suggest that the group of experts attending Lenton’s workshop, and his review of the literature, were somewhat less than balanced, and perhaps less than statistically representative.

Tipping elements exist, of course. The next straw may break the camel’s back. An unnoticed HIV infection today, **if untreated**, may kill a person within a few years. Climate tipping points may also exist. There is some evidence of “abrupt” climate change in ancient times, but “abrupt” in this context, as said before, may mean “from several centuries to millennia” (in the words of the IPCC report, MEEHL *et al* 2007:774). When the AR4 report considers “abrupt change” hypotheses and discusses several examples, **not including the Amazon**, the general impression is of scepticism. The less negative opinion is about the Greenland Ice Sheet (GIS), but the speed envisaged is somewhat less than abrupt: “The few simulations of long-term ice sheet [behaviour] suggest

21 Arbitrary indeed: Why one century and one millennium? Why not two centuries and five millennia, or any other combination? The conclusions may vary accordingly.

that the GIS will significantly decrease in volume and area over the coming centuries **if a warmer climate is maintained** [...], a process which would take **many centuries** to complete” (MEEHL *et al* 2007:776, italics added). The report does not explicitly endorse those “few simulations” (which in fact foresee complete ablation after 3000 years of gradual deglaciation, conditional on the unwarranted assumption that anthropogenic global warming persists that long). For other abrupt changes the evaluation is still less positive. For example on the eventual collapse of the Western Antarctic Ice Sheet (WAIS): “Present understanding is insufficient for prediction of the possible speed or extent of such a collapse” (*ibidem*).

Evidence for the potential existence of tipping points for major environmental processes such as the rapid disappearance of the Amazon forest and, moreover, evidence that such tipping points exist at some definite value of certain policy-sensitive variables and/or at certain definite period in the near future, are scant to say the least. That the change may occur in a few decades is still less likely. Indications about the irreversibility of tipping points are even less evident, especially in cases of delayed effect. Moreover, the very proponents of the tipping point hypothesis advance the idea that modest policy initiatives may reverse the process. The hypothesis of abrupt Amazon dieback within the foreseeable future remains, on the whole, exponentially speculative: a speculation based on several layers of other speculations, each of which has a small or vanishing chance of coming true anytime soon.

## 8. Summing up

Extensive agricultural activity in the Brazilian Amazon hydrological basin has increased in the last three decades, albeit mostly in the borders of the basin, not in the core rainforest. Since this increased land use is recent, the region is still susceptible to an array of economic and social pressures. Pasture is the main land use in the Amazon region, because it represents one of the most inexpensive agricultural alternatives after deforestation and requires a relatively small and largely unskilled labour force. Only specific areas (always at the outer borders of the basin) are devoted to crops. Skole *et al* (1994) and Fearnside and Barbosa (1998) estimated that 75% of the deforested land had been managed as pasture at one stage or another; some 45% was converted directly to pasture (FEARNSIDE, 1996). Most of the rest is cleared for subsistence agriculture. However, deforestation for conversion to grassland is relatively rare nowadays: most deforestation is done by subsistence settlers. Development activities, including new roads, electric power distribution, financial incentives and improvement of river transportation and ports, have added value to cleared land in the Amazon basin and promoted the trend of converting forest and bush to pastures and croplands, but the impact extends mostly to narrow strips along the roads and small areas around ports. Nowadays, soybean cultivation, originally concentrated in the south-east

and central parts of Brazil, has been extended in the borders of the Amazon region, especially in the states of Rondônia and Mato Grosso, but not usually over recently deforested areas. New roads (e.g. Cuiabá-Santarém BR-163) and improvements in waterways and port infrastructure (e.g. Santarém and Porto Velho) will probably reduce soybean export costs and would accelerate the cultivation of soybean on former pasture lands, and even promote the clearing of native vegetation, mainly from the Cerrado bush vegetation, for pasture cultivation, but are unlikely to have much effect on virgin rainforest clearing. Fragile and easily swamped soils under the rainforest are not suitable for commercial mechanized cultivation, or even for grazing or subsistence farming. Rates of deforestation at the basin's borders are not therefore extrapolable to the vast wet rainforest core. Besides, re-deforestation of secondary regrowth is rapidly increasing.

Livestock grazing will continue to be the largest land use in the Amazon region in the coming decades. Therefore, it is essential to continue promoting scientific research on pasture management, as part of a sustainable-development strategy for the Amazon, allowing for continuing beef production without further intrusion into the forest. Development of more intensive forms of livestock raising and fattening, based on cultivated fodder and grain instead of natural pasture, is already substituting for natural grassland; intensively produced beef (specifically demanded by several export markets) would probably expand in the coming years. Proactive protection measures by the Government are checking the expansion of the agricultural frontier and greatly reducing the rate of deforestation.

The total size of the deforested area in the Amazon basin, sometimes estimated on the basis of the high rates measured at some of the hotspots, is indeed much lower than those estimates. The Brazilian government's estimated figure for the extent of gross historically accumulated deforestation, based on satellite imagery and extensive fieldwork, is 587,727 km<sup>2</sup>, or approximately 12% of the total Brazilian Amazon basin area (INPE 2000). This is gross deforestation of primary forest clearing. According to the regrowth percentages estimated by Ramankutty *et al* 2007, about one third of the gross deforested area is covered by secondary regrowth forest, not counting areas with planted trees (which are also growing). Net deforestation is likely to be lower than two thirds of the gross figure due to regrowth and plantations. The historical span for this accumulated effect is not clear, but in the very conservative hypothesis that it took place entirely within the latest 50 years and not taking secondary growth or plantations into account, deforestation would amount to an exponential rate of 0.25% per year. As a matter of fact, assuming 50 years is arbitrary: clearing began much before, actually centuries ago. Some of the "deforested" areas may have been in that condition from preindustrial or prehistoric times. As said before, part of the cleared primary forest is already regrown into secondary forest, and some has been replaced by planted trees.

For the latest two decades (1988-2009) for which satellite imagery is available, the Brazilian government estimate of an average yearly deforestation of 17,098 sq.km implies an annual rate of 0.36%, lower than the 21,000 sq.km (0.44%) estimated for 1977-88 which reflected the acceleration of forest destruction that started with the encouragement for deforestation given by the military government installed in 1964 and reigning until the 1980s, and not stopped immediately by the first democratic administrations after dictatorship ended (see Table 2). However, recent and energetic action by the Brazilian government has reduced the annual deforested area to about 12,000 km<sup>2</sup> per year in 2006-2008 and to 7,400 km<sup>2</sup> in 2009. This implies an annual rate in 2006-09 of about 0.22%, and 0.15% in 2009, relative to the Brazilian Amazon region, below the long-term historical record of 0.25%, and with a strong declining tendency.<sup>22</sup>

At an annual **gross** rate of 0.25%, and assuming no corrective measures are taken to slow gross deforestation even more, and that progress in deforestation would proceed at the same rate even over non suitable land at the core of the basin, the half life of the Amazonian rainforest (i.e. the time required for it to be reduced exponentially to 50% of the **total basin size**, including parts not having forest cover in recent centuries and areas not useful for grazing or crops) would be 327 years. It would take 1247 years at that exponential rate for the current forest to lose 90% of its present area, in the unlikely case that anybody wants to deforest the wet core where little (if any) agricultural activity can take place. This includes all causes of gross deforestation, anthropogenic or otherwise (including, for instance, forest fires not started by humans and non-anthropogenic climate change). The historical annual gross rate mentioned (0.25%) is already higher than the current rate (0.22% in 2006-08 and 0.15% in 2009). It is also noteworthy that, as noted before, more than a third of the gross deforestation reflected in those rates is now taking place in regrown areas, not on pristine forest. The net rate of primary deforestation (gross deforestation minus clearing of secondary regrowth), even not counting plantation of new trees, is significantly lower (0.09% in 2009 and about 0.15% in 2006-08). In the future, deforestation of primary forest is very likely to fall further as decreasing returns from deforestation are encountered, regulatory barriers expand and are enforced, and more regrown secondary forest becomes available.

In fact, as already mentioned, Brazil and other countries are stepping up environmental protection policies to protect the Amazon, and it is therefore expected that the historical (and current) deforestation rate would be forced to keep subsiding, helped also by a declining population growth rate, a more rapidly declining **rural** population, the gradual but accelerating replacement of fuel wood by natural gas, and the exhaustion of the more accessible and drier parts at the basin's margins, more suitable for crops and grazing than rainforest lowlands at the basin's core.

---

22 These rates are relative to the size of the Brazilian part of the Amazonian hydrological basin covering 4,776,980 km<sup>2</sup>, which makes nearly 70% of the entire Amazon basin. Only part of it has ever been covered by rainforest.

Most agricultural production growth in Brazil (more than 80% in 1961-2007 and nearly 100% since the 1990s) comes from increasing production per hectare, whilst only a small fraction (19% since 1961 to 2009, and nearly 0% in the 1990s and 2000s) comes from increased farmland area. Encroaching on forests for agricultural purposes (either crops or livestock) has become rather marginal and is rapidly dwindling.

Hypotheses envisaging 'abrupt' savannisation or 'die-back' of the Amazon forest in the near future, as well as the idea that climate change would make the rainforest drier and more prone to ravaging fires, have so far no satisfactory scientific basis and remain just as farfetched speculations.

Implications are vast in various respects. Climate change and its effects would not be significantly accelerated by a positive feedback from a vanishing Amazon forest; carbon emissions from Amazon deforestation are already on the wane and expected to keep diminishing. Decreasing numbers of Amazon households use forest wood as fuel in their homes, increasingly substituting natural gas. Agricultural expansion in Brazil (with its significant and growing contribution to the world's food output) would probably continue, mostly based on increasing productivity, and without much encroachment onto Amazon forest land.

## References

- ACHARD, F.; EVA, H.D.; STIBIG, H.J.; MAYAUX, P.; GALLEGU, J.; RICHARDS, T.; MALINGREAU, J.P. Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. *Science* n. 297, p. 999-1002, 2002.
- \_\_\_\_\_. **Determination of the World's Humid Tropical Deforestation Rates during the 1990's. Methodology and results of the TREES-II research programme.** Luxembourg: European Commission Joint Research Centre. 2002. TREES Publications Series B, Research Report No.5. Office for Official Publications of the European Communities. Disponível em: <<http://gem.jrc.ec.europa.eu/index.php/publications/show/626>>. Acesso em: 2002.
- ACHARD, F.; HUGH D.E.; MAYAUX, P.; STIBIG, H.J.; BELWARD, A. Improved estimates of net carbon emissions from land cover change in the tropics for the 1990s. *Global Biogeochemical Cycles*, 18:GB2008, doi: 10.1029/2003 GB002142. 2004.
- BARNEY, G.O. (ed.), **The Global 2000 Report to the President of the US: Entering the twenty-first Century.** New York: Pergamon Press. 1980. 3 v.
- BAWA, K.S.; DAYANANDAN, K. Social and economic factors in tropical deforestation. *Nature*, n. 386, p. 562-3, 1997.
- BETTS, R.A.; COX, P.M.; COLLINS, M.; HARRIS, P.P.; HUNTINGFORD, C.; JONES, C.D., The role of ecosystem-atmosphere interactions in simulated Amazonian precipitation decrease and forest dieback under global climate warming. *Theoretical and Applied Climatology*, n. 78, p.157-175, 2004.
- BOLIN, B.; SUKUMAR, R.; CIAIS, P.; CRAMER, W.; JARVIS, P.; KHESHGI, H.; NOBRE, C.; SEMENOV, S.; STEFFEN, W. **IPCC special report on land use, land-use change and forestry**, chapter 1. Cambridge (UK): Cambridge University Press.
- BOTTA, A.; FOLEY, J.A. Effects of climate variability and disturbances on the Amazonian terrestrial ecosystems dynamics. *Global Biogeochemical Cycles* n. 16, p. 1070, 2002.
- CANADELL, J.G.; LE QUÉRÉ, C.; RAUPACH, M.R.; FIELD, C.B.; BUITENHUIS, E.T.; CIAIS, P.; CONWAY, T.J.; GILLETT, N.P.; HOUGHTON, R.A.; MARLAND, G. Contributions to accelerating atmospheric CO<sub>2</sub> growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. n. 104, p. 18866 - 70, 2007.
- CHRISTENSEN, J.H.; HEWITSON, B.; BUSUIOC, A.; CHEN, A.; GAO, X.; HELD, I.; JONES, R.; KOLLI, R.K.; KWON, W.-T.; LAPRISE, R.; MAGAÑA RUEDA, V.; MEARN, L.; MENÉNDEZ, C.G.; RÄISÄNEN, J.; RINKE, A.; SARR, A.; WHETTON, P. 2007. Chapter 11: Regional Climate Projections. In: SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K.B.; TIGNOR, M.; MILLER, H.L. (eds.), **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the**

- Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007.
- COCHRANE, M.A.; SCHULZE, M.D. Forest fires in the Brazilian Amazon. **Conservation Biology**, n. 12, p. 948-950, 1998.
- COLLINS, M.; AN, S-I.; CAI, W.; GANACHAUD, .A.; GUILYARDI, E.; JIN, F-F.; JOCHUM, M.; LENGAIGNE, M.; POWER, S.; TIMMERMANN, A.; VECCHI, G.; WITTENBERG, A. The impact of global warming on the tropical Pacific and El Niño. **Nature Geoscience**, n. 3, p. 391-397, 2010.
- COX, P.M.; BETTS, R.A.; JONES, C.D.; SPALL, S.A.; TOTTERDELL, I.J. Acceleration of global warming due to carbon cycle feedbacks in a coupled climate model. **Nature**, n. 408, p. 184 -187, 2000.
- COX, P.M.; BETTS, R.A.; COLLINS, M.; HARRIS, P.P.; HUNTINGFORD, C.; JONES, C.D. Amazonian forest dieback under climate-carbon cycle projections for the 21st century. **Theoretical and Applied Climatology**, n. 78, p. 137-156, 2004.
- CRAMER, W.; BONDEAU, A.; SCHAPHOFF, S.; LUCHT, W.; SMITH, B.; SITCH, S. Tropical forests and the global carbon cycle: impacts of atmospheric carbon dioxide, climate change and rate of deforestation. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v. B, n. 359, p. 331–343, 2004.
- CRAMER, W.; BONDEAU, A.; WOODWARD, F.I.; PRENTICE, I.C.; BETTS, R.A.; BROVKIN, V.; COX, P.M.; FISHER, V.; FOLEY, J.A.; FRIEND, A.D.; KUCHARIK, C.; LOMAS, M.R.; RAMANKUTTY, N.; SITCH, S.; SMITH, B.; WHITE, A.; YOUNG-MOLLING, C. Global response of terrestrial ecosystem structure and function to CO<sub>2</sub> and climate change: results from six dynamic global vegetation models. **Global Change Biology**, n. 7, p. 357–373, 2001.
- DEFRIES, R.S.; HOUGHTON, R.A.; HANSEN, M.C.; FIELD, C.B.; SKOLE, D.; TOWNSHEND, J. Carbon emissions from tropical deforestation and regrowth based on satellite observations for the 1980s and 1990s. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA**, n. 99, p. 14256-14261, 2002.
- DIAZ, H.F.; MARKGRAF, V. (eds.) **El Niño and the Southern Oscillation : Multiscale Variability and Global and Regional Impacts.** Cambridge (UK): Cambridge University Press, 2000.
- EMBRAPA. **Delineamento Macro-Agroecológico do Brasil.** Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Brazilian Organization for Agricultural Research), 1991.
- FAO. Forest Resources Assessment 1990. Global Synthesis. **FAO Forestry Paper**, n. 124, 1995.
- FAO. **State of the world forest 1997.** Rome, Italy: 1997.
- FAO. Global Forest Resources Assessment 2000. Main Report. **Forestry Paper**, n.140, 2001.
- FAO. **State of the World's Forests 2009.** FAO, Rome. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/011/i0350e/i0350e00.htm>> e <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0350e/i0350e.pdf>>.

- FEARNSIDE, P.M. Deforestation in the Brazilian Amazon: How fast is it occurring? *Interiencia*, v. 7, n. 2, p. 82-85, 1982.
- \_\_\_\_\_. Amazon de-forestation and global warming: carbon stocks in vegetation replacing Brazil's Amazon forest. *Forest Ecology and Management*, n. 80, p. 21-34, 1996.
- \_\_\_\_\_. Global warming and tropical land-use change: greenhouse gas emissions from biomass burning, decomposition and soils in forest conversion, shifting cultivation and secondary vegetation. *Climatic Change*, n. 46, p. 115-158, 2000.
- \_\_\_\_\_. Comment on Determination of Deforestation Rates of the World's Humid Tropical Forests. *Science*, n. 299, p. 1115a, 2003.
- FEARNSIDE, P.M.; BARBOSA, R.I. Soil carbon changes from conversion of forest to pasture in Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, n. 108, p. 147-166, 1998.
- FEARNSIDE, P.M.; LAURANCE, W.F. Tropical deforestation and greenhouse-gas emissions. *Ecological Applications*, v.14, n. 4, p. 982-986, 2003.
- FEDOROV, A.V.; DEKENS, P.S.; MCCARTHY, M.; RAVELO, A.C.; DEMENOCAL, P.B.; BARREIRO, M. The pliocene paradox (mechanisms for a permanent El Niño). *Science*, n. 312, p. 1485-1489, 2006.
- FRIEDLINGSTEIN, P.; DUFRESNE, J.L.; COX, P.M.; RAYNER, P. How positive is the feedback between climate change and the carbon cycle? *Tellus B*, n. 55, p. 692-700, doi:10.1034/j.1600-0889.2003.01461.x, 2003
- GLADWELL, M. **The tipping point: How little things can make a big difference**. New York: Little Brown, 2000.
- GUILYARDI, E. El Niño-mean state-seasonal cycle interactions in a multi-model ensemble. *Climate Dynamics*, n. 26, p. 329-348, 2006.
- GUILYARDI, E.; WITTENBERG, A.; FEDOROV, A.; COLLINS, M.; WANG, C.; CAPOTONDI, A.; VAN OLDENBORGH, G.J.; STOCKDALE, T. Understanding El Niño in ocean-atmosphere general circulation models: progress and challenges. *Bulletin of the American Meteorological Society*, n. 90, p. 325-340, 2009a. Disponível em: <http://www.met.rdg.ac.uk/~ericg/publications.html>
- GUILYARDI, E.; BRACONNOT, P.; JIN, F.F.; KIM, S.T.; KOLASINSKI, M.; LI, T.; MUSAT, I. Atmospheric feedbacks during ENSO in a coupled GCM with a modified atmospheric convection scheme. *Journal of Climate*, n. 22, p. 5698-5718, 2009b. doi:10.1175/2009JCL12815.1.
- GULLISON, R.E.; FRUMHOFF, P.C.; CANADELL, J.G.; FIELD, C.B.; NEPSTAD, D.C.; HAYHOE, K.; AVISSAR, R.; CURRAN, L.M.; FRIEDLINGSTEIN, P.; JONES, C.D.; NOBRE, C. Tropical forests and climate policy. *Science*, n. 316, p. 985-986, 2007.
- HANSEN, M.C.; DEFRIES, R.S. Detecting longterm global forest change using continuous fields of tree-cover maps from 8-km Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) data for the years 1982-99. *Ecosystems*, n. 7, p. 695-716, 2004.

- HANSEN, M.C.; STEHMAN, S.V.; POTAPOV, P.V.; LOVELAND, T.R.; TOWNSHEND, J.R.G.; DEFRIES, R.S.; PITTMAN, K.W.; ARUNARWATI, B.; STOLLE, F.; STEININGER, M.K.; CARROLL, M.; DIMICELI, C. Humid tropical forest clearing from 2000 to 2005 quantified by using multitemporal and multiresolution remotely sensed data. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 105, n. 27 p. 9439-9444, 2008.
- HOUGHTON, J.T.; DING, Y.; GRIGGS, D.J.; NOGUER, M.; VAN DER LINDEN, P.J.; DAI, X.; MASKELL, K.; JOHNSON, C. (eds.). **Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change.** Cambridge (UK): Cambridge University Press, 2001.
- HOUGHTON, R.A. Tropical deforestation as a source of greenhouse gas emissions. In: MOUNTINHO P.; SCHWARTZMAN, S. **Tropical deforestation and Climate Change.** Belém: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2005. Disponível em: [http://www.davidsuzuki.org/files/Conservation/Tropical\\_Deforestation\\_and\\_Climate\\_Change.pdf](http://www.davidsuzuki.org/files/Conservation/Tropical_Deforestation_and_Climate_Change.pdf)
- \_\_\_\_\_. The annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use 1850–1990. *Tellus* V. B, n. 51, p. 298–313, 1999.
- \_\_\_\_\_. Carbon flux to the atmosphere from land-use changes: 1850-2005. In: **TRENDS: A Compendium of Data on Global Change. Carbon.** Tennessee, U.S.A.: U.S. Dept of Energy, Oak Ridge, 2008. Disponível em: <http://cdiac.ornl.gov/trends/landuse/houghton/houghton.html>.
- HOUGHTON, R.A.; RAMAKRISHNA, K. A review of national emissions inventories from select non-Annex I countries: implications for counting sources and sinks of carbon. *Annual Review of Energy and the Environment* n. 24, p. 571-605, 1999.
- INPE, **Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite.** São José dos Campos: National Institute for Space Research. 2000. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>.
- \_\_\_\_\_. **Projeto Prodes. Taxas de desmatamento anual 1988-2009.** São José dos Campos: National Institute for Space Research. 2009. Disponível em: [http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes\\_1988\\_2009.htm](http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2009.htm)
- JHA S.; BAWA, K.S. Population growth, human development, and deforestation in biodiversity hotspots. *Conservation Biology*, v. 20, n. 3, p.906–912. 2006.
- KAUFFMAN, J. B.; UHL, C.; CUMMINGS, D.L. Fire in the Venezuelan Amazon: fuel biomass and fire chemistry in the evergreen rainforest of Venezuela. *Oikos* n. 53, p. 167–175, 1988.
- KNUTSON, T.R.; MANABE, S.; GU, D. Simulated ENSO in a global coupled ocean–atmosphere model: multidecadal amplitude modulation and CO<sub>2</sub> sensitivity. *Journal of Climate*, n. 10, p. 138-161, 1997.
- LAURANCE W.F.; ALBERNAZ, A.K.L.M.; SCHROTH, G.; FEARNESIDE, P.M.; BERGEN, S.; VENTICINQUE, E.M.; COSTA, C. da. Predictors of deforestation in the Brazilian Amazon. *Journal of Biogeography*, v. 29, n. 5-6, p. 737–748, 2002. Doi:10.1046/j.1365-2699.2002.00721.x.

- LENTON, T.; HELD, H.; KRIEGLER, E.; HALL, J.W.; LUCHT, W.; RAHMSTORF, S.; SCHELLNHUBER, H.J. Tipping elements in the Earth's climate system. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. 6, p. 1786-1793, 2008. Disponível em: <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0705414105>.
- LINHARES, C.A.; SOARES, J.V.; ALVES, D.S.; ROBERTS, D.A.; RENNÓ, C.D. Deforestation and hydrology dynamics in Ji-Paraná river basin, Brazil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, p. 6799-6806, 2007.
- MALHI, Y.; GRACE, J. Tropical forests and atmospheric carbon dioxide. **Trends in Ecology and Evolution**, n. 15, p. 332-337, 2000.
- MALHI, Y.; ARAGÃO, GALBRAITH, L.E.O.C.; HUNTINGFORD, D.C.; FISHER, R.; ZELAZOWSKI, P.; SITCH, S.; MCSWEENEY, C.; MEIR, P. Exploring the likelihood and mechanism of a climate-change-induced dieback of the Amazon rainforest **Proceedings of the National Academy of Sciences** v. 106, n. 49, p. 20610-20615. Disponível em: <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0804619106>. Supplemental material: <http://www.pnas.org/cgi/content/full/0804619106/DCSupplemental>.
- MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A.; TOMASELLA, J.; OYAMA, M.D.; OLIVEIRA, G.S.; OLIVEIRA, R.; CAMARGO, H.; ALVES, L.M.; BROWN, I.F. The drought of Amazonia in 2005. **Journal of Climate**, v. 21, n. 3, p. 495-516, 2008.
- MARKGRAF, V.; DÍAZ, H.F. The past ENSO record: A synthesis. In: DIAZ, H.F.; MARKGRAF, V. (eds.) **El Niño and the southern oscillation: multiscale variability and global and regional impacts**. Cambridge (UK): Cambridge University Press, p. 465-88, 2000.
- MEEHL, G.A., STOCKER, T.F.; COLLINS, W.D.; FRIEDLINGSTEIN, P.; GAYE, A.T.; GREGORY, J.M.; KITO, H.; KNUTTI, R.; MURPHY, J.M.; NODA, A.; RAPER, S.C.B.; WATTERSON, I.G.; WEAVER, A.J.; ZHAO, Z.-C. Chapter 10: Global Climate Projections. In: SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K.B.; TIGNOR, M.; MILLER, H.L. (eds.), **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007.
- NEPSTAD, D.C.; LEFEBVRE, P.; SILVA, U.L. da; TOMASELLA, J.; SCHLESINGER, P.; SOLÓRZANO, L.; MOUTINHO, P.; RAY, D.; BENITO, J.G. Amazon drought and its implications for forest flammability and tree growth: a basin-wide analysis. **Global Change Biology**, v. 10, n. 5, p. 704-717, 2004.
- NEPSTAD, D.C.; TOHVER, I.M.; RAY, D.; MOUTINHO, P.; CARDINOT, G. Mortality of large trees and lianas following experimental drought in an Amazon forest. **Ecology**, v. 88, n. 9, p. 2259-2269, 2007a. Disponível em: <http://www.whrc.org/resources/publications/pdf/NepstadetalEcol.07.pdf>.
- NEPSTAD, D.C.; SOARES-FILHO, B.; MERRY, F.; MOUTINHO, P.; RODRIGUES, H.O.; BOWMAN, M.; SCHWARTZMAN, S.; ALMEIDA, O.; RIVERO, S. The costs and benefits of reducing carbon emissions from deforestation and forest degradation in the Brazilian Amazon. In: United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Conference of the Parties (COP), 13. session (3-14

- December 2007), Bali, Indonesia: 2007b. Disponível em: [http://www.whrc.org/policy/BaliReports/assets/WHRC\\_Amazon\\_REDD.pdf](http://www.whrc.org/policy/BaliReports/assets/WHRC_Amazon_REDD.pdf).
- NEPSTAD, D.C.; STICKLER, C.M.; SOARES-FILHO, B.; MERRY, F. Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point. **Philosophical Transactions of the Royal Society B** n. 363, p. 1737–1746, 2008. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2373903/pdf/rstb20070036.pdf>.
- NOBRE, C. A.; SELLERS, P.J.; SHUKLA, J. Amazonian deforestation and regional climate change. **Journal of Climate** n. 4, p. 957–988, 1991.
- OBERSTEINER, M.; ALEXANDROV, G.; BENÍTEZ, P.C.; MCCALLUM, I.; KRAXNER, F.; RIAHI, K.; ROKITYANSKIY, D.; YAMAGATA, Y. Global supply of biomass for energy and carbon sequestration from afforestation/reforestation activities. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change** n. 11, p. 1003-1021, 2006.
- OYAMA, M.D.; NOBRE, C.A. A new climate-vegetation equilibrium state for tropical South America. **Geophysical Research Letters** n. 30, p. 2199, 2003.
- PRENTICE, I.C.; FARQUHAR, G.D.; FASHAM, M.J.R.; GOULDEN, M.L.; HEIMANN, M.; JARAMILLO, V.J.; KHESHGI, H.S.; QUÉRÉ, C.L.; SCHOLES, R.J.; WALLACE, D.W.R. The carbon cycle and atmospheric carbon dioxide, chapter 3 in: HOUGHTON, J.T.; DING, Y.; GRIGGS, D.J.; NOGUER, M.; VAN DER LINDEN, P.J.; DAI, X.; MASKELL, K.; JOHNSON, C. (eds.). **Climate change 2001: the scientific basis**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 183-237, 2001.
- RAMANKUTTY, N.; GIBBS, H.K.; ACHARD, F.; DEFRIES, R.; FOLEY, J.A.; HOUGHTON, R.A. Challenges to estimating carbon emissions from tropical deforestation. **Global Change Biology** n. 13, p. 51–66, 2007. doi:10.1111/j.1365-2486.2006.01272.x.
- ROJAS, D.; MARTÍNEZ, I.; CORDERO, W.; CONTRERAS, F. **Tasa de deforestación de Bolivia 1993–2000**. Santa Cruz, Bolivia: Superintendencia Forestal – BOLFOR, 2003.
- SATHAYE, J.; MAKUNDI, W.; DALE, L.; CHAN, P.; ANDRASKO, K. GHG mitigation potential, costs and benefits in global forests: A dynamic partial equilibrium approach. **Energy Journal** n. 27, p. 127-162, 2006.
- SKOLE, D.S.; CHOMENTOWSKI, W.H.; SALAS, W.A.; NOBRE, A.D. Physical and human dimensions of deforestation in Amazonia. **BioScience**, n. 44, p. 314–328, 1994.
- SOARES-FILHO, B.S.; NEPSTAD, D.C.; CURRAN, L.M.; CERQUEIRA, G.C.; GARCIA, R.A.; RAMOS, C.A.; VOLL, E.; MCDONALD, A.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P. Modelling conservation in the Amazon basin. **Nature** n. 440, p. 520-523, 2006. Doi:10.1038/nature04389.
- SOARES-FILHO, B.; MOUTINHO, P.; NEPSTAD, D.; ANDERSON, A.; RODRIGUES, H.; GARCIA, R.; DIETZSCH, L.; MERRY, F.; BOWMAN, M.; HISSA, L.; SILVESTRINI, R.; MARETTI, C. Role of Brazilian Amazon

- protected areas in climate change mitigation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 24, p. 10821-10826, 2010. Disponível em: [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0913048107](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0913048107).
- SOHNGEN, B.; SEDJO, R. Carbon sequestration in global forests under different carbon price regimes, **Energy Journal**, p. 109-126, 2006.
- SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; ALLEY, R.B.; BERNTSEN, T.; BINDOFF, N.L.; CHEN, Z.; CHIDTHAISONG, A.; GREGORY, J.M.; HEGERL, G.C.; HEIMANN, M.; HEWITSON, B.; HOSKINS, B.J.; JOOS, F.; JOUZEL, J.; KATTSOV, V.; LOHMANN, U.; MATSUNO, T.; MOLINA, M.; NICHOLLS, N.; OVERPECK, J.; RAGA, G.; RAMASWAMY, V.; REN, J.; RUSTICUCCI, M.; SOMERVILLE, R.; STOCKER, T.F.; WHETTON, P.; WOOD, R.A.; WRATT, D. Technical Summary. In: SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K.B.; TIGNOR, M.; MILLER, H.L. (eds.), **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007.
- SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K.B.; TIGNOR, M.; MILLER, H.L. (eds.), **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007.
- STERN, NICHOLAS, **Stern review on the economics of climate change**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2006.
- TUCKER, C.J.; TOWNSHEND, J.R.G. Strategies for monitoring tropical deforestation using satellite data. **International Journal of Remote Sensing** n. 21, p. 1461-1471, 2000.
- UHL, C.; KAUFFMAN, J.B. Deforestation, fire susceptibility, and potential tree responses to fire in the eastern Amazon. **Ecology** n. 71, p. 437-449, 1990.
- UHL, C.; KAUFFMAN, J.B.; CUMMINGS, D.L. Fire in the Venezuelan Amazon 2: environmental conditions necessary for forest fires in the evergreen rainforest of Venezuela. **Oikos** n. 53, p. 176-184, 1988.
- VAN OLDENBORGH, G.J.; BURGERS, G. Searching for decadal variations in ENSO precipitation teleconnections. **Geophysical Research Letters**, n. 32, p. L15701, 2005. doi:10.1029/2005GL023110.
- VAN OLDENBORGH, G.J.; PHILIP, S.Y.; COLLINS, M. El Niño in a changing climate: a multi-model study. **Ocean Science** n. 1, p. 81-95, 2005:
- VERA-DIAZ, M.D.C.; KAUFMANN, R.K.; NEPSTAD, D.C.; SCHLESINGER, P. An interdisciplinary model of soybean yield in the Amazon Basin: the climatic, edaphic, and economic determinants. **Ecological Economics**, v. 65, n. 2, p. 420-431, 2007.
- WATSON R.; NOBLE, I.R.; BOLIN, B.; RAVINDRANATH, N.H.; VERARDO, D.J.; DOKKEN, D.J. (eds), **Land use, land use changes and forestry. A special report of the IPCC**. Cambridge, U.K: Cambridge University Press, 2000.

# Foresight estratégico: uso da abordagem metodológica no plano de gestão de uma agência de fomento a ciência, tecnologia e inovação

Gilda Massari Coelho<sup>1</sup>, Antonio Carlos Filgueira Galvão<sup>2</sup>, Antonio Carlos Guedes<sup>3</sup>, Igor André Carneiro<sup>4</sup>, Cláudio Chauke Nehme<sup>5</sup> & Lélío Fellows Filho<sup>6</sup>

## Resumo

A metodologia conhecida como *foresight* estratégico é uma importante ferramenta a ser utilizada em atividades de planejamento estratégico de longo prazo e em apoio a processos de decisão, tanto no setor público quanto privado. Este artigo apresenta a abordagem metodológica do *foresight* estratégico adotada no desenvolvimento do plano de gestão estratégica de uma agência de fomento a Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil e a lógica que permeou a sua construção, promovendo a aliança dos conceitos de estratégia e *foresight* e tendo como elementos chave a visão de longo prazo e a adoção de

## Abstract

*Strategic foresight is an important tool to be used in activities of long-term strategic planning and to support decision-making process, both in public and private sectors. This article presents the strategic foresight methodological approach adopted in the development of the strategic management plan for a funding agency for the promotion of Science, Technology and Innovation in Brazil and the logic that permeated its construction, linking the concepts of strategy and foresight, and considering as key elements the long-term vision and the adoption of participatory, qualitative and quantitative meth-*

- 1 Doutora em Ciência da Informação e da Comunicação pela Université Aix-Marseille III (França). É diretora da empresa S&G Gestão Tecnológica e Ambiental e consultora em prospecção em CT&I no CGEE. É docente em cursos de pós-graduação, atuando nas áreas de inteligência competitiva e prospecção tecnológica. Email: gmassari@cgee.org.br; gilda@massari.net
- 2 Doutor em economia aplicada pelo IE-Unicamp (Campinas, SP). É diretor do CGEE e analista de ciência e tecnologia do CNPq. Email: agalvao@cgee.org.br; acfgalvao@uol.com.br
- 3 Doutor em Fisiologia Vegetal pela University of Florida (Gainesville Fla. USA) e assessor técnico do CGEE em projetos de planejamento estratégico para instituições de CT&I. Email aguedes@cgee.org.br
- 4 Doutor em Administração e Políticas Públicas pela Walden University (Minneapolis, EUA). É assessor técnico do CGEE atuando nas áreas de planejamento estratégico e estudos de prospecção (*foresight*) no âmbito da CT&I. Email: icarneiro@cgee.org.br
- 5 Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação (UFRJ/Coppe). É assessor da diretoria do CGEE. É professor titular da Universidade Católica de Brasília (UCB-DF), docente do Programa de Pós-Graduação stricto sensu em Gestão do Conhecimento e Tecnologia da Informação. Email: chauke@cgee.org.br
- 6 Engenheiro metalúrgico e de materiais pela UFRJ, realizou estudos de pós-graduação em materiais (UFRJ/Coppe). É membro fundador e Chefe da Assessoria Técnica do CGEE. Email: leliao@cgee.org.br

métodos participativos, qualitativos e quantitativos. Apresentam-se alguns dos resultados finais do processo, incluindo o mapa estratégico.

**Palavras-chave:** *Foresight* estratégico; Plano de gestão estratégica; Agência de fomento a CT&I; Finep.

*ods. It presents some of the final results of the process, including the strategic roadmap.*

**Keywords:** *Strategic foresight; Strategic management plan; ST&I funding agency; Finep.*

---

## 1. Introdução

Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) representam elementos essenciais para alcançar o desenvolvimento econômico e social, havendo, hoje, amplo reconhecimento quanto à sua importância para o crescimento por parte de empresas, governos, academia e formuladores de políticas em todo o mundo. A natureza sistêmica, aberta e global da CT&I, em resposta às mudanças mais amplas na tecnologia e na economia, está causando significativo repensar na forma como a inovação deve ser incentivada e medida. (MOORCROFT, 2009)

Ao longo da última década, o Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI) apresentou progressos significativos em termos de pesquisa e desenvolvimento associados com as mudanças organizacionais e institucionais ocorridas no País. Atualmente, o Brasil possui uma base científica relativamente forte e consolidada que está sendo utilizada de forma estratégica para a promoção da transformação social e desenvolvimento econômico. Segundo dados do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), os investimentos em Ciência e Tecnologia, passaram de 1,30% do PIB, em 2000, para 1,43%, em 2008. No mesmo período, o número de artigos brasileiros publicados em periódicos científicos indexados pela *ISI Web of Knowledge*, passou de 1,45% para 2,63% da produção mundial. (MCT, 2010)

Segundo Sérgio Rezende, Ministro da Ciência e Tecnologia, o País teve três grandes avanços em CT&I na última década: o aumento do volume de recursos, a articulação com os estados e a introdução da inovação e da pesquisa na agenda empresarial. Existe, hoje, uma estratégia federal, articulando estados, municípios, empresas e instituições de ensino e pesquisa para levar inovação a todas as cadeias produtivas. “Temos de encontrar um ponto de convergência entre produção e pesquisa e desenvolvimento. (...) O incentivo público à inovação também é fundamental. (...) Tivemos políticas industriais que foram propostas e instauradas em diferentes décadas, com objetivos e estratégias diferentes. Também tivemos políticas estanques de ciência, tecnologia e inovação. Agora buscamos a conexão entre elas. (...) Com mais recursos, a ciência brasileira pode deixar de pensar pequeno e o setor produtivo pode ousar mais. Precisamos de ousadia.” (REZENDE, 2010)

A crescente complexidade e interdisciplinaridade da pesquisa científica, juntamente com o fato de a decisão política não ser mais um processo linear (uma vez que é feita em várias etapas de interações formais e informais entre os atores do sistema social do conhecimento), implicam na necessidade de comunicação mais intensa entre todos os intervenientes envolvidos no processo (o que significa não apenas cientistas e tecnologistas, mas também outros atores, como representantes do governo e grupos da sociedade civil). Para formular as políticas adequadas, é necessário estabelecer interface com um número crescente de atores que contribuem direta ou indiretamente, para a criação de conhecimentos científicos e para a difusão de novas tecnologias. (UGHETTO, 2007)

O *foresight* estratégico se identifica com a tendência mundial de tratar os desafios colocados ao desenvolvimento científico e tecnológico a partir de abordagens participativas, tendo como idéia central que “o futuro é construído a partir do presente”. Busca “construir conhecimento”, ou seja, agregar valor às informações do presente, de modo a transformá-las em conhecimento e subsidiar os tomadores de decisão e os formuladores de políticas destacando rumos e oportunidades para os diversos atores sociais.

No campo da gestão organizacional, a incorporação de visões de longo prazo aos planos de gestão estratégica das organizações proporciona o direcionamento necessário às suas ações, tornando-as menos vulneráveis às mudanças, possibilitando que sejam proativas, não permitindo que sejam apenas levadas pelos acontecimentos.

No que se refere particularmente ao desenvolvimento científico e tecnológico, os exercícios prospectivos têm sido considerados fundamentais para promover a criação da capacidade de organizar sistemas de inovação que respondam aos interesses da sociedade. Auxiliam a identificar oportunidades e necessidades relevantes para a pesquisa no futuro, sem perder de vista que os desenvolvimentos científicos e tecnológicos são resultantes de complexa interação entre diferentes fatores, da existência e ação de atores sociais diversos, de trajetórias tecnológicas em evolução e competição, de visões de futuro conflitantes, de urgentes necessidades sociais, de oportunidades e restrições econômicas, da crescente consciência ambiental e de muitas outras questões, pertencentes, inclusive, ao campo do imponderável. (UGHETTO, 2007)

A utilização de métodos de prospecção e técnicas de apoio à tomada de decisão para o estabelecimento de políticas de CT&I é relativamente recente no Brasil. É resultado de profundas mudanças no cenário nacional e internacional, particularmente nos aspectos relacionados com a globalização da economia e a aceleração das mudanças tecnológicas, que torna obrigatório para o País alcançar níveis mais altos de desenvolvimento de CT&I. A capacidade de antever o futuro tornou-se um elemento de extrema importância para aumentar a competitividade das empresas brasileiras e do próprio país.

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) - organização social responsável pela realização de estudos prospectivos, avaliação estratégica e difusão de informação em CT&I -, e a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) – agência de fomento público –, ambos vinculados ao MCT, conduziram, durante 17 meses, um intenso e muitas vezes difícil processo de olhar para o futuro da Agência e seu papel no Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação. As discussões coletivas resultaram em um plano estratégico que orientará as ações da agência ao longo dos próximos quinze anos.

O objetivo principal do Plano de Gestão Estratégia (PGE/Finep) foi apoiar a conformação de um novo modelo de gestão para a agência que assegure, ao longo dos próximos 15 anos, sua posição de principal agência de fomento público, indutora do desenvolvimento nacional baseado na inovação. A Finep tem como missão promover o desenvolvimento econômico e social do Brasil por meio do fomento público à CT&I em empresas, universidades, institutos tecnológicos e outras instituições públicas ou privadas. Promove iniciativas em apoio a toda a cadeia da inovação, com foco em ações estratégicas, estruturantes e de impacto para o desenvolvimento sustentável do Brasil: da pesquisa em laboratório ao desenvolvimento de mercados para produtos inovadores; da incubação de empresas de base tecnológica à estruturação e consolidação dos processos de pesquisa e desenvolvimento das empresas já estabelecidas.

A construção de um plano estratégico de longo prazo para a agência constituiu um elemento fundamental para ajudar a nortear a sua atuação e assegurar o cumprimento de sua missão como propulsora do desenvolvimento científico e tecnológico do país.

Este artigo apresenta a abordagem metodológica adotada – *foresight* estratégico - e a lógica que permeou a construção do plano, promovendo a aliança dos conceitos de estratégia e *foresight* que têm como elementos chave a visão de longo prazo e a adoção de métodos participativos, qualitativos e quantitativos. Apresenta, também, alguns dos resultados finais do processo, incluindo o mapa estratégico.

### Estratégia e *foresight*

No mundo atual, ganham força os estudos estratégicos que visam obter o conhecimento da realidade e ampliar a capacidade de antever eventos futuros. Devido às mudanças no cenário internacional e ao aumento da velocidade dos processos, trazida, principalmente, pela revolução das tecnologias da informação e comunicação, acentuam-se as necessidades dos países de compreender os contextos e posicionamentos de blocos, nações e regiões e de antever oportunidades futuras e obstáculos a serem enfrentados, principalmente no que se refere a questões com potencial de promover o desenvolvimento ou de impactar o futuro.

Observa-se uma crescente necessidade de setores industriais, corporações e governos nacionais e regionais para se tornarem cada vez mais inovadores e melhor se adaptarem e administrarem as mudanças e incertezas. A habilidade de se antecipar ao futuro torna-se cada vez mais importante para permitir a remodelação das organizações, aumentando sua capacidade de se mover em direção a futuros desejados para alcançar bons níveis de desenvolvimento sustentável, de modo a criar riqueza e melhorar a qualidade de vida. Ajuda, também, a capacitá-las para gerenciar as características conflitantes do processo de tomada de decisão, em curto, médio e longo prazo. (PHAAL, FARRUKH & PROBERT, 2004)

Para se desenhar possibilidades para o futuro é preciso ir além daquilo que é conhecido, permitir a entrada de novas idéias e posicionamentos, compartilhar questões inquietantes e provocativas e, ainda, encontrar linguagem e crença comuns para se estabelecer um padrão mental que permita construir o caminho da mudança.

Segundo Kupfer e Tigre (2004), há três abordagens lógicas focadas em estudos do futuro. A mais convencional é baseada em inferência, onde se acredita que o futuro tende a reproduzir, em alguma medida, acontecimentos e fatos já ocorridos não implicando em rupturas ou descontinuidades na evolução dos temas analisados. Outra abordagem é a geração sistemática de trajetórias alternativas para representar as possíveis variações do futuro. Uma terceira abordagem “constroi” o futuro por consenso, através do processo cognitivo e intuitivo de um grupo de especialistas ou indivíduos com capacidade de reflexão sobre o tema. Destacam ainda que os estudos de futuro funcionam como meios para atingir dois objetivos: o primeiro é preparar os atores para aproveitar ou enfrentar oportunidades e ameaças; o segundo objetivo é desencadear um processo de construção de um futuro desejável.

Segundo Makridakis (1996) a estratégia, ou pelo menos uma boa parte dela, deve ser baseada na antevisão (*foresight*) que por sua vez deve ser baseada em alguma forma de previsão e avaliação realista das incertezas envolvidas. A atividade de planejamento, vista como um processo de decisão frente ao futuro, deve incorporar métodos, técnicas e instrumentos adequados para antever o futuro.

Há, neste sentido, uma união indissolúvel entre *foresight* e estratégia: a visão do futuro fornece os elementos de contexto indispensáveis para a definição da estratégia.

O grande desafio envolvido está em construir as visões dos futuros possíveis, identificar para onde a organização quer ir – o seu futuro desejado – e, a partir daí, estabelecer os caminhos que possibilitarão que ela chegue até lá.

A abordagem prospectiva que confere solidez à construção da estratégia de desenvolvimento que conduzirá uma organização em direção ao futuro desejado em um horizonte temporal definido consiste em uma reflexão sistemática que visa a orientar a ação presente à luz dos futuros possíveis. A premissa central é a de que o futuro é múltiplo e incerto, de tal forma que não é possível eliminar todas as incertezas através de uma previsão ilusória: o que pode ser feito, e já é muito, é organizá-las e reduzi-las tanto quanto possível. (GODET, 2001)

## Estratégia

A estratégia está relacionada ao direcionamento futuro da organização, seja de curto, médio ou longo prazo. A estratégia começa com uma visão de futuro para uma determinada organização e implica na definição clara de seu perfil de atuação, na habilidade de antecipação de possíveis reações às ações empreendidas e no direcionamento que a levará ao crescimento.

Segundo Camargos e Dias (2003), não existe um conceito único, definitivo de estratégia. O vocábulo teve vários significados, diferentes em sua amplitude e complexidade, no decorrer do desenvolvimento da Administração Estratégica.

Para Quinn (1998), estratégia “é um modelo ou plano que integra os principais objetivos, políticas e ações sequenciais de uma organização, em um todo coeso. Uma estratégia bem formulada ajuda a mobilizar e alocar os recursos em uma organização, em um posicionamento único e viável, com base nas suas competências e deficiências internas relativas, nas mudanças previstas no ambiente e nos movimentos contingenciais dos concorrentes inteligentes.”

Para Lodi (1969, apud CAMARGOS & DIAS, 2003) “estratégia é a mobilização de todos os recursos da empresa no âmbito nacional ou internacional visando atingir objetivos a longo prazo (...) seu objetivo é permitir maior flexibilidade de resposta às contingências imprevisíveis”.

É importante se diferenciar alguns conceitos relacionados à “estratégia” para tornar claro o que orientou a construção do Plano de Gestão Estratégica:

**Objetivos ou metas** enunciam o que e quando os resultados devem ser obtidos, mas não como devem ser alcançados. Os principais objetivos – aqueles que afetam o direcionamento e viabilidade da organização como um todo – são chamados de **diretrizes ou objetivos estratégicos**. (QUINN, 1998)

**Políticas** são regras e orientações que expressam os limites dentro dos quais as ações devem ocorrer. Estas regras muitas vezes são decisões contingenciais utilizadas para resolver conflitos entre objetivos específicos. Políticas mais amplas – aquelas que orientam o direcionamento, posicionamento ou viabilidade da organização como um todo – são chamadas de **políticas estratégicas**. (QUINN, 1998)

**Estratégia corporativa** é um padrão de decisões em uma organização que determina e revela seus objetivos, propósitos e metas, define suas principais políticas e planos para atingir estes objetivos, o perfil de atuação e o tipo de organização econômica e humana que pretende ser, incluindo a natureza de sua contribuição econômica e social para os diferentes atores com os quais interage. (ANDREWS, 1998)

**Planos de ação** especificam, passo a passo, a sequência de ações necessárias para alcançar os objetivos estratégicos.

Segundo Mintzberg (1998) a estratégia contém três elementos essenciais: os principais objetivos a serem alcançadas; as políticas mais significativas que orientam ou limitam as ações; as ações (ou programas) necessárias para atingir os objetivos dentro dos limites estabelecidos. A essência da estratégia é construir uma postura que seja forte e potencialmente flexível de tal forma que a organização possa atingir seus objetivos independentemente das forças externas que podem conspirar contra seus interesses. Estratégia é uma forma de posicionar a organização em seu macroambiente, equilibrando o jogo de forças entre a organização e o contexto externo. É uma perspectiva compartilhada pelos membros da organização por meio de suas intenções e ações.

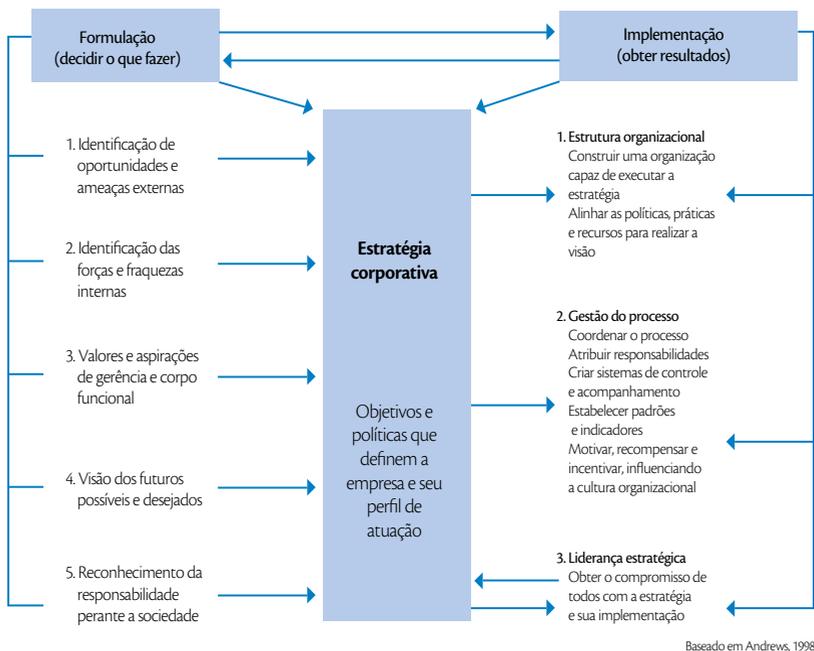


Figura 1. Estratégia corporativa - formulação e implementação

Conforme apresentado na Figura 1, baseada em Andrews (1998), na fase de formulação da estratégia é importante definir “o que se vai fazer”, a partir de um diagnóstico interno, da avaliação do ambiente externo e dos diferentes *stakeholders* com os quais a organização interage, dos valores e aspirações da direção e corpo funcional, da identificação do papel que a organização exerce na sociedade e da sua visão de futuro. Na fase de implementação, é importante assegurar que os resultados almejados sejam obtidos. Para tanto, é necessário assegurar que a estrutura da organização esteja alinhada com os objetivos estratégicos, que a gestão do processo seja eficaz e que haja uma liderança firme na sua condução.

### **Foresight**

Segundo Quinn (1998), estratégia não lida apenas com o imprevisível, mas também com o desconhecido. Os exercícios de explorar o futuro têm sido considerados como importantes para o planejamento estratégico, para apoio à tomada de decisão e para a formulação de políticas públicas, pois permitem antever rupturas, saltos tecnológicos, tendências e discontinuidades, novas perspectivas e mapas de oportunidades que se abrem para uma sociedade a partir da identificação de seus desafios e potencialidades.

A lógica de desenvolvimento da abordagem metodológica do CGEE foi estruturada a partir da percepção de que a tomada de decisão emerge de uma negociação entre múltiplos atores, ponto chave do *foresight*, que pode ser definido como

“um processo pelo qual se pode obter um entendimento mais completo das forças que moldam o futuro e que devem ser levadas em consideração na formulação de políticas, no planejamento e na tomada de decisão” (MARTIN, apud CUHLS & GRUPP, 2001).

Esta abordagem visa a dotar o presente de perspectiva estratégica, com conhecimento sobre as possibilidades do futuro para a construção de compromisso e coordenação acerca das prioridades nacionais ou institucionais. *Foresight* coloca-se como sendo um modo de pensar o futuro baseado na ação e não na pré-determinação. Inclui métodos qualitativos e quantitativos e busca uma visão compartilhada de futuro e a promoção de ações e fatos que venham a promover a construção deste a partir do presente.

Esta metodologia é, atualmente, uma das mais utilizadas internacionalmente para auxiliar o estabelecimento de prioridades de pesquisa e desenvolvimento e para promover o alinhamento das políticas de CT&I às necessidades econômicas e sociais dos países. Os estudos conduzidos sob a denominação de *foresight* ocupam o espaço no qual há uma interseção entre as áreas de planejamento estratégico, estudos de futuro e análise de políticas. (FOREN, 2001)

Do ponto de vista da União Européia, *foresight* é definido como uma atividade que conjuga três diferentes dimensões de um mesmo processo: o pensar, o debater e o modelar o futuro para orientar a tomada de decisão. (SANTOS & SANTOS, 2003)

Pensar o futuro: os possíveis eventos futuros são examinados a partir de tendências de longo prazo e especulações sobre fatos novos e inesperados. Além das tendências da ciência e da tecnologia, são monitoradas também mudanças na economia, na sociedade, na geopolítica, na cultura etc.

Debater o futuro: em geral o processo de pensar o futuro no *foresight* é de natureza participativa e requer o envolvimento de diferentes *stakeholders*, incluindo autoridades públicas, empresas e instituições de pesquisa.

Modelar o futuro: a identificação de futuros possíveis e desejáveis e a interação e o aprendizado provocado nos participantes levam paulatinamente a decisões em diferentes níveis. Dessas decisões se espera sentido e coordenação dos esforços de materialização das visões de futuro construídas.

O *foresight* estratégico é definido por Slaughter (1999) como a habilidade de criar e manter uma capacidade de antevisão de alta qualidade, coerente e funcional, e usar as percepções de maneira organizada e útil, para detectar, por exemplo, condições adversas, orientar políticas, construir a estratégia, explorar novos mercados, produtos e serviços. Representa uma fusão de métodos de explorar o futuro com os métodos de gestão estratégica e refere-se à antevisão de questões estratégicas.

A construção de canais de comunicação verticais e os processos de coordenação em diversos níveis ressaltam a importância do processo de governança que deve garantir que as possibilidades encontradas no decorrer do processo possam ser validadas pela tomada de decisão e transformadas em ações concretas.

A efetividade dos estudos prospectivos está intrinsecamente ligada a um desenho metodológico adequado, o qual só pode ser obtido a partir de uma delimitação precisa das questões a serem respondidas, do tipo de resposta desejada, da orientação espacial, do escopo do tema, bem como da estruturação de uma rede de atores capazes de se articularem de forma a buscarem consensos e comprometimentos necessários à implementação das linhas de ação identificadas. A construção de canais de comunicação verticais e os processos de coordenação em diversos níveis ressaltam a importância do processo de governança que deve garantir que as possibilidades encontradas no decorrer do processo possam ser validadas pela tomada de decisão e transformadas em ações concretas.

A condução de exercícios prospectivos no CGEE busca seguir a abordagem teórica desenvolvida pelo Centro (SANTOS et al, 2006), estruturada para orientar suas ações de prospecção em ciência, tecnologia e inovação e elaborada a partir de elementos constantes das abordagens propostas por Horton (1999), Conway e Voros (2002), Godet (2001), Miles, Keenan & Kaivo-Oja (2002) e FOREN (2001), entre outros. A idéia central é proporcionar flexibilidade ao planejamento das ações, tendo em vista o alto nível de incerteza associado aos ambientes complexos da atualidade.

### **Metodologia de construção do plano de gestão estratégica**

O Plano de Gestão Estratégica da Finep (PGE/Finep) foi desenvolvido em parceria com o CGEE, considerando as tendências futuras no âmbito dos sistemas de ciência, tecnologia e inovação e seus possíveis impactos para a agência num horizonte de longo prazo. Nasceu da necessidade de a agência promover mudanças nos seus processos organizacionais e de gestão, superar problemas estruturais e formar uma nova cultura institucional, com vistas a aprimorar e consolidar a sua ação estratégica no contexto do SNCTI e fazer face aos desafios do futuro, onde o desenvolvimento brasileiro deverá ser pautado pela inovação.

Na Finep, o uso da base conceitual e metodológica do *foresight estratégico* desenvolvida pelo CGEE, objetivou definir prioridades e linhas de ação e estabelecer compromissos entre os atores relevantes com vistas à construção de uma visão de futuro e ao aprimoramento do papel estratégico da Agência no SNCTI.

As quatro fases propostas para o desenvolvimento do PGE, apresentadas na Figura 2, foram definidas de modo a atender às necessidades do processo de planejamento, considerando a cultura e a experiência acumulada de planejamento e gestão da Finep.

O processo de construção foi participativo e envolveu atores internos e externos, segundo um processo contínuo de agregação de valor às informações obtidas e de busca de consensos. Ao todo, cerca de três mil pessoas participaram do processo, em suas diferentes etapas.

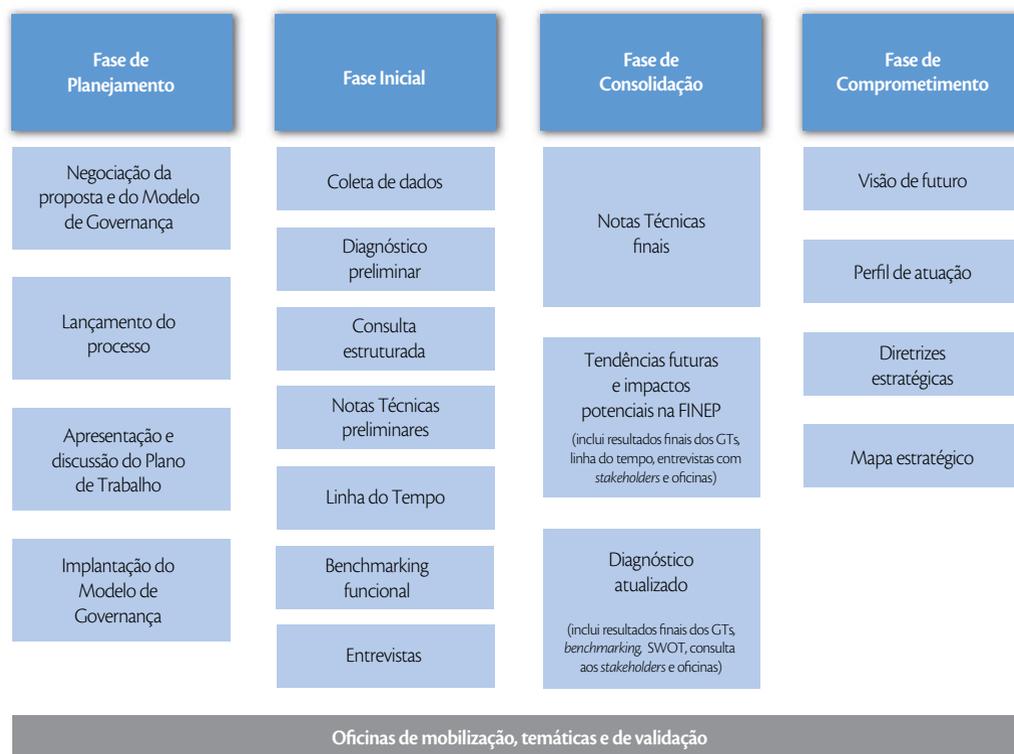


Figura 2. Processo metodológico para o desenvolvimento do PGE/Finep

### Métodos e técnicas utilizados

Mintzberg (1996) comentando artigo de Makridakis (1996) sobre previsão, planejamento e estratégia, afirma que é necessário prever e considerar cuidadosamente os dados existentes, mas é preciso também incorporar às nossas visões do futuro uma boa dose das percepções humanas do mundo. Este é o princípio que norteia os estudos de futuro conduzidos pelo CGEE e que constitui o elemento fundamental da abordagem metodológica utilizada: basear-se em dados, mas incorporar de maneira intensiva as percepções dos diferentes atores que interagem com o tema de estudo, seja uma empresa, um setor industrial ou uma área de conhecimento.

O uso de diferentes métodos, técnicas e ferramentas é uma das características dos estudos do futuro na atualidade, conforme destacado por Porter et al (2002) e Popper (2008) que apresentaram propostas de classificá-los pelo tipo de enfoque (exploratório ou normativo), pelo tipo de método (qualitativo, semi-quantitativo ou quantitativo), pelo tipo de fonte de conhecimento

(criatividade, expertise, interação ou evidências). Os dois últimos estão presentes no **diamante do foresight** proposto por Popper (Figura 3).

Dentre os 33 métodos e técnicas avaliados por Popper, assinalam-se no “diamante” aqueles utilizados no trabalho desenvolvido na FINEP: *Wild Cards*, Análise SWOT, *Roadmapping*, *Survey* (consulta), Painel de Especialistas, Oficinas e Seminários, Análise Multicritério, Análise de Stakeholders, Entrevistas, Indicadores, *Benchmarking*, Monitoramento e Revisão da Literatura. Além disso, a **linha do tempo** foi utilizada como alternativa aos cenários.

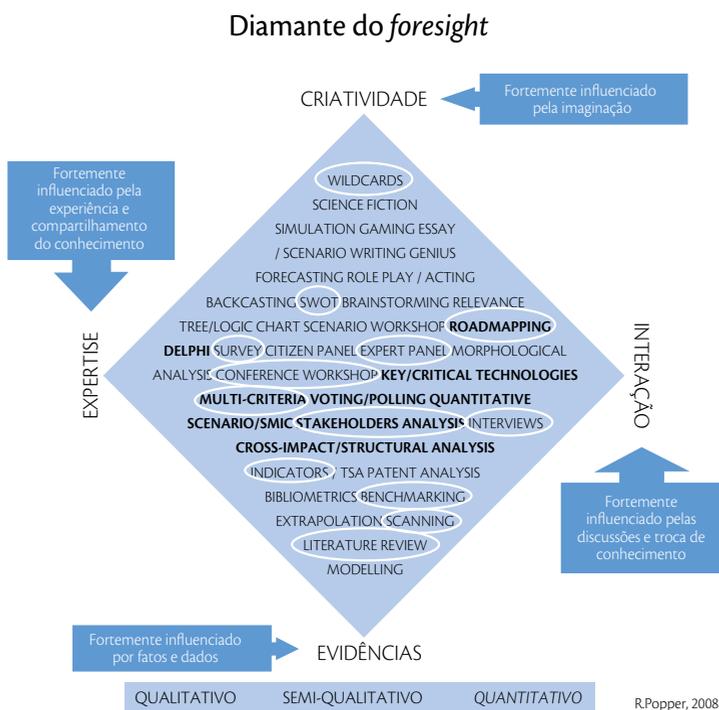


Figura 3. Diamante do foresight - métodos e técnicas utilizados no PGE

A Figura 4 apresenta a construção do PGE em suas diferentes etapas, os métodos e técnicas utilizados, os subsídios gerados, num processo de agregação de valor e de comprometimento entre as partes interessadas.

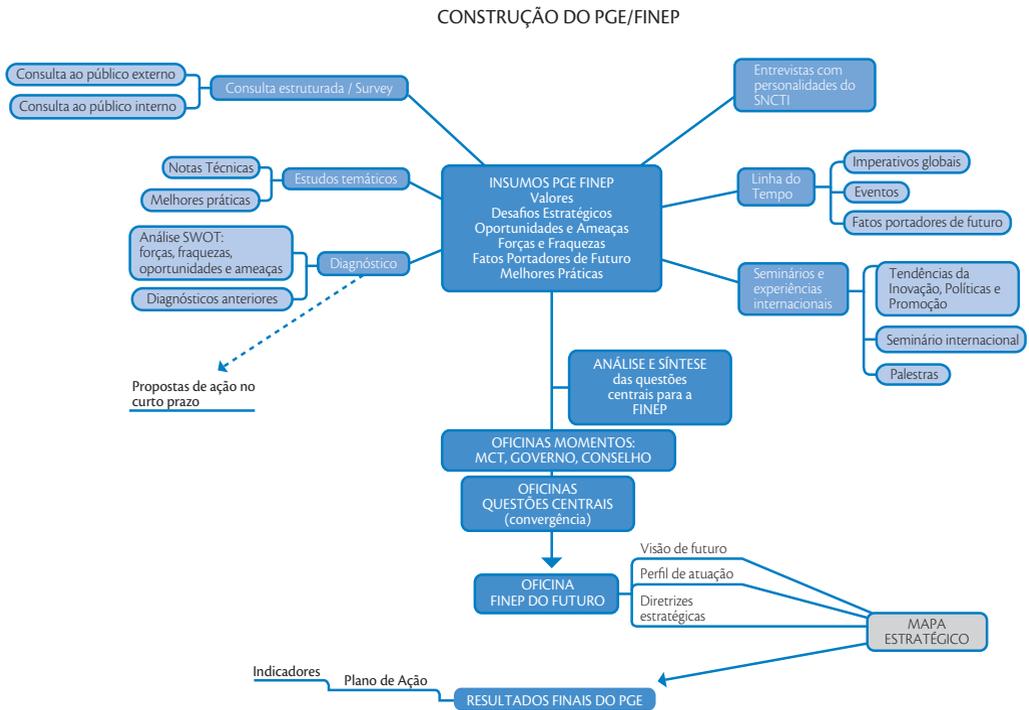


Figura 4. Construção do Plano de Gestão Estratégica

## Planejamento do processo

A fase de planejamento do PGE contemplou a definição da metodologia e de um modelo de governança para a gestão do processo, a motivação e a mobilização do corpo funcional e o lançamento do processo.

Algumas premissas orientaram a proposta:

- **Processo participativo**, implicando no envolvimento da direção, funcionários, especialistas e *stakeholders* em todas as etapas do processo.
- **Comprometimento da alta direção**, com o processo, a metodologia e com os resultados obtidos.
- **Estratégias** com foco na visão prospectiva e na definição de linhas estratégicas abrangendo horizontes de 5, 10 e 15 anos.

- **Quebra dos modelos mentais**, com estímulo para fazer coisas diferentes de modo diferente.
- **Modelo de governança**, construído de forma a contribuir para o desenvolvimento do Plano, validação e aplicação dos resultados, com clara atribuição de responsabilidade entre as partes.

O modelo de governança foi concebido de forma a explorar as vantagens de fluxos *top down* e *bottom up* (Figura 5). Para tanto, foram formados quatro grupos de gestão, cada um deles com atribuições específicas:

- **Grupo Orientador (GO)**: composto pela Diretoria Executiva e três Superintendentes da FINEP, pela presidenta e pelo Diretor supervisor do projeto no CGEE, teve a atribuição de fornecer orientação estratégica, política e institucional para o andamento do processo; dar suporte institucional necessário para o bom andamento dos trabalhos; validar a proposta, os produtos intermediários e produto final do processo.
- **Grupo Gestor (GG)**: composto por representantes da Área de Planejamento da FINEP e do CGEE e pelos coordenadores dos Grupos Temáticos (GTs), teve a atribuição de gerenciar os trabalhos do projeto, garantindo a interação entre o nível de Orientação (GO) e o nível Operacional (GTs).
- **Núcleo de Coordenação (NC)**: composto por representantes do CGEE e da Área de Planejamento e Assessoria de Comunicação da FINEP, teve a atribuição de discutir e definir estratégias para a aplicação do referencial teórico-metodológico associado ao projeto; apresentar e difundir as metodologias para o projeto na Instituição, preparando-a para o processo; dar suporte metodológico para o desenvolvimento dos estudos, análises e sínteses desenvolvidas para alinhá-los com os objetivos do projeto; dar suporte às atividades de mobilização da organização e de validação das etapas do projeto; apoiar e acompanhar as atividades dos Grupos Temáticos no planejamento, execução e avaliação dos seus trabalhos.
- **Grupos Temáticos (GTs)**: formado por 10-15 membros, com representatividade e competência na temática abordada, tiveram a atribuição de desenvolver diretamente ou por meio de consultores contratados, estudos, análises e sínteses relacionados aos temas associados ao projeto e propor diretrizes para a instituição no âmbito de seu campo temático.

Além desta estrutura, representada esquematicamente na Figura 5, o gerenciamento dos trabalhos incluiu um processo interno de validação, com ampla discussão entre os interessados, em busca do maior nível de convergência possível. A validação era inerente à estrutura de gestão do processo que buscava a troca permanente de idéias entre a alta direção da Agência e seu corpo operacional. Além disso, foram realizadas oficinas com participação expressiva de *stakeholders*

internos e externos e feitas apresentações e discussões abertas de resultados intermediários com todo o corpo funcional.

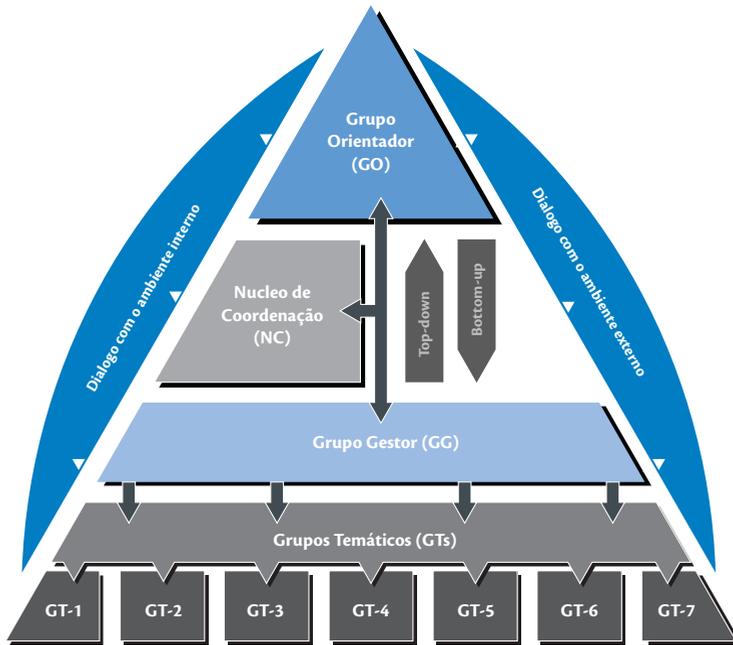


Figura 5. Modelo de governança do PGE/Finep

### Subsídios para o PGE

A fase inicial abrangeu um conjunto de ações voltadas para a construção dos subsídios para o Plano utilizando métodos e técnicas que trouxeram para o processo tanto elementos com foco na realidade presente da Agência (consulta estruturada, trabalhos elaborado pelos grupos temáticos, diagnóstico) como elementos de natureza futura que ajudaram a pensar prospectivamente (desafios estratégicos, linha do tempo, experiências internacionais).

### Estudos Temáticos

Os estudos conduzidos por sete Grupos Temáticos foram um dos eixos centrais do Plano e incluíram a elaboração de notas técnicas e a realização de eventos (palestras, seminários, painéis, dentre outros) que forneceram subsídios para o aprofundamento das questões relacionadas a cada tema e para a identificação de tendências. As conclusões finais de cada Grupo foram apre-

sentadas em eventos realizados de forma aberta para todo o corpo funcional, permitindo ampliar a discussão e validar os resultados.

Os estudos temáticos viabilizaram, também, a identificação de melhores práticas em instituições similares à Finep. Levando em conta o caráter peculiar da agência – que trabalha com fomento, crédito e investimento em CT&I, não havendo uma instituição exatamente equivalente seja no próprio país, seja no exterior –, foram considerados os princípios do “*benchmarking* funcional”, definido por Spendolini (1994) como “um processo contínuo e sistemático para avaliar produtos, serviços e processos de trabalho de organizações que são reconhecidas como representantes das melhores práticas, com a finalidade de melhoria organizacional”. Nos estudos de **benchmarking funcional**, compara-se o desempenho de uma empresa com o de outras que são reconhecidas como as melhores em determinados processos (ou atividades) associados a funções comuns. O objetivo, neste caso, é a procura das melhores práticas onde quer que elas estejam, ou seja, independentemente da atividade industrial das empresas. No presente caso, não foi feita a comparação entre as empresas, mas apenas a identificação de melhores práticas em determinados processos desenvolvidas por instituições congêneres.

**Tabela 1.** Temas dos estudos conduzidos pelos Grupos Temáticos

GT	Tema do Estudo
GT1	Ambiente de financiamento à inovação
GT2	Modelo Institucional
GT3	Modelo de Gestão
GT4	Recursos Humanos / Cultura
GT5	Gestão do Conhecimento
GT6	Imagem Institucional e Comunicação
GT7	Infraestrutura e ambiente de trabalho

## Diagnóstico

O diagnóstico da empresa proporcionou uma reflexão sobre os elementos de natureza interna, mais vinculados ao presente, e sua confrontação com os elementos de origem externa, mais vinculados ao futuro.

Foi utilizada a análise SWOT<sup>1</sup>, um método para formulação da estratégia e tomada de decisão, que identifica, inicialmente, aspectos internos da organização ou unidade geopolítica em ques-

<sup>1</sup> *Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats.*

tão (recursos, competências) e os classifica em termos de forças e fraquezas. Similarmente, examina e classifica aspectos externos (mudanças mais amplas nos ambientes sócio-econômicos, políticos) e os apresenta como oportunidades e ameaças. Isto é utilizado para explorar as estratégias possíveis – desenvolvendo e ampliando as forças, superando as fraquezas, permitindo percepções em relação aos recursos e competências necessários para lidar com as mudanças no ambiente. (POPPER, 2008)

Numa primeira etapa, o diagnóstico proporcionou a identificação de propostas de ações no curto prazo – 1 a 3 anos – para enfrentar os problemas mais prementes da organização.

Nas etapas subsequentes do processo, foram incorporados ao diagnóstico interno elementos oriundos de percepções externas, coletados através da consulta estruturada, entrevistas e estudos mencionados anteriormente.

### **Consulta sobre imagem e visão do futuro**

A consulta (*survey*) sobre as expectativas da sociedade em relação à Finep foi estruturada de forma a identificar a imagem que os diferentes atores externos (instituições de ciência e tecnologia, empresas, governo, associações) e internos (funcionários e prestadores de serviços) têm da Agência hoje e como veem sua atuação no futuro. As percepções externas, juntamente com as internas, foram elementos importantes para a construção do PGE, absorvendo uma dimensão relevante do que almeja a sociedade brasileira no incentivo à ciência, tecnologia e inovação.

Rocha (2008) destaca que há pouca pesquisa sobre a imagem das organizações do setor público. Outros autores salientam, porém, que a preocupação com a imagem deve ser ainda maior em organizações públicas pelo fato de trabalharem com dinheiro público, o que faz com que todos os seus *stakeholders* sejam equivalentes aos acionistas de organizações lucrativas. No entanto, o gerenciamento de imagem é muito mais complexo nas organizações do setor público, pelo fato de essas organizações precisarem honrar o princípio da transparência. Além disso, muitas organizações públicas mostram-se pouco inclinadas ao gerenciamento da imagem, considerando que os fatos devem falar por si mesmos, não sendo necessário o uso de ações de marketing e comunicação.

Apesar das limitações inerentes ao gerenciamento de imagem de uma organização do setor público, porém, há fortes motivos para que estas organizações se preocupem em garantir uma boa reputação. Além daqueles motivos que se aplicam a qualquer tipo de instituição, uma boa imagem encontra-se associada à percepção de legitimidade e à credibilidade das informações que uma organização do setor público disponibiliza a seus *stakeholders*.

O gerenciamento de imagem é um processo a ser realizado no dia-a-dia de uma organização pública. Implica a passagem de uma “orientação burocrática” para uma “orientação centrada no *stakeholder*”, e pautada por transparência e retorno para a sociedade. Uma boa imagem é um ativo a ser continuamente gerenciado. (ROCHA, 2008)

A consulta foi realizada utilizando-se questionário, via internet, por meio de ferramenta desenvolvida pelo CGEE para consulta estruturada online. Mais de dois mil participantes externos e 300 internos responderam à pesquisa, que continha questões fechadas e abertas. Cerca de seis mil comentários forneceram um rico material para reflexão não apenas sobre a percepção da imagem na atualidade, mas também das expectativas futuras em relação ao papel da Agência. Entre os resultados obtidos com a pesquisa, destacam-se:

- Percepção da imagem atual e futura da Finep junto a seus principais grupos de *stakeholders*.
- Descrição dos atributos de imagem mais valorizados por cada grupo de *stakeholders*.
- Determinação das dimensões de imagem dominantes.
- Descrição das características demográficas (perfil) dos grupos.

Pelos resultados da pesquisa, o público externo tem imagem positiva da Agência: a avaliação global do desempenho, apresentada na Figura 6, situa-se entre muito alto/alto segundo 55% dos respondentes. A melhor avaliação de desempenho global da Finep parte das grandes empresas: 59% entre alto e muito alto. As pequenas e médias empresas atribuíram 47% e as microempresas 41%.

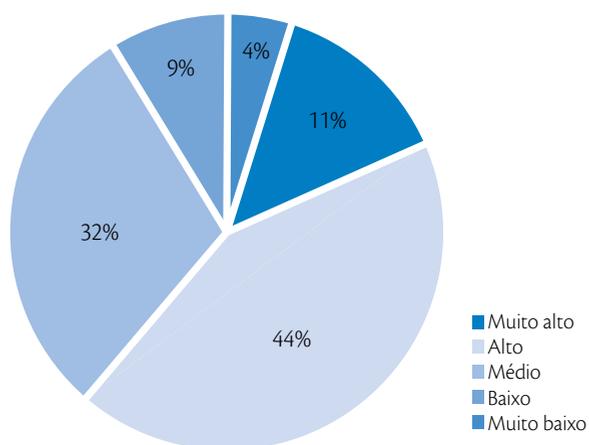


Figura 6. Avaliação do desempenho da FINEP pelo público externo

A maioria dos respondentes atua em instituições/empresas de natureza privada (55%) e 60% dos respondentes declararam conhecer bem a Finep, 39% têm relacionamento muito alto ou alto com a Empresa e 41% mantêm esse relacionamento há mais de nove anos. A maioria dos respondentes (52%) se classifica como cliente da Finep e 83% já obtiveram algum tipo de apoio, enquanto 17% nunca utilizaram nenhum dos instrumentos.

## Linha do tempo

A “linha do tempo” consiste na representação de uma sequência temporal de possíveis eventos futuros, na delimitação do escopo das dimensões de observação e na identificação de fatos portadores de futuro capazes de promover mudanças no ambiente e alteração nas trajetórias de fenômenos relevantes, definidos a partir de estudos nacionais e internacionais, com vistas a subsidiar a tomada de decisão ou a elaboração de políticas e planos estratégicos.

O enfoque diferenciado propiciado pela utilização da “linha do tempo” em estudos prospectivos decorre do fato de se tratar de elementos com previsibilidade de acontecer em horizontes de médio e longo prazo, diferente da concepção original, comumente adotada, de traçar uma linha em função de fatos reconhecidamente acontecidos.

Ao buscar uma alternativa ao uso convencional de cenários, a linha do tempo apresentou-se como uma opção interessante. A idéia era explorar o conhecimento existente e as diferentes possibilidades que se apresentavam para o futuro e criar uma visão mais *fuzzy* do que a construção de cenários permite. Se olharmos para o passado, é possível constatar que uma grande mudança muitas vezes é antecipada por uma série de microeventos, que frequentemente não são percebidos. Quando a mudança se consolida, quem teve a capacidade de perceber os sinais, certamente, tem uma vantagem comparativa em relação aos demais. (LOVERIDGE, 2009)

O grande desafio do desenvolvimento de estudos prospectivos está em identificar que eventos são realmente portadores de futuro ou indutores de mudanças e o horizonte temporal em que se imagina tenham possibilidade de ocorrer. Para o desenvolvimento da linha do tempo prospectiva, esquematicamente apresentada na Figura 7 – contendo apenas as dimensões de observação e a palavra chave indicativa dos fatos portadores de futuro –, foram definidos os seguintes elementos estruturantes:

- Dimensões de observação: representam questões que impactarão o futuro, relacionadas com as necessidades de longo prazo (LOVERIDGE, 2009) ou imperativos globais (MP, 2008), sobre as quais se tem pouco ou nenhum controle ou ingerência e que restringem as possibilidades de modelar o futuro.

- Escopo: definidas as dimensões de observação, é necessário identificar, dentro de cada uma delas, quais os principais aspectos a serem considerados, ou seja, o que deverá ser abordado em cada dimensão de modo que se tenha uma cobertura completa dos possíveis eventos a ela relacionados.
- Eventos: representam possíveis eventos futuros pontuais com relevantes graus de ocorrência no horizonte temporal estudado. Podem ser eventos científicos, tecnológicos, econômicos, sociais, e ter impacto nacional ou internacional.
- Fatos portadores de futuro: são elementos associados a acontecimentos ou inovações, que ainda não produziram seus eventuais efeitos, mas são capazes de afetar um sistema. Podem estabelecer pontos de inflexão em tendências observadas ou determinar escolhas irreversíveis por parte de atores importantes. Têm aderência com as dimensões de observação, mas enfocam mais particularmente as questões centrais que impactam o tema/instituição/setor que apropriará os resultados do estudo.

### **Entrevistas sobre desafios estratégicos**

Para ouvir a opinião de autoridades governamentais, personalidades do setor empresarial e lideranças expressivas do SNCTI, sobre o próprio sistema, sobre a Agência, seu desempenho e expectativas futuras para a mesma, foram realizadas entrevistas com diferentes atores, em nível nacional, conforme apresentado na Tabela 2.

As entrevistas foram semi-estruturadas e aplicadas de forma presencial e as visões destes atores foram elementos importantes para a ampliação da visão de futuro da Agência.

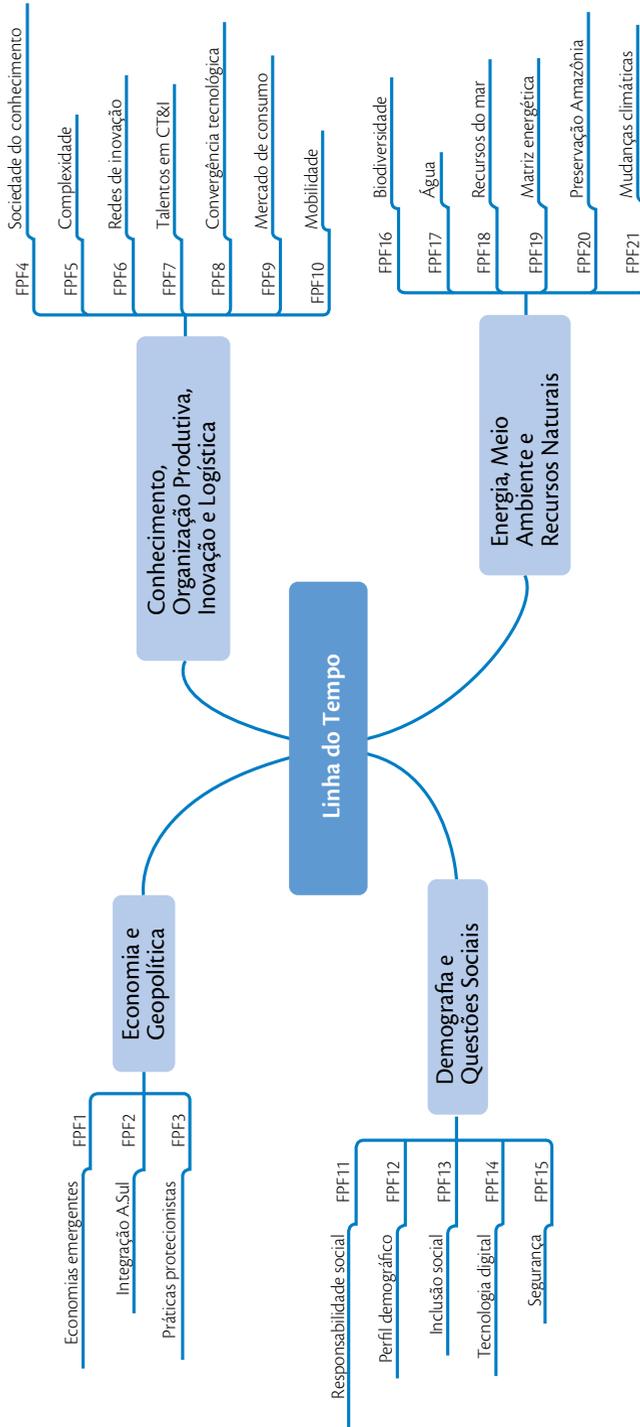


Figura 7. Dimensões de observação e fatos portadores de futuro da linha do tempo do PGE/Finep

Tabela 2. Relação das personalidades entrevistadas

Nome	Cargo	Instituição
Jacob Palis Junior	Presidente	Academia Brasileira de Ciências - ABC
Reginaldo Arcuri	Presidente	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI
Isa Assef dos Santos	Presidente	Associação Brasileira das Instituições de Pesquisa Tecnológica - ABIPTI
Eduardo Emrich Santos	Presidente	Fundação BIOMINAS
João Carlos Ferraz	Diretor de Planejamento	BNDES
Luciano Coutinho	Presidente	BNDES
Victor Pais	Vice Presidente de Tecnologia	BRASKEN
Antonio Carlos Rego Gil	Presidente	Associação Brasileira das Empresas de Software e Serviços para Exportação - BRASSCON
Sílvio Meira	Cientista Chefe	Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife - CESAR
Marco Antonio Zago	Presidente	CNPq
Eduardo Moacyr Krieger	Representante de Entidades Nacionais dos Setores de Ensino, Pesquisa, Ciência e Tecnologia	Conselho Nacional de C&T - CCT
Roberto Holthausen Campos	Diretor de Tecnologia e P&D	EMBRACO
Irineu H. Setter	Gestor de Pesquisa e Tecnologia	CMBRACO
Frederico Fleury Curado	Diretor de P&D	EMBRAER
Carlos Henrique de Brito Cruz	Diretor Científico	FAPESP
Odenildo Sena	Presidente FAPEAM e ex-presidente do CONFAP	Fundação de Amparo de Pesquisas do Amaxonas - FAPEAM; Conselho Nacional das Fundações de Amparo à Pesquisa - CONFAP
Eduardo Moreira da Costa	Diretor de Inovação	FINEP
Fernando de Nielander Ribeiro	Diretor de Administração e Finanças	FINEP
Luis Manuel Rebelo Fernandes	Presidente	FINEP
Eugenius Kaszkurewicz	Diretor de Desenvolvimento Científico e Tecnológico	FINEP
Guilherme Narciso de Lacerda	Presidente	Fundação dos Economistas Federais - FUNCEF
Carlos Alberto Rosa	Gerente de Participações	Fundação dos Economistas Federais - FUNCEF
Umberto Conti	Consultor Especial	Fundação dos Economistas Federais - FUNCEF
Reinaldo Guimarães	Secretário de C&T	Ministério da Saúde
Leandro Machado	Relações Públicas	NATURA
Carlos Tadeu da Costa Fraga	Superintendente do CENPES	PETROBRAS
Ivan Moura Campos	Professor	UFMG
Evando Mirra	Professor	UFMG
Luciano Siani Pires		VALE
Alidor Lueders	Diretor Relações com o Mercado	WEG

## Experiências internacionais

Entre as contribuições internacionais incorporadas, destaca-se o estudo elaborado por Moorcroft (2009) que apresentou uma visão global das mudanças e tendências influenciando a CT&I e os tipos de políticas necessárias para fomentar a inovação no futuro. Especificamente, o relatório examinou:

- O movimento tendencial em direção às abordagens sistêmicas e abertas para a inovação e as forças motrizes que estão apoiando estas mudanças.
- As implicações deste movimento e sua ênfase para os gestores e formuladores de políticas e agências de financiamento.
- O crescimento contínuo, não somente para o apoio direto em P&D, porém um foco mais abrangente no financiamento e fomento do conhecimento; construção e manutenção de capacidades; colaboração e redes.
- As implicações nas políticas e financiamento de um foco maior no papel da inovação não-tecnológica e de serviços.
- Uma abordagem mais holística na elaboração de políticas e o papel da inovação no desenvolvimento econômico.
- A necessidade de uma visão e direção para um enfoque aberto e colaborativo que construa as melhores práticas mundialmente, mas se adeque ao conhecimento e circunstâncias locais.

Além deste estudo, foram realizadas palestras por especialistas estrangeiros que permitiram uma visão mais nítida do contexto internacional da CT&I.

## Consolidação e comprometimento

A metodologia proposta para as fases de consolidação e comprometimento do plano de gestão estratégica da Finep foi dividida em dois blocos: análise e síntese das informações obtidas ao longo do processo e construção da Finep do futuro.

O destaque mostrado na Figura 8 apresenta estas duas fases, para as quais convergiram todos os subsídios gerados no processo e que resultaram na proposta para a construção da Finep do Futuro.

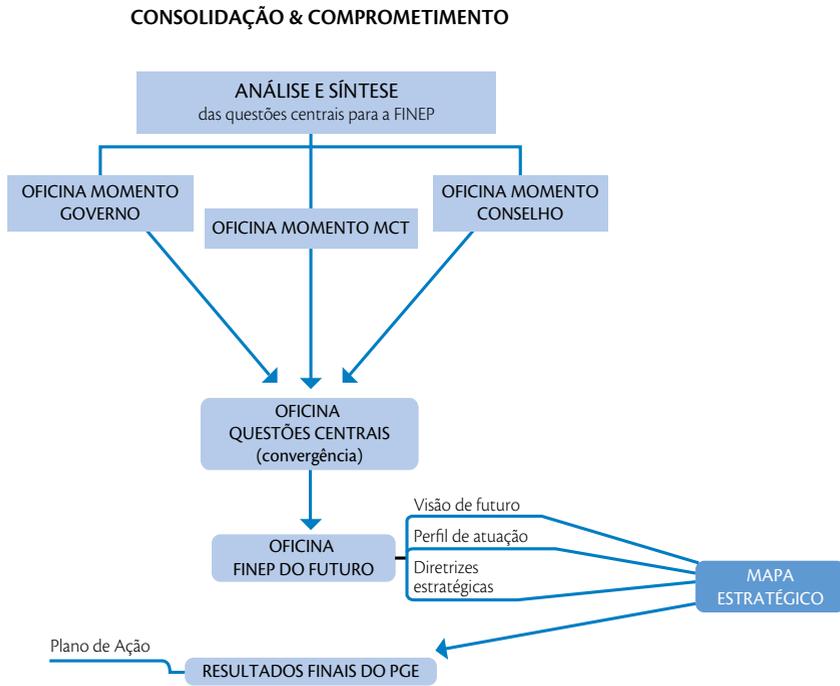


Figura 8. Fases de Consolidação e Comprometimento

A fase de consolidação foi marcada pela análise e síntese das informações obtidas nas etapas anteriores e a discussão destas com a direção, funcionários da Finep e outros *stakeholders*. Os métodos utilizados nesta etapa foram interativos, de forma a assegurar a mobilização, participação e comprometimento em todos os níveis da Agência e com atores externos fundamentais para assegurar a implementação das diretrizes estratégicas definidas. Foram realizadas quatro atividades principais:

- Finalização e validação das Notas Técnicas e realização de eventos para discussão e validação dos resultados do trabalho dos GTs.
- Identificação de perspectivas e tendências futuras e seus impactos na Finep, incorporando elementos oriundos de resultados da fase inicial (coleta de dados, consulta, *benchmarking*, oportunidades e ameaças, **linha do tempo**, estudos), validados em oficinas.
- Validação dos elementos de **linha do tempo**, envolvendo os imperativos globais e os fatos portadores de futuro.

- Consolidação do diagnóstico atualizado, incorporando elementos oriundos de resultados da fase inicial (forças e fraquezas, consulta estruturada, entrevistas), validados em oficinas.

No final desta fase, foram realizadas oficinas para discussão e validação dos insumos gerados nas fases anteriores do processo. As discussões e resultados destas oficinas, realizadas com a participação de representantes do governo (MCT e outros ministérios), do Conselho Consultivo da Agência e de representantes do corpo funcional, permitiram o avanço para a última fase – de comprometimento – destinada à consolidação de todos os elementos necessários para a criação da proposta do PGE.

A oficina final, **Finep do Futuro**, propiciou um fórum para novas discussões entre os funcionários e *stakeholders*, efetuadas a partir das percepções obtidas em todas as etapas anteriores do processo resultando na construção dos elementos fundamentais para a proposta do Plano:

- A declaração da Visão de Futuro.
- A definição do perfil de atuação da Agência.
- A proposição de diretrizes estratégicas para a formulação de um Plano de Ação.

Foram, também, validados os valores corporativos, que haviam sido levantados através de entrevistas com funcionários da agência, e redefinida a sua missão.

## Mapa estratégico

A construção de mapas estratégicos possibilita conectar visões, valores e objetivos com as ações estratégicas que são necessárias para atingi-los num determinado horizonte temporal. É um método usado no processo de planejamento que dá aos tomadores de decisão meios para identificar, avaliar e selecionar alternativas estratégicas para atingir as metas e objetivos definidos. (PHAAL, FARRUKH & PROBERT, 2004)

O mapa fornece um roteiro para atingir a visão, indo do presente para o futuro, e auxiliando a organização a identificar, selecionar e desenvolver as alternativas corretas e necessárias para criar os produtos e serviços adequados para atender os mercados ou situações futuras. No processo de planejamento, o mapa estratégico é usado para a avaliação da estratégia global, em relação à avaliação de diferentes oportunidades ou ameaças. Lacunas são identificadas, pela comparação da visão de futuro com a posição atual, servindo as opções estratégicas para explorar as pontes entre o que se é e o que se deseja ser.

Dois ambientes foram considerados na construção do mapa estratégico: 1) o ambiente cuja governança é externa à Agência, que se convencionou denominar de **ambiente político**, e 2) o ambiente cuja governança é interna à Agência que se denominou de **ambiente de gestão**. Base-

ado nesses pressupostos, o mapa foi organizado nas seguintes dimensões: Político-institucional; SNCTI; Sustentabilidade financeira; Operacional; Organizacional; Humana.

A partir do diagnóstico da situação atual e da definição da situação desejada em 2025, foram estabelecidas as **diretrizes estratégicas** e **ações estratégicas** necessárias para o alcance da **visão de futuro**, conforme representado nas Figuras 9 (estrutura do mapa) e 10 (mapa estratégico resumido).

O mapa estratégico proposto para a Agência forneceu a base para a elaboração do plano de ação detalhado dentro das diretrizes estabelecidas, com objetivos, metas e indicadores de acompanhamento claros, cuja execução deverá ser constantemente avaliada, viabilizando os acertos necessários face às mudanças que certamente acontecerão.

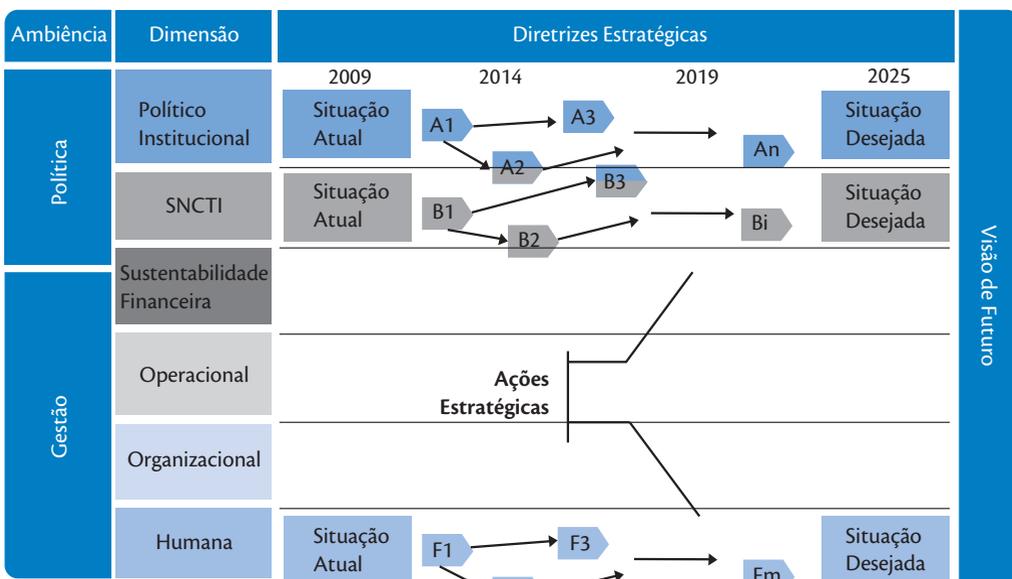


Figura 9. Estrutura do Mapa Estratégico

Transformar o Brasil por meio da inovação				Visão de Futuro
Ambiência	Dimensões	Diretrizes	Situação em 2025	Visão de Futuro
<b>Política</b>	<b>Político Institucional</b>	<p>Atuar para o aperfeiçoamento e consolidação do marco legal e regulatório no seu ambiente de atuação, visando maior efetividade no apoio à inovação</p> <p>Atuar por programas integrados à Política Nacional de CT&amp;I e a projetos estratégicos para o desenvolvimento nacional</p> <p>Atuar de forma proativa na formulação de políticas públicas aderentes à sua missão</p> <p>Viabilizar os recursos públicos necessários para alavancar o desenvolvimento nacional por meio da inovação</p> <p>Atuar em parcerias e alianças estratégicas, nacionais e internacionais</p>	<p>Marco regulatório viabiliza a atuação de empresas inovadoras e de instituições de CT&amp;I</p> <p>FINEP participa da formulação da política de CT&amp;I e atua de forma integrada com diferentes atores governamentais</p> <p>FINEP é o principal financiador público da inovação</p> <p>FINEP atua com fontes financeiras e parcerias adequadas para a promoção da inovação</p> <p>FINEP atua como instituição financeira sólida, com porte adequado para o fomento público da inovação nacional</p>	<b>Gestão</b>
	<b>SNCTI</b>	<p>Aumentar a abrangência e capilaridade de seus programas, ações e instrumentos.</p> <p>Integrar instrumentos financeiros e mecanismos de promoção da inovação, ampliando sua capacidade de apoio a programas de longo prazo</p> <p>Inovar continuamente sua gestão grantindo sua agilidade operacional, administrativa e transparência interna e externa</p>	<p>A FINEP atua efetivamente em todos os elos da cadeia de inovação, diretamente ou por meio de parceiros, viabilizando o apoio a ações de grande porte e longo prazo</p>	
	<b>Sustentabilidade Financeira</b>	<p>Garantir fontes de capacitação e capitalização para a sua consolidação como instituição financeira sólida</p>	<p>A FINEP atua efetivamente em todos os elos da cadeia de inovação, diretamente ou por meio de parceiros, viabilizando o apoio a ações de grande porte e longo prazo</p>	
<b>Operacional</b>	<b>Organizacional</b>	<p>Consolidar internamente políticas estratégicas integradas de gestão do conhecimento, comunicação e marketing, recursos humanos, infraestrutura física e sistemas de informação</p> <p>Assegurar o planejamento, o acompanhamento e a avaliação como atividades prioritárias</p>	<p>A FINEP é uma instituição de excelência, referência de gestão moderna e eficiente</p>	<b>Humana</b>
		<p>Valorizar e capacitar os recursos humanos como principal atividade empresa</p>	<p>FINEP é uma das melhores empresas para trabalhar no Brasil</p>	

Figura 10. Mapa Estratégico do PGE/Finep (resumido)

## 2. Conclusão

O desenvolvimento do PGE/Finep representou uma excelente oportunidade de reflexão sobre o SNCTI e o papel da agência brasileira de fomento neste contexto.

Alguns aspectos do processo merecem destaque:

- O número de pessoas envolvidas, tanto interna quanto externamente, não tem paralelo nas experiências de planejamento anteriores da organização.
- A qualidade das contribuições, em todos os níveis, superou bastante as expectativas iniciais.
- O processo, em si, teve um efeito muito benéfico na agência, independentemente dos resultados e objetivos a serem alcançados.

A abordagem metodológica utilizada pelo CGEE assegurou, por meio do processo participativo, o comprometimento de expressivo contingente de atores internos e externos não apenas com o processo, mas também – e principalmente – com a sua continuidade. Isto representa um importante ganho intangível, onde o processo acabou sendo tão importante quanto os resultados alcançados.

O *foresight estratégico* confirmou ser um instrumento poderoso para o planejamento de longo prazo, aliando os conceitos de **estratégia** e **prospecção**, contando com uma diversidade de métodos e técnicas e, sobretudo, tendo flexibilidade e resiliência na sua aplicação o que viabiliza a sua adaptação às necessidades específicas do tema de estudo.

O princípio da participação que gera comprometimento e o uso de métodos que se apóiam, simultaneamente, nas evidências, criatividade, expertise e interação conferiram robustez metodológica ao processo e proporcionaram qualidade aos resultados.

## Referências

- ANDREWS, K.R. The concept of corporate strategy. In: MINTZBERG, H.; QUINN, J. B.; GHOSHAL, S. **The strategy process**. London: Prentice Hall, 1998. p.51-60.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT. **Indicadores nacionais de ciência e tecnologia (C&T)**. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/740.html?execview=>>>. Acesso em: 01/06/2010.
- BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão - MP. **Estudo da dimensão territorial do planejamento: visão estratégica nacional**. Brasília: MP, 2008.
- CAMARGOS, M.A.; DIAS, A.T. Estratégia, administração estratégica e estratégia corporativa: uma síntese teórica. **Caderno de Pesquisas em Administração**, v. 10, n. 1, p.1-13, jan./mar. 2003.
- CONWAY, M.; VOROS, J. Implementing organisational foresight: a case study in learning from the future. In: **Probing the Future: Developing Organisational Foresight in the Knowledge Economy**, Glasgow, Scotland, July 2002.
- CUHLS, K.; GRUPP, H. Alemanha: abordagens prospectivas nacionais. **Parcerias Estratégicas**, n.10, mar.2001.
- FOREN - FORESIGHT FOR REGIONAL DEVELOPMENT NETWORK. **A Practical Guide to Regional Foresight**. Seville: JRC-IPTS, 2001.
- GODET, M. **Creating futures: Scenario planning as a strategic management tool**. Washington: Economica, 2001.
- HORTON, A. Forefront: a simple guide to successful foresight. **Foresight: the Journal of Future Studies**, v.1, n.1, feb. 1999.
- KUPFER, D.; TIGRE, P.B. Prospecção tecnológica. In: CARUSO, L.A.; TIGRE, P.B. **Modelo Senai de prospecção: documento metodológico**, Montevideo: OIT/Cinterfor, 2004. p.17-35.
- LOVERIDGE, D. **Foresight: the art and science of anticipating the future**. New York: Routledge, 2009.
- MAKRIDAKIS, S. Forecasting: its role and value for planning and strategy. **International Journal of Forecasting**, v. 12, n. 4, p. 513-537, dec.1996.
- MILES, I.; KEENAN, M.; KAIVO-OJA, J. **Handbook of knowledge society foresight**. Manchester: Prest, 2002.
- MINTZBERG, H. Comments on Forecasting: its role and value for planning and strategy by Spyros Makridakis. **International Journal of Forecasting**, v. 12, n. 4, p. 539-546, dec.1996.
- \_\_\_\_\_, Five Ps for strategy. In: MINTZBERG, H.; QUINN, J. B.; GHOSHAL, S. **The strategy process**. London: Prentice Hall, 1998. p.13-21.

- MOORCROFT, S. **Trends affecting innovation, policies, and promotion**. London: Shaping Tomorrow, 2009.
- PHAAL, R.; FARRUKH, C.J.P.; PROBERT, D.R. Technology roadmapping: a planning framework for evolution and revolution. **Technological Forecasting & Social Change**, n. 71, p. 5-26, 2004.
- POPPER, R. Foresight methodology. In: **The handbook of technology foresight: concepts and practice**. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2008.
- PORTER, A. L. et al. Technology futures analysis: towards integration of the field and new methods. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 71 n. 3, p.287-303, 2004.
- QUINN, J. B. Strategies for change. In: MINTZBERG, H.; QUINN, J. B.; GHOSHAL, S. **The strategy process**. London: Prentice Hall, 1998. p.5-21.
- REZENDE, S. No Brasil, ciência já pode pensar grande e a empresa ousar mais. **Valor Especial Tecnologia & Inovação**, p. 26-9, jun./jul. 2010. Entrevista concedida a Ediane Tiago.
- ROCHA, A. **Diagnóstico e sugestões em relação à imagem institucional da FINEP**. Brasília: CGEE, 2008.
- SANTOS, D.M.; SANTOS, M.M. A atividade de foresight e a União Européia (EU). **Parcerias Estratégicas**, n. 17, 2003.
- SANTOS, M.M.; COELHO, G.M.; SANTOS, D.M.; FELLOWS FILHO, L. Prospecção de tecnologias de futuro: métodos, técnicas e abordagens. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, n. 19. dez. 2004.
- SLAUGHTER, R.A. **Futures for the Third Millennium: enabling the forward view**. Sydney: Prospect Media, 1999.
- SPENDOLINI, M.J. **Benchmarking**. São Paulo: Makron, 1994.
- UGHETTO, E. Foresight as a triple helix of industry, university, and government relations. **Foresight**, v. 9, n. 5, p. 14-22, 2007.

# Auge e declínio dos estados desenvolvimentistas. Novos desafios<sup>1</sup>

Carlos Aguiar de Medeiros<sup>2</sup>

---

## Resumo

Busca-se neste artigo examinar a ascensão dos estados desenvolvimentistas em algumas trajetórias nacionais de desenvolvimento trilhadas por alguns países periféricos durante a Idade de Ouro do Pós-Guerra e a sua crise e redefinição nas duas últimas décadas do século passado marcadas por reformas liberalizantes. Alguns esforços realizados nesta década e voltados a construção de novas estratégias são examinados.

## Abstract

*In this paper we analyze the rise of the developmental state in some national development strategies experienced by peripheral countries during the highest convergence period of the Golden Age and its crisis and redefinitions during the greatest divergence phase and neoliberal reforms of the last two decades of last century. Some new efforts to launch new development strategies in this decade are considered.*

---

1 Este texto, apresentado no seminário internacional “Estado Desenvolvimentista: Crise e Retomada?”, CCJE, UFRJ, Rio de Janeiro, junho de 2010, foi elaborado a partir de uma pesquisa mais ampla “Estratégia Nacional de Desenvolvimento” elaborada para o CGEE/Cepal.

2 Professor associado do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e pesquisador do CNPq. Email: carlosaguiarde@gmail.com.

## 1. Introdução

A difusão da industrialização em diversos países periféricos iniciada no pós-guerra e a grande divergência ocorrida entre eles nas duas últimas décadas tem suscitado amplo debate sobre o desenvolvimento econômico. Interpretações baseadas na economia neoclássica e análises de base institucionalista (com maior ou menor aproximação com a economia neoclássica)<sup>1</sup> constituem o principal campo sobre as explicações históricas. A despeito de amplas diferenças que possuem sobre os determinantes do crescimento econômico, elas compartilham de um ponto de vista comum sobre três aspectos básicos: o entendimento de que o desenvolvimento econômico resulta de uma correta estrutura de preços e incentivos (o decorrente de um livre mercado para os neoclássicos ou o resultante de uma estratégia industrializante segundo os institucionalistas); a adoção de um “nacionalismo metodológico” em que a nação constitui o lócus central e exclusivo da estratégia de desenvolvimento; por fim, consideram que a afirmação de um estado weberiano meritocrático é o elemento central das estratégias bem sucedidas de desenvolvimento (para evitar os processos de *rent-seeking* segundo os autores neoclássicos; para disciplinar as grandes empresas segundo os institucionalistas)<sup>3</sup>.

A presente nota, a partir de uma perspectiva metodológica baseada na economia política clássica, no estruturalismo latino-americano e nas análises de inspiração gramsciana sobre o estado,<sup>4</sup> assume uma postura crítica a estes três aspectos básicos. Considera em primeiro lugar, que as explicações sobre as trajetórias de desenvolvimento baseadas nas instituições abstraem os desafios e condicionamentos estruturais (de forma simétrica ao do pensamento estruturalista clássico da Cepal que abstraía o papel das instituições). O desafio central é articular as duas dimensões. Assume, em segundo lugar, a proposição de que o ambiente internacional não é idêntico para as nações em desenvolvimento e é influenciado pela ação econômica e política do estado hegemônico criando para estas oportunidades diferenciadas de desenvolvimento. Por fim, considera que o estado não pode ser tomado como um agente acima dos interesses, à parte das classes sociais e das relações com os outros estados, mas como uma coalizão de poder de um dado projeto hegemônico compatível com uma determinada estratégia de acumulação. Nas três seções que compõem esta nota, busca-se exemplificar algumas destas questões a partir de uma análise sobre os padrões nacionais de industrialização e estratégias de desenvolvimento percorridas pelos países periféricos tanto no período de maior convergência, quanto no de grande divergência.

1 Para uma classificação recente da abordagem institucionalista ver Fine (2005)

2 Para uma referência original a esta expressão ver Gore (1996) ver também Medeiros (1997)

3 Skocpol (1985) constitui uma referência essencial para a abordagem weberiana.

4 O estudo de Morton (2007) é representativo da perspectiva de Gramsci sobre o estado.

## 1.1. As estratégias nacionais de desenvolvimento na idade dourada do pós-guerra. A Formação dos Estados Desenvolvimentistas (ED)

A difusão parcial e limitada da industrialização no pós-guerra (e, em particular das indústrias e atividades mais próximas às atividades inovadoras, como o setor de bens de capital) foi uma decorrência de estratégias nacionais lideradas por estados desenvolvimentistas<sup>5</sup> voltadas especificamente para reproduzir em condições de atraso (e, em muitos casos a partir de uma posição periférica) a indústria moderna e a sua infraestrutura, como principal máquina de crescimento econômico.

Sob a hegemonia americana do pós-guerra e sob o embate da guerra-fria, o desenvolvimentismo foi uma estratégia de acumulação e um projeto hegemônico do capital industrial nacional coordenado pelos estados nacionais favorecendo a formação de grandes empresas industriais e seus mercados. Estratégias nacionais desenvolvimentistas foram seguidas em diversos países e assumiram diferentes vias segundo o tamanho da economia, a base de recursos naturais, a distribuição de renda, a inserção geopolítica (isto é, acompanhada por maior ou menor ambição e autonomia política e militar), o poder político subjacente a esta estratégia e as desiguais oportunidades criadas pelos países mais avançados. O maior ou menor sucesso destas estratégias dependeu da combinação destas circunstâncias internas e externas<sup>6</sup>.

Alguns poucos países (na América Latina, principalmente o Brasil e México, na Ásia, os Tigres Asiáticos – principalmente Coreia e Taiwan –, os do Sudoeste da Ásia, a Índia e os países socialistas), com distinto grau de sucesso, trilharam um caminho de certa forma similar aos países industrializados que se reestruturaram no pós-guerra, a despeito de um muito maior atraso, sobretudo em suas estruturas agrárias. Buscou-se internalizar as indústrias chaves típicas do padrão industrial americano – centrado na metal mecânica, nos automóveis e na química – e de seu padrão de consumo – centrado nos bens duráveis de consumo financiado pelo crédito. Estas indústrias, ao lado da urbanização e de seus serviços e infra-estrutura, criavam em economias atrasadas a base econômica agrária. Hirschman (1958) definia esse movimento como uma nova “conspira-

---

5 A formulação internacionalmente consagrada sobre o Estado Desenvolvimentista é a de Johnson (1982) relativa ao estado japonês do pós-guerra e tendo como foco central a coordenação pelo estado dos investimentos em novas indústrias através de intervenções seletivas. Os estudos de Amsden (1989), Chang (2006) sobre a Coreia e de Wade (1990) seguem esta abordagem. O que faz estes estudos serem essencialmente “estado-cêntricas” é a ausência de hipóteses do porque as empresas aceitam as tarefas e agem segundo a direção do estado. A formulação sobre o estado desenvolvimentista que assumimos nesta nota não difere desta enquanto a construção dirigida pelo estado de nova capacidade produtiva industrial através de empresas estatais, bancos públicos e mecanismos de coordenação mas considera que o seu sucesso desta estratégia depende dos interesses internos, condicionado pelas estruturas econômicas e da ação do estado hegemônico. Neste mesmo período e entre os países industrializados afirmou-se no pós-guerra o que Bob Jessop (2002) denominou de “Estado Nacional Keynesiano de Bem-Estar”, um novo projeto hegemônico baseado na busca do pleno emprego e inclusão social e cuja base material era a expansão da demanda interna e dos mercados como base central para as escalas de acumulação produtiva. Estados desenvolvimentistas e estados keynesianos foram assim duas construções centrais do período.

6 Para uma discussão das articulações entre dimensões internas e externas ver Medeiros e Serrano (1997)

ção multidimensional do desenvolvimento”, na medida em que sua expansão gerava efeitos de encadeamento sobre setores produtivos e desdobramentos tecnológicos indutores do desenvolvimento econômico. Como observava Prebisch (1949), na periferia as políticas keynesianas típicas do pós-guerra requeriam mudança estrutural de forma a deslocar as restrições externas, sendo a construção de novo estoque de capital no setor industrial a base para uma política de alto crescimento e redução do desemprego.

Entre 1950 e 1980, a persistente elevação da renda per capita nestes países – superior ao da média mundial e a dos EUA, o país líder<sup>7</sup> – decorreu essencialmente do maior ritmo do crescimento do produto industrial e do deslocamento do trabalho excedente na agricultura para as atividades urbanas lideradas pela indústria e seus serviços. Nos países em que este deslocamento foi maior, como na Coreia ou Brasil, a taxa de crescimento foi mais alta, onde foi menor, como na Índia, a taxa de crescimento da renda por ocupado e per capita foi menor<sup>8</sup>.

Estes países, a despeito de sua diversidade inicial, possuíam em comum o enfrentamento dos desafios resultantes da grande distância tecnológica em relação aos países industrializados como a inexistência de tecnologia proprietária nacional, a heterogeneidade estrutural, a exigüidade dos mercados internos, os problemas de coordenação e de financiamento dos investimentos complementares nos novos setores e as restrições de balanço de pagamentos<sup>9</sup>.

De forma similar ao que se deu na Europa Ocidental do pós-guerra, a influência do êxito industrial na União Soviética conferiu grande legitimidade política ao planejamento de longo prazo, fazendo dos ministérios encarregados de sua elaboração e execução agências centrais na definição da política econômica. Mas não apenas o planejamento distinguiu estas estratégias nacionais de industrialização. Naqueles países mais exitosos como Brasil e Coreia (e posteriormente na China desde as reformas de Deng Xiaoping), as estratégias industriais foram resultados de intervenções públicas sobre a alocação dos investimentos, tanto indiretamente através de bancos públicos financiando o investimento industrial e sua infra-estrutura, quanto a nível setorial com a formação de importantes blocos de empresas estatais em atividades industriais estratégicas e na infra-estrutura.

Assim, independente do maior ou menor peso das exportações na composição da demanda final das indústrias, a industrialização tardia do século 20 foi liderada pelos estados. A distinção

---

7 Esta redução, embora genérica, foi muito desigual entre os países e regiões segundo os níveis iniciais de desenvolvimento (maior nos países latino-americanos, menor nos países asiáticos), as taxas de crescimento do produto e da população.

8 A discussão entre a taxa de crescimento da produção industrial e a taxa de crescimento do PIB foi explorada analiticamente por Kaldor (1996) e é amplamente reconhecida na literatura não ortodoxa do desenvolvimento.

9 O exame destas questões que dizem respeito à implantação da indústria moderna em sociedades de base agrária constituiu o núcleo da reflexão dos “pioneiros da economia do desenvolvimento” tais como Rosestein Rodan, Nurkse, Lewis, Hirschman, Furtado e Prebisch conferindo um novo sentido à economia do desenvolvimento. Entre nós a coletânea clássica deste trabalhos é a de Agarwala e Singh, recentemente reeditada (2010).

convencional entre uma estratégia baseada na substituição de importações (ISI) associada à liderança do estado em países como Brasil e México e uma industrialização orientada pelas exportações (IOE) associada a uma estratégia pró-mercado que teria predominado na Coreia, Taiwan ou Tailândia não resiste, com efeito, às evidências históricas sobre as industrializações seguidas nestes países<sup>10</sup>. Todas as industrializações contaram inicialmente com processos de substituição de importações e abertura seletiva e possuíram maior ou menor ênfase nas exportações industriais segundo distintas constelações de fatores. Uma peça essencial das estratégias nacionais de desenvolvimento foi o regime macroeconômico em que a política cambial, fiscal e monetária se subordinava aos objetivos do crescimento econômico. Até os anos 1970 o financiamento externo foi irrelevante e a restrição de divisas impunha um estrito controle sobre o câmbio, controle de importações, estímulo às exportações, políticas que se afirmaram como elemento estratégico para as trajetórias nacionais desenvolvimentistas.

Entretanto, a despeito de estratégias comuns, os países que iniciaram seus processos de diversificação industrial no pós-guerra seguiram padrões distintos. Dois aspectos se sobressaem com relação a esta distinção de padrões: os níveis de distribuição de renda que acompanharam o processo de industrialização (a desigualdade na América Latina foi muito superior à Asiática) e a participação das exportações industriais nas exportações dos países (muito mais elevada na Ásia).

## Os distintos padrões

Ao contrário dos países da Europa Ocidental, na periferia a industrialização no pós-guerra guiada por estados desenvolvimentistas não foi acompanhada por coalizões sociais democratas visando à distribuição de renda e ao pleno emprego. Entretanto, a despeito da subordinação dos objetivos de maior equidade aos de crescimento e industrialização, os resultados distributivos foram muito desiguais segundo as distintas coalizões sociais amparadas no estado. As coalizões sociais, isto é, os interesses econômicos predominantes no projeto hegemônico<sup>11</sup> do nacional desenvolvimentismo, e o padrão de distribuição de renda foram essencialmente influenciados pela forma como foi enfrentada a questão da terra e a modernização da produção agrícola. Onde era maior o atraso na agricultura de alimentos<sup>12</sup>, menor a renda do camponês e maior era o peso de oligarquias tradicionais nos pactos do poder político – como por exemplo no Brasil, Índia ou Indonésia –, a industrialização se deu acompanhada por ampla marginalização social e do consu-

10 “State intervention is a phenomenon that has been common across the development experience, in the successful cases as well as the failures. “States (...) thus differ not so much in their orientation toward the economy (...) but in their capacity to bring about the desired results” (CHIBBER, 2003: p. 6).

11 Entende-se aqui por projeto hegemônico a solidariedade de interesses que transcende interesses econômicos particulares e corporativos numa dada relação política de hegemonia. Ver Morton, 2007.

12 A distinção elaborada por Lewis (1977) e Furtado (1969) entre a agricultura tropical e a de clima temperado é essencial para a compreensão dos distintos pontos de partida do modelo “primário-exportador” e para os desiguais níveis da heterogeneidade das estruturas econômicas e sociais.

mo moderno das massas rurais (e crescente periferia urbana) levando a grande concentração de renda. Nos países onde ocorreram reformas agrárias e modernização simultânea da agricultura (como na Coreia e Taiwan, que por sua vez seguiram os passos do Japão, realizando profundas mudanças nas relações proprietárias, contando com o estímulo e apoio dos EUA) houve menor polarização social, afirmando-se um estado mais coeso em torno dos interesses dos capitais industriais<sup>13</sup>.

Do mesmo modo, o desempenho exportador foi distinto.

Na Ásia, a substituição de importações foi rapidamente sucedida (já nos anos 1960) por exportações industriais (sobretudo têxtil e vestuário nas fases iniciais) gerando uma diversificação exportadora maior com conseqüente efeito positivo sobre o balanço de pagamentos. Na América Latina, muito mais lentamente e menos intensivamente ocorreu a diversificação de exportações (e mesmo assim apenas em alguns países, notadamente no Brasil a partir dos anos 1960). Diversas explicações predominam para esta divergência. Estas tanto na perspectiva convencional dos estudos mais próximos ao do Banco Mundial, quanto nos estudos heterodoxos, sublinham as diferentes estratégias adotadas e os interesses predominantes. O excesso de protecionismo, o viés urbano e anti-rural das coalizões desenvolvimentistas<sup>14</sup>, ou o pessimismo sobre a possibilidade latino-americana de exportar produtos industriais<sup>15</sup> teriam predominado na região em contraste com as estratégias claramente exportadoras dos países asiáticos (decorrente para a ortodoxia de um menor protecionismo ou para a heterodoxia de políticas industriais consistentes).

O que distingue estas abordagens é a desconexão entre estratégias, instituições e estrutura. Argumenta-se aqui numa linha similar a explorada por Diamand (1986) sobre o caso da Argentina, Mahon (1992) e mais recentemente por Bresser-Pereira (2010), que entre os países com setores exportadores altamente competitivos baseados em recursos naturais como os da América Latina, formou-se um “desequilíbrio na estrutura produtiva” entre a produtividade do setor primário exportador e a do setor industrial. Este desequilíbrio levou a formação de uma taxa de câmbio pouco competitiva para a indústria, consolidando a especialização do setor exportador. As políticas industriais favoreceram o mercado interno para a indústria através das tarifas e das taxas diferenciadas de câmbio, mas situaram-se num nível pouco competitivo para as exportações industriais. Os interesses em torno desta estratégia eram evidentemente muito mais sólidos do que aqueles gerados por uma estrutura econômica muito distinta como a que predominou nos países mais dinâmicos da Ásia.

---

13 Um estudo clássico é o de Anibal Pinto (1973) sobre a grande heterogeneidade estrutural da América Latina.

14 Como em Sachs (1989)

15 Explicitamente sublinhado em documento da CEPAL de 1953. Para uma discussão ver Pazos (1984).

Em primeiro lugar, para um pequeno grupo de países como Coréia, Taiwan e certamente cidades-estados como Hong-Kong e Cingapura, a pobreza de recursos naturais, tornava a exportação de produtos industriais uma via obrigada de industrialização quer, (como no caso de Taiwan e as cidades-estado) devido à exigüidade do mercado interno, quer como no caso de todos os demais, devido à necessidade de financiar a sua capacidade de importar<sup>16</sup>. A inexistência de um setor primário exportador produtivo levava a uma estrutura econômica mais equilibrada, viabilizando a afirmação de uma taxa de câmbio real mais favorável à indústria. Em segundo lugar, por causa da situação política decorrente da guerra-fria, estes países contaram com grande apoio dos EUA na provisão inicial de financiamento externo e de mercado preferencial para suas exportações.

Desse modo as estratégias industrializantes asiáticas não se distinguiram por ter adotado políticas e instrumentos distintos dos que foram usados no Brasil ou México. O Estado não foi mais ou menos interventor na indução, coordenação e subsídios ao investimento privado,<sup>17</sup> entretanto devido à circunstâncias estruturais e geopolíticas diferenciadas esta política gerou resultados macroeconômicos e distributivos distintos. Nestes países, a composição e a mudança da pauta exportadora geraram um maior e mais diversificado setor de *tradables* industriais e estável taxa de câmbio. Esta realidade<sup>18</sup> tornar-se-á evidente nos anos 1980, mas já se afirmara com o padrão de crescimento com endividamento que na Coréia, tal como no Brasil e México, se afirmou nos anos 1970.

Também na Indonésia e na Índia, afirmaram-se entre 1950-1980 estados desenvolvimentistas que fizeram da industrialização nacional suas principais estratégias nacionais de desenvolvimento. Planos quinquenais, elevado peso das empresas estatais em setores estratégicos da indústria pesada e da infraestrutura, estrita proteção do mercado interno e substituição de importações constituíram o núcleo desta estratégia. Na Índia, sua posição de independência na guerra fria e a influência do planejamento soviético levaram a formação de uma estratégia militar autônoma com importantes impactos na prioridade centrada na indústria pesada. Essas estratégias propiciaram em ambos países um desempenho bastante distinto dos países do sudeste asiático e sob aspectos estruturais mais próximos ao da América latina. Com uma agricultura atrasada, com a imensa maioria da população ocupada em atividades de subsistência e baixo deslocamento intra-setorial e com uma indústria leve de consumo de base artesanal, o desenvolvimentismo

16 Em Medeiros e Serrano (2001) discute-se o papel das exportações nas trajetórias de crescimento segundo suas distintas estruturas produtivas. Esta questão será retomada mais a frente.

17 "It is by now well known that the favorite neoclassical showcase of South Korea is not predominantly one of market liberalism but of aggressive and judiciously selective state intervention. The Korean state has heavily used the illiberal compliance mechanisms of selective command and administrative discretion, restricting imports for industrial promotion, disciplining the private sector through control over domestic credit, foreign exchange and underwriting of foreign borrowing, and public enterprise leading the ways in many areas" Bardhan (1988:62).

18 Chibber (2003) explora as implicações desta característica sobre a maior capacidade dos estados asiáticos exportadores em disciplinar as grandes empresas a seguirem as orientações da política industrial.

indiano resultou em modestas taxas de crescimento e concentração de renda (dada a vasta pobreza rural), ainda que tenha logrado internalizar importantes segmentos da indústria moderna e de sua infra-estrutura. Na Indonésia onde houve predomínio das exportações primárias afirmou-se também elevada concentração de renda fundada na contradição entre campo e cidade.

## 1.2. O neoliberalismo e a crise dos Estados Nacionais Desenvolvimentistas

Estas estratégias de desenvolvimento na periferia do capitalismo industrial<sup>19</sup> foram desafiadas desde os anos 1980 por diferentes circunstâncias. A ofensiva Reagan-Thatcher contra o estado keynesiano nos países centrais, a desregulação financeira, a crise da dívida externa na periferia, o colapso da URSS em 1991, a um tempo em que se iniciava e se difundia uma nova revolução tecnológica baseada na informação e telecomunicação levou a mudanças pronunciadas na divisão do trabalho diluindo os territórios nacionais produtivos e financeiros erigidos no pós-guerra. A internacionalização produtiva ganhou maior escala.

O “complexo Washington-Wall Street”<sup>20</sup> (e sua liderança sobre o Banco Mundial e o Fundo Monetário Internacional) se afirmou como o núcleo do poder político e da ideologia não apenas dos capitais internacionalizados americanos mas dos capitais internacionalizados em geral, a despeito de sua retórica sobre o estado mínimo e sobre a eficiência do mercado. A afirmação do neoliberalismo como doutrina, isto é a hegemonia das visões predominantes, traduziu uma nova estratégia de acumulação impulsionada pelo estado (neoliberal) e uma nova coalizão socioeconômica e novo projeto hegemônico a favor dos capitais internacionalizados e, sobretudo, a um maior poder ao capital financeiro.<sup>21</sup> Foram transformações iniciadas a partir de uma ampla ofensiva contra os sindicatos e o estado de bem estar do pós-guerra e, simultaneamente, da afirmação do dólar como moeda internacional<sup>22</sup>. Correspondia também a uma nova estratégia dos EUA em sua ofensiva contra os novos países industrializados exportadores<sup>23</sup>.

Entre os países industrializados, as grandes empresas, expostas à intensa concorrência internacional, buscaram maior autonomia frente ao estado, aos trabalhadores e à cadeia de fornecedores

19 Fugiria ao escopo destas notas centradas na formação de estados desenvolvimentistas em economias capitalistas, o exame das experiências da União Soviética e da China, ainda que os dilemas e desafios da industrialização não tenham sido distintos.

20 Wade e Veneroso (1998).

21 Jessop (2002) em sua análise sobre o tipo de estado que emerge das crises dos estados keynesianos de bem-estar denomina de “estado schumpeteriano competitivo” um “state that aims to secure economic growth within its borders and/or to secure competitive advantages for capitals based in its borders, even where they operate abroad, by promoting the economic and extra economic conditions that are currently deemed vital for success in competition with economic actors that and spaces located in other states.” (p. 96)

22 Para uma discussão destas articulações ver Serrano (2004) e Glyn (2006).

23 As pressões liberalizantes foram particularmente acentuadas no âmbito da OMC na Rodada do Uruguai iniciada nos anos 1980.

domésticos, ao mesmo tempo em que requeriam maior apoio deste ao seu processo de internacionalização produtiva e financeira em novas configurações espaciais e regionais.

Entre os países recém industrializados o impacto destas transformações foi maior tendo em vista uma menor diversificação produtiva e maior dependência de suas indústrias à regulação do sistema financeiro e do mercado interno. Em muitos países, em particular na América Latina e Europa Oriental, sob o peso da dívida externa (que se expandiu extraordinariamente nos anos 1970 sob a pressão dos banqueiros – MEDEIROS, 2008a) e das novas coalizões de interesses internos e externos em torno da agenda de reformas do Consenso de Washington, houve o abandono de estratégias de desenvolvimento centradas na indústria e na nação como escala predominante de acumulação e a afirmação de um novo projeto hegemônico liderado pelos capitais cosmopolitas.

Nos 1990, a abertura financeira teve grande importância para a crise e descontinuidade das estratégias nacionais de desenvolvimento (tanto em países industrializados quanto e principalmente naqueles semi-industrializados) na medida em que expunha as economias a fluxos externos especulativos e dissolvia o papel do crédito doméstico como mecanismo de coordenação dos investimentos. Foi na esteira das crises cambiais que as reformas estruturais foram introduzidas de forma concentrada<sup>24</sup>. Estas levaram a crônicas “fugas para qualidade”, isto é, para a busca de proteção do valor dos ativos que só o dólar e a política dos EUA poderiam garantir.

Como corolário destas mudanças no regime macroeconômico e na inserção comercial houve, na extensão e nas condições que os países abriram suas economias, uma ruptura entre os interesses das grandes empresas e as estratégias industriais nacionais que constituíam a base do nacional desenvolvimentismo. Cultivadas e promovidas por seus estados nacionais desenvolvimentistas as empresas, desafiadas ou parcialmente deslocadas de seus mercados, passaram a perceber novas oportunidades e estratégias de acumulação, especialmente através de formação de *joint ventures* com empresas multinacionais e o controle majoritário ou participação nos grandes negócios das privatizações. Tais oportunidades demandaram do estado novas funções e políticas<sup>25</sup> e outro projeto de poder e estratégia de acumulação. Assim, as pressões lideradas pelos EUA ao longo dos anos 1990 a favor da liberalização e abertura externa encontraram grande apoio interno entre os grupos financeiros cosmopolitas dolarizados e do *big business* em geral. A rebelião das grandes empresas contra o estado desenvolvimentista se deu em todo lugar<sup>26</sup>. Ela foi acompanhada em geral pela opinião pública que identificava a política industrial como as praticadas por países como o Brasil ou a Coreia ou Indonésia com o autoritarismo político, com

24 Para uma discussão dos processos de endividamento e seu impacto nos regimes macroeconômicos ver Medeiros (2008a)

25 Em Medeiros (2009) discutem-se as privatizações como forma de organização do *big business*.

26 “in Korea, the giant conglomerates (the chaebols) have aggressively campaigned during the 1990s to convince the population that the government should abandon its industrial policy and financial regulation” Chang, 2006:253.

“*crony capitalism*” e, no caso do Brasil, com a concentração da renda. A coesão e a legitimidade em torno da estratégia de acumulação centrada na indústria, e conseqüentemente a hegemonia deste projeto, foram profundamente abaladas<sup>27</sup>.

Essas transformações levaram nos países que se industrializaram no pós-guerra a mudanças substanciais em suas estratégias de acumulação. O grau e o impacto destas mudanças sobre as estratégias e trajetórias nacionais de desenvolvimento dependeram essencialmente do grau atingido de desenvolvimento, da maior ou menor resistência da estratégia anterior aos novos desafios e da capacidade de transformação estrutural das economias. A estrutura produtiva, o grau de vulnerabilidade externa e de endividamento, a existência de dinâmicas regionais diferenciadas e o poder e coesão política dos estados nacionais foram os vetores principais de contaminação.

### Diferentes caminhos

Ao longo dos anos 1990 foi possível identificar diferentes caminhos às pressões liberalizantes e tecnológicas. Uma resposta comum aos novos desafios foi a busca de estratégia “integracionista” (AMSDEN, 2001), centrada na formação de novas alianças privadas e re-especialização em atividades com vantagens absolutas de custos (quer na indústria como no México, quer em recursos naturais como a maioria dos países da América do Sul e Rússia, ao longo dos anos 1990), e no financiamento e investimento externo como motores do crescimento. Usando uma tipologia sugerida por Lall (2000) trata-se de uma estratégia passiva e dependente do investimento direto estrangeiro (IDE).<sup>28</sup>

Na América do Sul, a rebelião do *big business* cosmopolita contra o estado desenvolvimentista traduzia (sob uma retórica liberalizante e democratizante) uma ampliação do poder e influência dos exportadores tradicionais, dos bancos e grupos industriais em associação com o capital estrangeiro. Estes grupos liderados pelas burocracias mais próximas às relações externas (o banco central, o ministério da fazenda, etc.) deslocaram a indústria e as suas burocracias (o planejamento, o ministério do trabalho, órgãos intermediários, etc.) do núcleo central que caracterizava o projeto hegemônico anterior.

---

27 Fine (2005) examina as diferentes interpretações sobre a crise do estado desenvolvimentista, tanto do que ele denomina a “escola política” (Johnson, 1982), quanto da “escola econômica”, que reúne os principais autores institucionalistas tais como Chang, Amsden, ou Stiglitz e Rodrik. Para os primeiros, o estado desenvolvimentista foi uma construção histórica particular e que perdeu a sua funcionalidade com o próprio sucesso do desenvolvimento. Para autores da segunda escola que é centrada na funcionalidade econômica deste a crise (Stiglitz (1998), por exemplo) decorreu da abertura financeira e da inadequação das instituições existentes ao novo ambiente, para outros, como Chang, a abertura financeira destruiu o mecanismo básico de coordenação dos investimentos, para Wade (1998) ela resultou das pressões americanas sobre as instituições asiáticas. Fine defende a necessidade de uma interpretação alternativa. A formulação aqui seguida recolhe alguns dos aspectos mencionados nestas abordagens, mas os considera numa análise distinta sobre a relação entre o estado e os capitais enfatizando a mudança de interesses dos grandes grupos econômicos e de suas alianças estratégicas.

28 Ou, para se usar uma difundida expressão na América Latina dos anos 1960: “associado e dependente”.

Na Rússia e no Leste Europeu, a crise do socialismo decorreu também de uma conjunção de fatores externos e políticos (MEDEIROS, 2008b), e de fatores internos associados à exaustão do padrão de crescimento anterior e a uma “rebelião” das elites – a “revolução pelo alto” como denominou Kotz e Weir (1998) – em particular dos gerentes das grandes empresas. Afirmou-se uma violenta acumulação primitiva de capital em torno dos novos setores e grupos econômicos privados que se beneficiaram do processo de transição ao capitalismo (agricultura, petróleo e gás). Nos países do leste europeu que atraíram os capitais alemães, iniciou-se um novo processo de especialização na indústria nas atividades intensivas em mão-de-obra e a retomada de financiamento externo afirmando, também aqui a via “integracionista”.

Uma peça essencial desta estratégia foi o novo regime macroeconômico centrado na estabilidade macroeconômica, contenção dos gastos públicos, abertura financeira. Este levou a substancial valorização da taxa real de câmbio, favorecendo o novo bloco de interesses em detrimento da indústria competitiva com as importações e as exportações industriais nas atividades sem vantagens absolutas de custo.

A estratégia integracionista (passiva e dependente do IDE), entretanto, não foi seguida por todos. Ao longo dos anos 1990 alguns países asiáticos, notadamente a China e Índia (ambos com poder militar e inserção geopolítica autônomas), seguiram um caminho de maior autonomia ou de maior resistência preservando a estratégia nacional desenvolvimentista e seu projeto hegemônico em novas condições. Ainda que cedendo nos mecanismos de regulação financeira, os países dinâmicos do sudeste asiático preservaram suas bases essenciais.

Este caminho – “independente” na classificação de Amsden (2001), mas contendo diversas variantes segundo a maior ou menor presença do capital externo – no caso da China e da Índia baseou-se na maior resistência ao abandono da estratégia da industrialização nacional, mantendo ou introduzindo mudanças superficiais nos controles dos fluxos financeiros, investimentos e associações com o capital estrangeiro. A preservação de grandes empresas públicas, a manutenção do crédito interno com instância de regulação e a manutenção do planejamento econômico e da coordenação macroeconômica centrada na defesa de uma taxa de câmbio real competitiva prosseguiram de forma estratégica favorecendo o capital industrial. Como reestruturação decorrente das pressões externas e das mudanças tecnológicas este caminho baseou-se na abertura seletiva e negociada, apoio ao processo de internacionalização das empresas e, sobretudo a busca de uma inserção na cadeia produtiva mais próxima às atividades inovadoras e proprietárias através de amplos investimentos públicos em ciência e inovação voltados à atualização industrial. Este caminho foi trilhado por diversos países, que por razões geopolíticas autônomas e estruturais, construíram importantes conexões entre a indústria local e as exportações industriais.

Posteriormente, alguns países (tão diversos como Argentina, Brasil e a Rússia), que seguiram o primeiro caminho, diante dos magros resultados obtidos e das mudanças no contexto internacional têm buscado a reconstrução de estratégias nacionais situadas entre estas duas vias.

Vejamos aqui os principais desafios.

### 1.3. Estratégias nacionais de desenvolvimento no novo milênio

O surgimento de novos desafios às estratégias de industrialização e de desenvolvimento decorrente da expansão de novas tecnologias de informação e telecomunicação (TIT) e da internacionalização produtiva com a formação de cadeias globais e regionais de produção introduziram novas demandas sobre os mecanismos de coordenação nacionais dos investimentos e regulação dos sistemas sociais de produção. A construção de uma nova infraestrutura de transporte e de comunicações, a difusão das novas tecnologias e a busca de especializações em segmentos produtivos específicos formaram a agenda comum dos projetos nacionais de atualização industrial. Este se tornou menos centrado no mercado interno como escala predominante de acumulação e os processos de regionalização de extroversão das grandes empresas nacionais passaram a desafiar as estratégias nacionais de acumulação. Estas mudanças criaram novas demandas sobre a política industrial dos países segundo o grau de maturidade industrial e proximidade com a fronteira tecnológica. A estratégia de compra de tecnologia madura e de adaptação a partir de inovações de processo como a que tipicamente distinguiu o Japão e a Coréia foi desafiada pela produção modularizada e novas estratégias baseadas na maior proximidade com as atividades proprietárias e de inovação de produto. Sobretudo para países como Coréia ou Taiwan, uma “segunda etapa de *catching-up*” (CHANG, 2006), baseada na inovação e na construção de tecnologias proprietárias nacionais, constituiria o desafio básico de atualização industrial.

A partir destes novos desafios foi se afirmando uma nova estratégia de desenvolvimento em que os países que souberam (ou puderam) resistir às pressões externas e internas adotaram visando o prosseguimento da estratégia de “*catch-up*”.

Ainda que as crises financeiras tenham sido um veículo principal para a mudança da estratégia de acumulação, estas não contam toda a história. Na Coréia, por exemplo, após as reformas liberalizantes implementadas no bojo de um amplo pacote de financiamento do FMI, a extraordinária expansão das exportações (parcialmente induzida pela expansão chinesa) permitiu ao governo reduzir amplamente sua posição devedora e movendo-se numa direção favorável a ampla atualização industrial. A China seguiu seu processo de transformação industrial liderada pelos investimentos combinando tanto a diversificação das exportações quanto a substituição de importações, sem alterar substancialmente seus mecanismos de coordenação e regulação macroeconômica. Estes também foram preservados na Índia.

Fora da Ásia e após o evidente fracasso das estratégias de desenvolvimento baseadas na abordagem macroeconômica e de reformas do Consenso de Washington diversos movimentos nacionalistas e crescente contestação às políticas de condicionalidades e de liberalização propostas pelo FMI aos países prosperaram. No México, a insurgência de movimentos radicais de base camponesa não alterou a coalizão social fundamental e as opções de desenvolvimento baseado numa estratégia passiva e dependente do IDE e do mercado americano. Entretanto, a retomada do nacionalismo russo no início do novo milênio e na América do Sul a afirmação de políticas econômicas nacionalistas e, em alguns casos como na Venezuela e Bolívia amplamente contestatórias, afirmaram-se como fatos novos. Estas transformações se deram num contexto marcado por espetacular elevação do preço das *commodities* ocorrida entre 2002 e 2008, permitindo aos países exportadores destes bens obterem maiores taxas de crescimento e acúmulo de reservas e, como no caso da Rússia, construir importantes fundos soberanos de riqueza. Uma maior difusão destes ganhos para outros setores permitiu ampliar o desenvolvimento ou melhorar a distribuição sem, entretanto, mudar essencialmente a base do crescimento econômico.

Ainda assim, e mesmo antes de mais um colapso do preço das *commodities* ocorrido em 2009, começaram a se construir em diversos países estratégias nacionais de desenvolvimento situadas entre uma “segunda etapa *catching-up*” e uma “segunda geração de reformas”, tal como defendida pelo Banco Mundial e FMI. O que distingue esta terceira via é um duplo distanciamento, de um lado, com a estratégia anterior do desenvolvimentismo nacional; e de outro, com a política macroeconômica pró-finança e das reformas liberais defendidas pelas instituições de Bretton Woods<sup>29</sup>.

São diversos os desafios que se colocam para a afirmação de uma estratégia de desenvolvimento “além do estado desenvolvimentista” para usarmos a uma expressão de Ben Fine (2005).

As notas finais buscam identificar os alcances e limites desta via em países que se caracterizam hoje, como, ao longo da trajetória de desenvolvimento aqui referida por uma alta participação dos recursos naturais nas suas exportações e elevada polarização social.

Como se argumentou ao longo deste texto, as instituições e os mecanismos de coordenação produtiva foram criados para resolver os problemas da industrialização segundo a especificidade dos segmentos produtivos e dos estágios tecnológicos<sup>30</sup>. Embora as instituições requeridas para a coordenação e o transplante de setores industriais em economias agrárias (o desafio do pós-guerra) sejam distintas das requeridas para a atualização industrial (o desafio presente), estas seguem sendo necessárias, como indica a experiência asiática para a transformação produ-

29 No Brasil, uma formulação básica desta concepção é desenvolvida em Bresser Pereira (2010).

30 Tal mudança no agente da coordenação tem efeitos desiguais sobre setores. Como observaram Hollingsworth e Boyer (1997) “Industries that are generally coordinated by markets-irrespective of the level- are securities, banking, textiles, apparel, shoes, and hotels, while industries coordinated by corporate hierarchies are highly capital intensive ones, such as chemicals, bauxite, oil, aircraft, and automobiles” (p. 31).

tiva. Como observou Lall (2000), as ferramentas da política industrial seguem sendo a política comercial, a política de crédito e subsídios, o desenvolvimento de infra-estrutura, a formação de qualificações, a promoção tecnológica, a atração e delimitação do IDE. Com efeito, as políticas industriais (verticais e não apenas horizontais) são necessárias tanto na criação de estímulos ao processo de inovação em atividades com rápida transformação na economia internacional quanto na construção de uma nova infra-estrutura que lhe seja adequada.

Como as experiências bem sucedidas de crescimento continuam demonstrando, a importância dos investimentos públicos em infraestrutura para o aumento da produtividade global segue sendo central hoje, sobretudo para difundir as novas tecnologias, reduzir os custos de produção e integrar territórios. Por outro lado, o aumento da produtividade nos bens e serviços consumidos pelos trabalhadores constitui a única base sólida para garantir aumentos reais de salários sem comprometer a competitividade externa.

Desse modo, uma nova estratégia de desenvolvimento requer a resolução e o enfrentamento de questões “velhas” e novas. Estas são não apenas condicionadas pelo grau de desenvolvimento alcançado pelo país e pelos desafios, questão classicamente sublinhada por Gershenkron (1962) mas, como observou-se neste artigo, pela estrutura econômica e pela coalizão de interesses internos e externos.

Conforme se argumentou, a questão mais geral em países como a Argentina, o Brasil ou agora a Rússia é o “desequilíbrio estrutural” entre a produtividade do setor primário exportador e a produtividade do conjunto da indústria (DIAMAND (1986), MAHON (1992), BRESSER- PEREIRA, 2010). Este desequilíbrio leva a uma taxa de câmbio pouco competitiva para a indústria. Em condições de abertura financeira, esta circunstância é agravada se acompanhada por uma taxa de juros sobre a dívida pública acima da média mundial. Até o presente, a Argentina pode neutralizar esta tendência através de impostos sobre a exportação de *commodities*, menor taxa de juros e maior controle sobre os fluxos financeiros. A Rússia, a despeito dos impostos sobre o gás e petróleo e da formação de grandes reservas estratégicas, não evitou a valorização substancial do rublo decorrente da alta dos preços do petróleo e liberalização financeira. O Brasil não evitou sob nenhum mecanismo a valorização que se afirmou nos últimos anos.

Se na Coreia ou na China a manutenção da moeda desvalorizada unifica os interesses produtivos, especialmente industriais, mantendo a coalizão de interesses em torno da política de câmbio como parte da política industrial, na Argentina, Brasil ou Rússia, a realidade é distinta na medida em que os interesses se dividem e o controle sobre o câmbio (através de impostos) encontra maiores opositores. A maior polarização de renda, maior desemprego estrutural, aumenta o apoio ao câmbio valorizado, funcional à elevação do salário real. Devido a essa funcionalidade do câmbio valorizado para o nível dos preços e para o salário real, as estratégias voltadas a uma taxa de câmbio desvalorizada e favorável à indústria (através de um regime de política econô-

mica mais intervencionista) encontra maiores obstáculos políticos. Os industriais perdem competitividade externa, mas também se beneficiam com a expansão da renda interna ajudada pela valorização do câmbio.

Com o fim do socialismo e do liberalismo radical dos 1990, a Rússia retomou um nacional desenvolvimentismo ainda que ancorado em recursos naturais. Graças a sua posição geopolítica, o maior controle estatal sobre as exportações de petróleo e gás as transferências para os demais setores da economia aumentaram de forma substancial, mas devido a valorização do câmbio elas não resultaram em maior diversificação das exportações. Políticas de “velho tipo” isto é baseadas na intervenção direta do estado vem se dando, sobretudo, na exportação das indústrias do “complexo industrial militar” mas também na aeronáutica.

A ausência de uma política industrial na Argentina não permitiu que a recuperação do crescimento, do consumo interno e das exportações (ajudadas por um câmbio desvalorizado) tivesse inaugurado outra fase do desenvolvimento com melhores oportunidades na divisão internacional do trabalho. Esta em parte depende do Brasil, país de indústria mais diversificada. Neste país, em que pese maior ênfase no investimento público (e nas transferências sociais) nos últimos anos possui seus interesses produtivos atrelados às grandes indústrias baseadas em recursos naturais e, em conseqüência menor apoio para uma política macroeconômica e tecnológica centrada na modernização industrial.

Como se observou, a base social dos estados desenvolvimentistas – a indústria nacional – e o ambiente internacional – caracterizado por capitalismo nacional regulados num contexto de guerra fria – mudaram reduzindo o apoio à estratégias nacionalistas e de desenvolvimento liderada pelo estado. Esta mudança, entretanto, trouxe menores repercussões nas estratégias de desenvolvimento nos países que como a Coreia ou China onde os desequilíbrios entre os setores exportadores e os voltados ao mercado interno são menores, as cadeias de fornecedores domésticos dos exportadores são mais densas e onde os investimentos em pesquisa e desenvolvimento são favoráveis ao conjunto da indústria. Nos demais, o desenvolvimentismo requer uma coalizão política menos colada nos interesses materiais e mais induzida pelo estado. Entretanto, as bases políticas e ideológicas são muito menos sólidas e possuem muito menor legitimidade do que no passado.

Aqui o impasse do (novo) desenvolvimentismo.

## Referências

- AGARWALA, A.N.; SINGH, S.P. **A Economia do subdesenvolvimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, Centro Celso Furtado, 2010.
- AMSDEN, A. **Asia's next giant: South Korea and late industrialization**. Oxford: Oxford University Press, 1989.
- \_\_\_\_\_. **The rise of the rest: challenges to the west from late-industrializing economies**. Oxford: Oxford University Press, 2001.
- BARDHAN, P. Alternative approaches to development economics. In: CHENERY, H.; SRINIVASAN, T.N. **Handbook of Development Economics**. Boston: Elsevier, 1988.
- BOYER, R.; HOLLINGSWORTH, J. R. The variety of institutional arrangements and their complementarity in modern economies. In: HOLLINGSWORTH, J.R.;
- BOYER, R. **Contemporary Capitalism**, Cambridge: Cambridge University Press, 1997.
- BRESSER PEREIRA, L.C. **Globalização e competição**. Sao Paulo: Edit Campus, 2010.
- CHANG, H.J. **The East Asian development experience, the miracle, the crisis and the future**. Nova Iorque: Zed Books, 2006.
- CHIBBER, V. **Locked in place**. Princeton: Princeton University Press, 2003.
- DIAMAND, M. Overcoming Argentina's stop and go economic cycles. In: HARTLYN J.; MORLEY, S. (edits) **Latin American political economy: financial crisis and Political Change**. Boulder: Co Westview Press; (1986)
- FINE, B. Beyond the developmental state. Towards a political economy of development. In: LAPAVITSAS, C.; NOGUCHI, M. (edits) **Beyond Market Driven Development**. Nova Iorque: Routledge, 2005.
- FURTADO, C. **Teoria e política do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1969.
- GERSCHENKRON, A. **Economic backwardness in historical perspective**. Cambridge: Harvard University Press, 1962.
- GLYN, A. **Capitalism unleashed**. Oxford: Oxford University Press, 2006.
- GORE, C. Methodological nationalism and the misunderstanding of east Asian industrialization. **European Journal of Development Research**, v. 8, n 1, 1996.
- HIRSCHMAN, A. **The strategy of Economic Development**. New Haven: Yale University Press, 1958.
- JESSOP, B. **The future of the capitalist state**. Cambridge: Polity, 2002.

- JOHNSON, C. **MITI and the Japanese Miracle**. Stanford University Press, 1982.
- KALDOR, N. **Causes of growth and stagnation in the world economy**. Londres: Cambridge University Press, 1996.
- KOTZ, D.; WEIR, F. **Revolution from Above**. Routledge, 1998.
- LALL, S. The Technological Structure and Performance of Developing Country Manufactured Exports, 1985-98. **Oxford Development Studies**, v. 28, n. 3, 2000.
- LEWIS, A. O Desenvolvimento econômico com oferta ilimitada de mão-de-obra. In: AGARWALA, A.; SINGH, S.P. **A economia do subdesenvolvimento**. Rio de Janeiro: Forense, 1969.
- \_\_\_\_\_. **The evolution of international economic order**. Princeton: Princeton University Press, 1977.
- MAHON, J. Was Latin America too rich to prosper? Structural and political obstacles to export led industrial growth. **Journal of Development Studies**, v. 28, n. 2, 1992.
- MEDEIROS, C.A. Globalização e a inserção internacional diferenciada da Ásia e da América Latina. In: TAVARES, M.C.; FIORI, J.L. **Poder e dinheiro**. Rio de Janeiro: Vozes, 1997.
- \_\_\_\_\_. Financial dependency and growth cycles in Latin American countries. **JPKE**, v. 31, n. 1, 2008.
- \_\_\_\_\_. Desenvolvimento econômico e ascensão nacional: rupturas e transições na China e na Rússia. In: FIORI, J.L.; MEDEIROS, C.; SERRANO, F. **O Mito do colapso do poder americano**. Rio de Janeiro: Vozes, 2008.
- \_\_\_\_\_. Latin American auction. **New Left Review**, n. 55.
- MEDEIROS, C.A.; SERRANO, F. Inserção externa, exportações e crescimento no Brasil. In: FIORI, J.L.; MEDEIROS, C.A. (orgs.) **Polarização Mundial e Crescimento**. Petrópolis: Vozes, 2009.
- MORTON, A.D. **Unravelling gramsci, hegemony and passive revolution in the global economy**. Cidade: Pluto Press, 2007.
- OCAMPO, J.A.; JOMO, K.S.; VOS, R. Explaining growth divergence. In: \_\_\_\_\_. (eds) **Growth divergences**. Nova Iorque: Zed Books, 2007.
- PAZOS, F. Have import substitution policies either precipitated or aggravated the debt crisis? **Journal of Interamerican Studies and World Affairs**, 27 (Winter), p. 57-73, 1984.
- PINTO, A. **Distribuição de renda na América latina e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Zahar, 1973.
- PREBISCH, R. O Desenvolvimento econômico da América Latina e alguns de seus principais problemas. In: BIELSCHOWSKY, R. **Cinquenta anos de pensamento da Cepal**. Rio de Janeiro: Record, 2000.
- SACHS. **Social conflict and populist policies in Latin America**. NBER, WP 2897. Cambridge Ma, 1989.

- SERRANO, F. Relações de poder e a política macroeconômica americana de Bretton Woods ao padrão flexível. In: FIORI, J.L. (org) **O Poder americano**. Rio de Janeiro: Edit Vozes, 2004.
- SKOCPOL, T. Strategies of analysis in current research. In: EVANS, P.; RUESCHEMEYER, D.; SKOCPOL, T. **Bringing the state back in**. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.
- STIGLITZ, J. More Instruments and more broader goals: moving toward the post Washington Consensus. In: **The 1998 Wider Lecture**, Helsinki: 1998.
- TAVARES, M.C. A Retomada da hegemonia americana. In: Tavares, M.C.; Fiori, J. L. **Poder e dinheiro**. Rio de Janeiro: Vozes, 1997.
- WADE, R. **Governing the market: economic theory and the role of government in Taiwan's industrialization**. Princeton: Princeton University Press, 1990.
- WADE, R.; VENEROSO, F. The Asian crisis: the high debt model versus the Wall Street Treasury IMF Complex. **New Left Review**, n. 228, 1998.

# Inovação tecnológica na indústria brasileira no passado recente – uma resenha da literatura econômica<sup>1</sup>

Fabio Stefano Erber<sup>2</sup>

À memória de José Pelúcio Ferreira

## Resumo

O artigo apresenta uma revisão da literatura econômica brasileira sobre inovação e desenvolvimento a partir da década de 1990.

Estudos sobre o desenvolvimento tecnológico no Brasil foram freqüentes durante a década de 1970 e voltaram a proliferar no passado recente. O artigo inicia com uma interpretação dos fatores econômicos, políticos e acadêmicos (teoria e dados) que fizeram com que a temática da inovação reassumisse um papel de relevo

As seções seguintes analisam a literatura sobre inovação no Brasil. A seção três olha para os estudos que situam o Brasil no contexto internacional. A quarta seção examina os estudos que analisam o fenômeno no Brasil. O ordenamento dos estudos é feito cronologicamente, seguindo as etapas de investimento observadas na indústria brasileira dos

## Abstract

*The article surveys the Brazilian economics literature on innovation and development from the early nineties to the present.*

*The survey begins by a discussion of the economic, political and academic factors which may explain why "innovation" came back to the fore in the nineties, after a relative decline during the eighties. A survey of the studies which place Brazilian national system of innovation in the international context follows suit. The next (and longest section) presents the studies (and their data-base) on innovation in Brazil. They are presented following a chronological order according to the phases of industrial investment in the country.*

*The concluding part suggests a future research agenda, aiming at deepening and complementing the literature surveyed as well as filling some important lacunae observed in the literature.*

<sup>1</sup> Trabalho encomendado pela Comissão Econômica para a América Latina e Caribe (Cepal), Março de 2009. Agradeço, coletivamente, a todos que me mandaram artigos e sugestões e aos pesquisadores do Ipea que participaram de um workshop, organizado pela Cepal em março de 2009, para debater uma versão preliminar do Relatório. Agradeço também a Wasmália Bivar e a Mariana Rebouças pelos esclarecimentos quanto à Pintec. Tenho um agradecimento especial para Ricardo Bielschowsky e Roberto Vermulm pelas sugestões feitas no decorrer do trabalho. Obviamente, estão todos os agradecidos isentos de qualquer responsabilidade.

<sup>2</sup> Professor do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Email: fabio.erber@gmail.com.

anos 1990 até meados da presente década, período sobre o qual se dispõe de dados para pesquisas.

Finalmente, a seção conclusiva sugere uma agenda de pesquisas futura, visando aprofundar e complementar os estudos resenhados e, eventualmente, preencher algumas lacunas identificadas na literatura.

**Palavras-chave:** Economia. Inovação. Desenvolvimento. Indústria. Brasil.

**Keywords:** *Economics. Innovation. Development. Industry. Brazil.*

---

## 1. Introdução

A Cepal solicitou-me uma revisão da literatura brasileira sobre inovação e desenvolvimento a partir da década de 1990, com o objetivo de “sistematizar o pensamento gerado no Brasil a respeito das características e determinantes do desempenho das empresas atuantes no país em matéria de P&D, geração de tecnologias e inovação em processos e produtos”.

A identificação dos textos a serem revistos foi feita através da consulta a publicações e pesquisadores/as atuantes nesta área de conhecimento. A divulgação desta versão do texto visa sanar omissões, além de submeter, num espírito habermasiano, as conclusões ao debate.

A atividade científica é um exercício de resolver quebra-cabeças e uma resenha constitui uma meta quebra-cabeça, que procura encontrar ordem nas soluções dadas por outros (e pelo próprio autor) aos seus respectivos enigmas. Como todo trabalho de ordenamento e análise, este contém um componente arbitrário - inescapável mas desde já advertido.

Competência, espaço e tempo impõem outras limitações explícitas: a revisão não inclui as dissertações de mestrado e teses de doutorado, exceto as que me foram enviadas por colegas; não serão tratadas as questões atinentes à distribuição espacial das inovações<sup>1</sup>, nem serão discutidos os estudos sobre inovações em setores específicos<sup>2</sup> e a evolução das políticas que estimulam ou inibem a inovação no Brasil<sup>3</sup> e, tampouco, os métodos quantitativos usados pelos autores resenhados para chegar às suas conclusões. São temas fascinantes, mas que demandam um trabalho específico, que, espero, seja feito por alguém. Finalmente, cabe advertir que, conforme os

---

1 O leitor encontrará um rico material em Lemos et al. (2005).

2 O leitor encontrará diversos estudos setoriais recentes nos sites da Finep e do CGEE.

3 A maioria dos estudos resenhados na seção 4 discute as implicações dos seus achados para a política de inovação. Bagattolli (2008) e Viotti (2008) apresentam a história desta política desde os primórdios até o presente. O livro de De Negri e Kubota (2007) examina diversos instrumentos da política atual. Interessados no assunto encontrarão avaliações da política também nos sites do IEDI, Anpei, CGEE e da RedeSist, junto ao IE/UFRJ.

termos de referência do estudo, este é duplamente focado: disciplinarmente, na literatura econômica e historicamente, no período a partir da década de 1990.

Estudos sobre o desenvolvimento tecnológico no Brasil foram freqüentes durante a década de 1970, conforme mostra uma revisão feita há 30 anos (ERBER, 1979). Após um período de relativo ocaso, voltaram a proliferar no passado recente. Na próxima seção apresento uma interpretação do que fez com que a temática da inovação reassumisse um papel de relevo: a transformação tecnológica que ocorreu no mundo durante o período considerado; a convergência entre os economistas de diversas persuasões teóricas sobre a importância da inovação, assinalando as correntes que mais influenciaram a literatura nacional; a retomada do debate sobre o desenvolvimento e, neste âmbito, a ênfase dada à inovação, e, finalmente, a disponibilidade de novos dados sobre a inovação no Brasil a partir das pesquisas sobre inovação tecnológica feitas pelo IBGE (PINTEC).

As seções seguintes analisam a literatura sobre inovação no Brasil. A seção três olha para os estudos que situam o Brasil no contexto internacional. A quarta seção examina os estudos que analisam o fenômeno no Brasil. Conforme explicado numa breve introdução teórica, em que se destaca a importância da evolução da estrutura produtiva e do contexto macro-econômico para o investimento em inovação, o ordenamento dos estudos é feito cronologicamente, seguindo as etapas de investimento observadas na indústria brasileira dos anos 1990 até meados da presente década, período sobre o qual se dispõe de dados para pesquisas.

Finalmente, a seção conclusiva sugere uma agenda de pesquisas futura, visando aprofundar e complementar os estudos resenhados e, eventualmente, preencher algumas lacunas que percebi.

## 2. Inovação como consenso

### 2.1. A transformação tecnológica

O último quarto de século foi um período de grandes transformações tecnológicas, manifestas na difusão e aperfeiçoamento do paradigma eletrônico, que se tornou ubíquo, englobando todos os setores da economia - da agricultura às “indústrias criativas”, sintetizado na expressão TIC (tecnologias de informação e comunicação); na consolidação do paradigma da biotecnologia e na emergência da nanotecnologia. Seguindo uma visão de “ondas largas” do desenvolvimento capitalista, inspirada em Schumpeter, Perez (1986; 2001) e Freeman e Perez (1988) argumentam que a eletrônica constituiu uma “inovação radical”, que alterou não só a base tecnológica como as instituições do capitalismo, configurando um novo “paradigma técnico-econômico e institu-

cional”. Com efeito, a intensidade, a rapidez e a difusão mundial (pelo menos no uso) destas tecnologias, inseriram o tema “inovação tecnológica” na agenda positiva de tomadores de decisão privados e públicos, tornando-o um símbolo de “modernidade” dotado de prestígio e de forte capacidade legitimadora.

## 2.2. A legitimidade acadêmica

Se os conceitos tivessem analogias urbanas, a inovação poderia ser assemelhada a uma dessas praças em forma de estrela, como a De Gaulle em Paris e a Raul Soares em Belo Horizonte, à qual aportam avenidas vindas de diversos lugares, juntam-se e, a seguir, continuam o seu percurso rumo a destinações divergentes.

A partir dos anos 1990, quatro avenidas, com histórias distintas, tornaram a inovação um lócus de convergência teórica em Economia. Foge ao propósito deste artigo uma revisão detalhada deste processo, mas é relevante registrá-lo para entender a literatura brasileira.

A avenida de traçado mais linear é a da teoria do comércio internacional<sup>4</sup>. Nos anos 1970, num contexto de crescente competição oligopolista entre os países capitalistas avançados, trabalhos semanais como os de Posner (1961) e Linder (1961) mostravam que o comércio era criado por inovações tecnológicas, mudando a natureza das vantagens comparativas, que deixavam de ser “dadas” pela dotação de fatores e passavam a ser “construídas”, inclusive mediante a intervenção deliberada dos Estados nacionais. Logo a seguir, as teorias de ciclo de produto (VERNON, 1966) ampliariam o alcance do progresso técnico, passando a abarcar o investimento direto no exterior.

O resgate dos “fatores de produção” canônicos foi feito através da ampliação do conceito de “capital” – este fator estaria incorporado na capacitação das pessoas, no valor capitalizado do conhecimento produzido pela pesquisa e desenvolvimento, etc. Tal ampliação implicava no estudo da alocação do capital entre as diversas formas que este poderia assumir, que seriam diferenciadas entre países, segundo suas características econômicas e institucionais. (JOHNSON, 1968, 1970).

No entanto, conforme aponta o próprio Johnson (1970), a explicação do comércio internacional via diferenciação tecnológica era mais consentânea com a percepção dos *policy-makers* sobre a competição dentro e entre os estados industriais modernos. Assim, a percepção de que as vantagens comparativas são “construídas”, com a forte participação dos Estados nacionais neste processo, tornou-se hegemônica.

---

4 Veja-se De Negri (2005a) para uma revisão mais ampla da literatura, inclusive a mais moderna. Meu propósito limita-se a assinalar a formação de certos consensos básicos.

Dominava à época a visão de que o progresso técnico era resultado de um processo linear, que tinha sua origem na pesquisa científica. Significante da legitimidade do tema é o fato de terem os governos dos países da OCDE iniciado a mensuração sistemática dos esforços nacionais de P&D (pesquisa e desenvolvimento) já em 1963 - data da primeira edição do Manual Frascati. A seguir, a intensidade tecnológica dos produtos tornar-se-ia uma das formas canônicas de categorizar o comércio internacional.

A segunda avenida, mais tortuosa, é a das teorias do crescimento econômico. Para os nossos propósitos, basta, porém, lembrar que, na segunda metade dos anos 1980, a inovação tornara-se o elemento central da explicação do crescimento.

No *mainstream*, o progresso técnico, antes visto como exógeno ao sistema econômico, foi internalizado, reconhecendo-se que a tecnologia não é um bem público, que resulta de investimentos feitos por empresas visando rendas diferenciadas e que, portanto, nos mercados tendem a prevalecer condições de concorrência imperfeita (ROMER, 1990). O crescimento econômico seria resultante da expansão do capital físico, do capital humano (trabalho ajustado por educação, treinamento e habilidades) e de um conjunto de elementos, como a adoção de novas tecnologias e métodos de gestão mais eficientes. O aumento da Produtividade Total dos Fatores (PTF), que resulta da amálgama dos vários tipos de capital e da inovação, seria o “verdadeiro propulsor das economias” (Rodriguez, Dahlman e Salmi, 2008, p.65)<sup>5</sup>.

Nesta perspectiva, “as forças geminadas da globalização e dos avanços tecnológicos [notadamente das TICs] vêm, de fato, impulsionando a atual revolução do conhecimento” (DAHLMAN e FRISCHTAK, 2005, p. 151). A economia global tornou-se a “economia do conhecimento” e a “revolução” se manifesta de muitas maneiras: “laços mais estreitos entre Ciência e Tecnologia; maior importância da inovação para o crescimento econômico e a competitividade; maior importância da educação e da aprendizagem por toda a vida; e mais investimento em bens intangíveis (P&D, programas de computador e educação), em uma proporção ainda maior do que os investimentos em capital fixo” (*ibid, ibid.*). O apoio do Banco Mundial e de outras instituições internacionais dotadas de poder contribuiu fortemente para difundir esta visão<sup>6</sup>.

A ideia de “economia do conhecimento” tem sido frequentemente associada à mudanças nas relações entre empresas, universidades e governo. A interação entre os três tipos de instituições daria origem a uma “hélice tripla”, na qual a empresa seria o *locus* de produção,

5 A mesma fonte, que examina o caso brasileiro sob esta ótica, apresenta uma revisão da literatura recente.

6 Rodriguez et al., acima citado, é uma publicação do Banco. Dahlman e Frischtak são consultores do mesmo.

o governo a fonte de relações contratuais que garantiriam trocas e interações estáveis e a universidade a fonte de novo conhecimento e tecnologia, o princípio gerador das economias baseadas no conhecimento. Na hélice tripla, a universidade assumiria um papel mais “empresarial”, promovendo a inovação através da sua interação com as duas outras “pás” (ETZKOWITZ e MELO, 2004)

Embora seus proponentes reconheçam que o conceito da hélice tripla tenha sido desenvolvido *ex-post*, baseado no que ocorria nos países avançados, sustentam que pode ser usado como um “conceito *ex-ante*, como uma ferramenta estratégica para abrir caminhos para um processo de emparelhamento, com o fim último de criar uma sociedade de aprendizado” (*ibid.* p.161). Enfatizando a globalização, acreditam que a hélice tripla “está emergindo como um formato comum que transcende as fronteiras nacionais”<sup>7</sup>.

A relevância de fatores institucionais para a ampliação e aperfeiçoamento do capital físico e humano e da PTF, ressaltada desde o início pelos teóricos do crescimento endógeno<sup>8</sup>, encontrava também apoio nos estudos históricos da Nova Economia Institucional, que enfatizavam as instituições que fomentavam a inovação e reduziam os custos de transação (NORTH, 1990). O Banco Mundial viria a sintetizar estes fatores institucionais sob a denominação de “clima de investimento” (condições macroeconômicas, Estado de Direito, política de competitividade, governabilidade e segurança) (RODRIGUEZ et al., 2008) e, tendo implicitamente uma formulação de “tipos ideais”, de natureza universal, para essas instituições, estabelece comparações entre os países e incita-os a estabelecer instituições “corretas” – outra faceta da globalização.

Conforme veremos a seguir, alguns estudos importantes sobre a inovação no Brasil adotam a perspectiva acima sumariada.

Na mesma época em que o programa de pesquisas<sup>9</sup> do crescimento endógeno vinha à luz, na outra calçada da avenida das teorias de crescimento desenvolvia-se o programa evolucionista neo-schumpeteriano<sup>10</sup>. Além de reiterar a centralidade da inovação para o crescimento eco-

7 Para uma visão crítica da hélice tripla, na literatura brasileira, veja-se Dagnino (2003).

8 Romer (1990) aponta como um dos principais resultados da teoria do crescimento endógeno a possibilidade de discutir “as principais questões de política relativas ao crescimento: Em um país em desenvolvimento como as Filipinas, quais são os melhores arranjos institucionais para ganhar acesso ao conhecimento que já existe no resto do mundo? Em um país como os Estados Unidos, quais são os melhores arranjos institucionais para encorajar a produção e uso do conhecimento?” (*ibid.*p.21)

9 Lakatos (1970) propõe que os programas de pesquisa científicos são constituídos por um **núcleo central**, axiomático e irrefutável, e por um **cinturão protetor**, que contém as hipóteses auxiliares e os procedimentos adotados para selecionar e resolver os problemas, sujeito, portanto, a alterações. Um programa de pesquisas é **progressivo** se o seu conteúdo empírico se amplia, mediante transformações no cinturão protetor.

10 Vejam-se em Romer (1990) as diversas referências amistosas ao programa evolucionista.

nômico, herdada do seu padrinho, este programa apresenta outro entendimento do processo de inovação.

Partindo do axioma da diversidade entre firmas, com base nas teorias de Penrose (1959), os fundamentos microeconômicos do programa levavam à valorização da inovação<sup>11</sup>. No entanto, ao abandonar a noção de “agente representativo”, tornavam necessários outros conceitos que fugissem da síndrome de Gertrude Stein – “uma empresa é uma empresa é uma empresa”. Classificações de atividades ao nível muito desagregado tampouco ofereciam uma solução.

Esta foi encontrada em conceitos mesoeconômicos, como os “paradigmas tecnológicos” de Dosi (1982), e os “regimes tecnológicos” de Malerba e Orsenigo (1996). Apesar da utilidade destes conceitos, a taxionomia de setores segundo suas características tecnológicas, proposta por Pavitt (1984), tornou-se a mais difundida.

Elaborada a partir de um grande banco de dados sobre inovações, organizado no Science Policy Research Unit da Universidade de Sussex, no Reino Unido<sup>12</sup>, a taxionomia de Pavitt era consistente com estudos de fluxos de inovação feitos com base em dados de patentes (SCHERER, 1982) e análises históricas (LANDES, 1969) e apontava que os diversos grupos de setores não só tinham diferentes taxas de inovação, utilizando tipos de conhecimento distintos, como desempenhavam papéis distintos na difusão intersetorial de inovações. Ou seja, os proverbiais *potato chips* e *computer chips* não diferiam apenas na intensidade de inovações, na taxa de crescimento e no potencial exportador – sua presença e força numa dada estrutura industrial afetava a dinâmica de toda esta estrutura.

No Brasil, a literatura dos anos 1990 (ERBER, 1992, COUTINHO e FERRAZ, 1994, FERRAZ, KUPFER e HAGUENAUER, 1996) utilizando essas informações, propôs que, vistos do ângulo do fluxo de inovações, os setores podiam ser divididos em setores “motores”, que geram as principais inovações, baseados em ciência (por exemplo, a eletrônica) setores “receptores” de inovações, cuja demanda por inovações é atendida principalmente pela oferta de outros setores (bens de consumo durável) e os setores “intermediários” cuja demanda por inovações é suprida, em parte por esforços internos (principalmente inovações incrementais) e, em parte (as inovações mais radicais) pelas inovações geradas nos setores motores. Os setores intermediários (p.ex. bens de capital e insumos de produção) atuam como supridores de inovações entre si e, notadamente, para os setores receptores. A essa taxionomia setorial, Erber (1992) associava uma taxionomia de

11 O programa neo-schumpeteriano sempre deu ênfase aos fenômenos de oferta, enfocando empresas. A visão de produto de Lancaster (1966), em que estes são definidos por um conjunto de atributos, reforça a diversidade pelo lado da demanda e é complementar à sua visão de empresa.

12 As categorias de setores de Pavitt são: “dominados pelos fornecedores”; “intensivos em produção”, subdivididos em “intensivos em escala” e “fornecedores especializados de equipamentos” e “baseados na ciência”.

intervenções estatais, inspirada no estudo dos países industrializados, que seguia a relação risco/custo da inovação<sup>13</sup>.

A complexidade do processo de inovação seria enriquecida a partir da segunda metade dos anos 1980 com a adição da dimensão do aprendizado, adquirido através da produção, uso e inovação. Agentes econômicos, dotados de racionalidade restringida, informação incompleta e enfrentando incerteza, ampliavam suas competências, dentro das cadeias produtivas, através da produção e do uso de bens e serviços e da interação com consumidores e fornecedores. Ou seja, era importante estudar como relações duradouras e padrões de interação e dependência se estabeleciam, evoluíam e se dissolviam com o correr do tempo (LUNDVALL, 2007). Como, além de empresas, participam deste processo outros tipos de instituições, não-empresariais, a dimensão institucional resultava ampliada, incorporando, explicitamente, a ação do Estado.

A dimensão do aprendizado tinha outras implicações. Em primeiro lugar, apontava para a importância dos conhecimentos tácitos e específicos a cada empresa e à cadeia produtiva, reforçando as suas diferenças. Em segundo lugar, ampliava o leque de atividades inovativas e dos componentes destas, reconhecendo-se a importância, por exemplo, de modificações organizacionais. Em terceiro lugar, mostrava que a inovação tendia a ser ubíqua – mesmo setores pouco intensivos em P&D introduziam inovações, sem que isto falsificasse (no sentido popperiano) a observação de que havia uma hierarquia setorial em termos de geração e difusão de inovações no âmbito da estrutura econômica. Em quarto lugar, apontava para a natureza sistêmica do processo de inovação.

A combinação destas características mostrava a importância de pensar a inovação como resultado de sistemas específicos, dotados de características como *path-dependence* e *lock-in*, histerese, “emergência”<sup>14</sup>, retro-alimentação e auto-organização. Assim, o modelo de passagem “linear” do conhecimento, da ciência para o novo produto ou processo através do desenvolvimento tecnológico (a P&D), dava lugar a uma visão de inovação mais complexa e diversificada.

Dependendo do foco de análise, tal especificidade pode ser vista pela ótica nacional (FREEMAN, 1995; LUNDVALL, 1992; NELSON, 1993), setorial (MALERBA e ORSENIGO, 1997) ou regional (CASSIOLATO e LASTRES, 2003), pois, conforme aponta Lundvall (2007), um dos “país” do con-

13 Para os setores receptores, onde a relação custo/risco seria relativamente mais baixa, a intervenção seria essencialmente de normas relativas a produtos e processos; para os setores motores, onde a relação risco/custo seria alta, a intervenção teria uma natureza estruturante, com o Estado criando simultaneamente o mercado e seus fornecedores, enquanto nos setores intermediários a intervenção seria de fomento, quando o Estado define incentivos para certas atividades e condicionalidades para o uso desses incentivos, mas deixa ao mercado a estruturação final do setor. Do ponto de vista normativo, a taxionomia é evidentemente datada, tendo por referência o Estado desenvolvimentista.

14 No sentido em que um fenômeno não pode ser reduzido às características dos seus componentes.

ceito de “sistemas de inovação”, numa recente revisão<sup>15</sup>, este é, essencialmente, um *focusing device*. À diferença da abordagem da hélice tripla e do “tecnoglobalismo”, a visão de sistemas de inovação, em qualquer dos seus focos, enfatizava a especificidade do sistema (FREEMAN, 1995; CASSIOLATO E LASTRES, 2005a).

A perspectiva ampliada da inovação, acima esboçada, requeria instrumentos de mensuração distintos daqueles proporcionados pelo Manual Frascati. Assim, a OCDE passou, em 1992, a novas formas de mensuração, expressas no Manual de Oslo, que serviu de base às pesquisas nacionais do IBGE e da Fundação SEADE, em São Paulo, cujos dados alimentam grande parte dos estudos a seguir resenhados.

Finalmente, a última avenida de teoria que convergia para a Praça da Inovação era a dos estudos de desenvolvimento. A centralidade dos países mais industrializados no processo de geração e difusão de progresso técnico era uma premissa destes estudos, mesmo que alguns pesquisadores como Katz (1987) enfatizassem o aprendizado e inovações incrementais introduzidas ao sul do Equador.

A avaliação da centralidade era mais divisiva. Alguns apontavam a possibilidade de importar tecnologia como uma das vantagens dos *late-comers*, que serviria de alavanca para o emparelhamento e para a convergência entre os níveis de renda entre países desenvolvidos e subdesenvolvidos. A falsificação da hipótese de convergência generalizada foi um dos motivadores das teorias do progresso técnico endógeno (ROMER, 1990). No desdobramento da teoria, o sucesso de algumas trajetórias nacionais asiáticas no sentido da convergência, foi interpretado como uma resultante de fatores institucionais como o investimento em capital humano e um “clima favorável” aos investimentos (RODRIGUEZ et al, 2008). Ou seja, a vantagem dos *late-comers* é potencial, dependendo de fatores institucionais para se concretizar.

Outros, como os estruturalistas latino-americanos, a exemplo de Furtado (1961), enfatizavam a diferença entre os padrões e trajetórias de desenvolvimento entre os países industrializados e “em desenvolvimento” e apontavam as desvantagens decorrentes do uso, no processo de substituição de importações na periferia, desta tecnologia, desenvolvida para resolver problemas econômicos e sociais de contextos tão diferentes como os do centro. Estas desvantagens se traduziriam em um “estilo de desenvolvimento” marcado pela tendência ao baixo crescimento econômico, desigualdade na distribuição de riqueza e renda, baixa competitividade internacional e dominação externa. A incapacidade nos países latino-americanos de “abrir a caixa preta do progresso técnico”, associada à insuficiência de incorporação deste progresso, seria, mais tarde,

---

15 Na literatura brasileira há boas revisões do conceito de sistemas de inovação em Viotti (2001) Cassiolato e Lastres (2005b), Villaschi (2005) e Albuquerque (2007).

apontada como o “traço central do processo de desenvolvimento latino-americano” (FAJNZYLBER, 1970)<sup>16</sup>, processo caracterizado, então, por baixo crescimento e alta desigualdade.

A divisão acima exposta apontava, no mínimo, para a relevância de se estudar o processo de desenvolvimento científico e tecnológico nos países em desenvolvimento e, a partir dos anos 1970, desenvolveu-se na América Latina um grande número de estudos sobre o tema. Esta produção, denominada por Dagnino, Thomas e Davyt (1996) de “pensamento latino-americano sobre ciência, tecnologia e sociedade – PLACTS”, foi fortemente influenciada pelo pensamento desenvolvimentista, notadamente pela preocupação com a dependência externa, e contou com a contribuição de cientistas argentinos (Amílcar Herrera, Jorge Sabato) e brasileiros (J. LEITE LOPES).

O “triângulo de Sabato-Botana” (1968), que comparava as relações entre o sistema produtivo, o sistema científico e o Estado na periferia e no centro, sugerindo que, neste último as relações entre os vértices eram intensas enquanto na primeira eram frágeis e se estabeleciam principalmente com os seus correspondentes externos, foi um importante instrumento de heurística na pesquisa e na formulação de políticas dos anos 1970. A perda de peso da questão da dependência na agenda política e o surgimento de conceitos como a hélice tripla<sup>17</sup> e o sistema nacional de inovações levaram ao ocaso do “triângulo”. No entanto, conforme será visto em mais detalhe a seguir, o sumário diagnóstico que fazia ainda é pertinente, mesmo se as soluções que advogava não o são. Da mesma forma, a distinção entre políticas implícitas e explícitas de ciência e tecnologia feita por Herrera (1971) foi fecunda e continua a ser utilizada no presente.

Posteriormente, já constatada a emergência do paradigma técnico-econômico-institucional da eletrônica, Perez (1986, 2001) e Perez e Soete (1988) argumentariam que os países em desenvolvimento encontrariam “janelas de oportunidade” não só nas tecnologias “maduras”, consagradas nas teorias de ciclo de produto e de vantagens dos *“late comers”*, como também nas “novas” tecnologias, onde não estariam atados pelos custos afundados nas antigas práticas tecnológicas, econômicas e institucionais. A exploração destas “janelas de oportunidade” dependia, porém, de um conjunto de condições não triviais, como a existência de recursos humanos qualificados, um empresariado capaz de identificar e explorar as oportunidades e um Estado dotado da mesma visão de longo prazo e capaz de realizar os investimentos necessários na infra-estrutura científica e tecnológica e de coordenar os atores privados na direção desejada<sup>18</sup>. Não é surpreendente que

16 As citações são da reprodução do texto em Bielschowsky (2000), p.857.

17 Etzkowitz e Melo (2004) comparam o triângulo de Sabato-Botana com a hélice tripla, apontando que, no primeiro, cabia ao Estado o papel primordial para que as relações virtuosas entre os vértices fossem estabelecidas (uma abordagem “de cima para baixo”), ao passo que, na segunda, a liderança cabe às empresas e universidades, numa abordagem “de baixo para cima”.

18 Perez e Soete (1988) apresentam uma análise detalhada das condições de entrada e crescimento nas diversas fases de um paradigma técnico-econômico-institucional.

poucos países em desenvolvimento, localizados na Ásia, tenham logrado se inserir competitivamente no paradigma eletrônico.

As diferenças existentes entre sistemas de inovação ao Norte e ao Sul do Equador são um tema constante da literatura neo-schumpeteriana, a começar pelo próprio conceito: como apontam Arocena e Sutz (2003), ao Norte, este é um conceito *ex-post*, elaborado a partir da análise de processos já existentes e que, portanto, combina elementos descritivos e normativos, ao passo que, ao Sul, é um conceito *ex-ante*, de natureza essencialmente normativa<sup>19</sup>. Conforme veremos a seguir, o sistema brasileiro de inovações foi caracterizado como sendo “imaturo” (ALBUQUERQUE, 1999) e por um aprendizado essencialmente “passivo” (VIOTTI, 2001).

O desenvolvimentismo latino-americano foi, como se sabe, trágico pelo *tsunami* liberal dos anos 1990. Não obstante, encontra vários pontos de contato com o programa de pesquisas evolucionista neo-schumpeteriano. A visão de Perez e Soete (1988, p.459) que “um processo real de *catching up* só pode ser realizado através da aquisição da capacidade de participar na geração e melhorias de tecnologias, em oposição ao seu simples ‘uso’”, é recorrente na literatura brasileira dos anos 1970 (ERBER, 1979). Na literatura recente, alguns desses pontos de convergência são destacados por Cassiolato e Lastres (2005b), que enfatizam a importância, nos dois programas de pesquisa, da especificidade das trajetórias nacionais, das diferenças nas estruturas produtivas e da intervenção do Estado para o desenvolvimento de capacidades tecnológicas, com um viés pró-emprego<sup>20</sup>. Albuquerque (2007) também faz a conexão entre as duas abordagens, destacando o lado da distribuição de renda desigual nos países latino-americanos e sugerindo que um sistema nacional de inovações deveria ser orientado principalmente para resolver os problemas de bem estar das populações de baixa renda, argumento ampliado em Dagnino (2008).

No entanto, mesmo no Brasil, onde, desde os anos 1990, houve uma forte produção de estudos sobre o desenvolvimento tecnológico local, inexistiram, até recentemente, instrumentos abrangentes de mensuração do fenômeno, que ficou restrito principalmente a análises qualitativas e de corte setorial (ERBER, 1979). A disponibilidade de informações abrangentes, notadamente a partir da Pesquisa de Inovação Tecnológica (Pintec), feita pelo IBGE viria a permitir contornar, pelo menos em parte, este problema, estimulando uma nova safra de estudos, que, entre outros resultados, permitiram detalhar a especificidade das condições nacionais, conforme é discutido na Seção 4.

19 O mesmo pode ser dito a respeito do triângulo de Sabato-Botana e da hélice tripla.

20 A convergência entre o pensamento neo-schumpeteriano e as idéias de Celso Furtado é discutida em Guimarães, Peixoto, Cassiolato e Lastres (2007). Borja (2008) analisa em detalhe o papel da tecnologia no pensamento de Furtado.

### 2.3. A legitimidade política

Ao longo do período desenvolvimentista-autoritário (1964-1979), na apta caracterização de Bielschowsky e Mussi (2005), o crescimento econômico e o aumento da soberania nacional (tendo como hipérbole o “Brasil Potência”) constituíram importantes elementos de legitimação do regime. Neste contexto, fazia parte da estratégia econômica e política do regime a constituição de um sistema científico e tecnológico e a maior capacitação tecnológica das empresas industriais, através da interferência estatal, para a qual foram estabelecidas instituições específicas (GUIMARÃES, ARAÚJO JR. e ERBER, 1985). Como parte deste processo, houve um forte engajamento de instituições federais em atividades de pesquisa sobre o desenvolvimento científico e tecnológico brasileiro – com destaque, inicialmente para o Ipea e, a seguir, para a Finep.

No entanto, como sugere a resenha feita quase ao fim do período (ERBER, 1979), a capacidade tecnológica do parque industrial brasileiro concentrava-se na fabricação e na engenharia de detalhe. O lançamento de novos produtos e a introdução de novos processos tendia a apoiar-se na importação de tecnologia. Ao abrir a “caixa preta” da tecnologia, verificou-se que sua importação levava, inequivocamente, a um aprendizado, mas este não alcançava, espontaneamente, as atividades tecnológicas mais complexas, necessárias para inovações que não fossem incrementais. Neste panorama, algumas empresas estatais se destacavam, mercê de sua ambigüidade estrutural, ao serem, ao mesmo tempo, empresas e Estado.

Durante as décadas de 1980 e 1990, a agenda econômica e política foi dominada pelas questões de estabilização e reformas institucionais. Sintomaticamente, o Centro de Pesquisas da Finep foi fechado e a pesquisa sobre o tema ficou exclusivamente nas mãos da academia. A visão hegemônica era que a abertura se encarregaria do processo de inovação – diretamente, pela importação de bens de capital e intermediários mais modernos e pela entrada do investimento direto estrangeiro e, indiretamente, pela pressão competitiva exercida por estes fatores. Não obstante o otimismo sobre o bom funcionamento dos mercados, o rumo da economia permaneceu incerto, como veremos a seguir, relegando a questão da inovação a um plano secundário. Mesmo assim, aparatos estatais funcionalmente encarregados do desenvolvimento científico e tecnológico continuaram a fomentar alguns estudos, entre os quais se destaca o feito sobre a competitividade da indústria brasileira (COUTINHO e FERRAZ, 1994), a seguir discutido.

Nos anos seguintes, diversos estudos centrados no conteúdo tecnológico das importações e exportações brasileiras apontaram para a natureza estrutural do déficit comercial do país, dado que as exportações brasileiras eram concentradas em produtos de baixo conteúdo tecnológico, intensivas em recursos naturais, ao passo que as importações eram concentradas em produtos

de alta e média intensidade tecnológica. Como a elasticidade-renda da demanda mundial pelos produtos exportados pelo Brasil era menor que a elasticidade-renda dos produtos importados pelo Brasil, qualquer aumento da taxa de crescimento do nosso PIB tendia a agravar a restrição externa (GONÇALVES, 2000; ERBER, 2001). Esta literatura ficou, porém, relegada ao limbo da heterodoxia, com limitado efeito de encadeamento na academia e nenhuma consequência na política de inovação.

Já no início da década, o Ministério da Ciência e Tecnologia patrocinou, em colaboração com a Academia Brasileira de Ciências, a Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, da qual resultaram um **Livro Verde** (SILVA e MELO, 2001) e um **Livro Branco** (MCT, 2002) sobre ciência, tecnologia e inovação e estabeleceu um novo mecanismo institucional de apoio à inovação – os Fundos Setoriais. Não obstante, a turbulência macroeconômica do início da década e as políticas macro adotadas<sup>21</sup>, relegaram a inovação a um baixo nível de prioridade na agenda de políticas públicas. Do ângulo mais restrito da produção acadêmica, duas ações do MCT e da Finep mostraram-se muito frutíferas: o lançamento da **Revista Brasileira de Inovação**, que não só publica textos recentes, mas também divulga artigos “clássicos” sobre o tema e o estímulo, intelectual e financeiro, ao IBGE para que realizasse a primeira Pintec, uma inovação radical nas estatísticas brasileiras sobre inovação.

O quadro mudou em 2003. O novo governo, dando seguimento ao enunciado em seu programa eleitoral, anunciou no fim do ano, as **Diretrizes da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior** (PITCE). Apresentada em um ano em que a política macroeconômica era restritiva, o crescimento baixo e a restrição externa ainda não havia sido levantada pelo *boom* de *commodities* alavancado pela China, a PITCE tinha um importante valor simbólico de comprometimento com o crescimento. Apresentava ainda, pela primeira vez na história brasileira, a explícita articulação entre as três políticas constantes do seu título. O fulcro desta articulação era dado pela inovação, seja através da escolha de setores prioritários (bens de capital, software, componentes eletrônicos e fármacos), caracterizados por apresentarem fortes déficits comerciais e serem intensivos em tecnologia, seja na prioridade dada a novas tecnologias, de natureza transversal, como a biotecnologia e a nanotecnologia, seja pela ampliação das medidas de estímulo fiscal e creditício para a inovação, de corte horizontal.

---

21 Entre outros resultados deletérios para o investimento em inovação, a política macro reduziu drasticamente os recursos dos Fundos Setoriais.

A ênfase política dada à inovação coincidiu com a divulgação da Pesquisa Industrial – Inovação Tecnológica (Pintec), feita pelo IBGE<sup>22</sup>. A Pintec segue as normas internacionais de mensuração da inovação, definidas no Manual de Oslo da OCDE, antes mencionado e constitui uma inovação radical em termos de mensuração da inovação no Brasil. As informações solicitadas se referem às características da empresa; às inovações de produto e processo implementadas, incompletas ou abandonadas; às atividades inovativas desenvolvidas, aos gastos com estas atividades e o financiamento desses gastos; ao caráter das atividades internas de P&D e número, qualificação e dedicação das pessoas envolvidas; aos impactos da inovação no valor das vendas e exportações; às fontes de informação utilizadas; aos arranjos cooperativos estabelecidos com outra organização; ao apoio do governo; às patentes e outros métodos de proteção; aos problemas encontrados e às mudanças organizacionais empreendidas no período da pesquisa.

O Presidente e o Diretor de Estudos Setoriais do Ipea participaram ativamente da elaboração da PITCE. A seguir, a mesma Diretoria organizou, sob a coordenação de João De Negri, um banco de dados, inédito no país, combinando os microdados da Pintec com várias outras bases de informação<sup>23</sup>. Este banco foi utilizado para um grande número dos estudos, feitos por técnicos do Ipea ou encomendados pelo Instituto a pesquisadores acadêmicos. Da mesma forma, a Finep e o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) patrocinaram estudos sobre diversos aspectos do processo de inovação no Brasil. Além das instituições federais, entidades estaduais, notadamente a Fundação Seade e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, também realizaram pesquisas sobre inovação. Instituições privadas vinculadas à indústria, como a Anpei, o Iedi, a CNI, Firjan e Fiesp também encomendaram e divulgaram estudos sobre o tema. A revisão que segue é apenas indicativa da riqueza do material disponível nos sites respectivos.

Portanto, a partir de 2004, havia um conjunto de fatores favoráveis ao estudo da inovação no Brasil: a legitimidade acadêmica no plano internacional, a prioridade política concedida ao tema

---

22 Até então, contava-se com a base de dados desenvolvida pela Associação Nacional de Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia das Empresas Inovadoras (Anpei), cujo painel de 365 empresas reunia informações sobre P&D e engenharia não rotineira, seguindo a metodologia da National Science Foundation dos Estados Unidos, ou seja, adotando um conceito mais restrito de inovação, e os estudos feitos em 1996-1998 pela Fundação Seade para o Estado de São Paulo – Pesquisa da Atividade Econômica Paulista (PAEP) e para um conjunto restrito de empresas em outros Estados (PAER). A seguir, examinam-se estudos feitos com estas bases. Informações mais detalhadas sobre as pesquisas podem, naturalmente, ser encontrados nos sites das instituições responsáveis. Os dados sobre gastos das empresas com P&D, patentes e contratos de licenciamento e transferência de tecnologia coletados pelo Censo de 1985 foram analisados por Matesco (1993).

23 Pesquisa Industrial Anual (PIA) e Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) do IBGE, da Relação Anual de Informações Sociais do Ministério do Trabalho e Emprego, de comércio exterior do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio, do Censo de Capitais Estrangeiros e de capitais brasileiros no exterior do Banco Central e das compras governamentais do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. A raiz de ligação entre essas bases de dados é o CNPJ das firmas. As informações têm periodicidade anual e abarcam o período 1996 a 2002, estimando-se que cubram mais de 95% do valor adicionado na indústria (De Negri, Freitas, Costa, Silva e Alves, 2005).

no Brasil, o engajamento direto da principal instituição de pesquisa do governo federal<sup>24</sup> e de um importante conjunto de instituições públicas e privadas que mobilizaram um expressivo contingente de pesquisadores na academia e, finalmente, a disponibilidade de uma nova base de dados, elaborada segundo normas internacionais (permitindo comparações com outros países), apta a ser tratada com métodos quantitativos modernos, estimulando o interesse de gerações mais novas de pesquisadores.

### 3. O Brasil no mundo

A comparação entre a situação brasileira em termos de inovação e a de outros países é de óbvio interesse e foi feita por diversos autores, cobrindo todo o período aqui considerado, cuja revisão é necessariamente restrita, não fazendo justiça à riqueza de detalhes neles contidos.

Inicialmente, cabe assinalar que, antes da Pintec, estas comparações eram severamente prejudicadas pela precariedade de dados locais sobre o comportamento do setor empresarial no país. As informações sobre o Brasil constantes em bases de dados internacionais diziam respeito a poucos indicadores diretos dos resultados da inovação, como patentes<sup>25</sup>, e indiretos, como o comércio internacional desagregado por intensidade tecnológica.

Usando uma tipologia de sistema nacional de inovações que distingue os sistemas “maduros” (dos países mais desenvolvidos), daqueles existentes em países em processo de “*catching up*” e em países em que há uma infraestrutura de ciência e tecnologia constituída, mas pouco eficaz<sup>26</sup>, Albuquerque (1999) usa, para o período 1970-1992, os dados de patentes concedidas pela agência dos Estados Unidos (USPTO) a residentes do Brasil, Argentina, Coréia do Sul, Índia, México e

---

24 Uma nota de história institucional da pesquisa sobre inovação no Brasil, motivada pela notória falta de memória nacional. Os dois trabalhos feitos pelo Setor de Indústria do Ipea/Iplan (BIATO, GUIMARÃES e FIGUEIREDO, 1971 e 1973) sobre, respectivamente, o potencial de pesquisa tecnológico e a transferência de tecnologia para o Brasil, constituem o marco inicial de pesquisa econômica sobre a especificidade brasileira. Foram, até o estudo de Matesco (1993), usando os dados do Censo de 1985 e, a seguir, a PAER e a Pintec, os únicos de caráter abrangente. O afastamento do Ipea do tema foi um fator importante para a criação do Grupo de Pesquisas da Finep, principal centro especializado nesta área durante os anos 1970.

25 Cabe lembrar que as patentes constituem um indicador parcial de inovação, posto que dependem do grau de novidade da inovação, da possibilidade de codificar o conhecimento, do interesse do inovador em divulgar esse conhecimento, do custo envolvido em obter a proteção e da eficácia do sistema de propriedade intelectual na proteção dos direitos dos inovadores. Os direitos de propriedade intelectual foram muito reforçados, em escala mundial, a partir da prevalência da convenção de desenvolvimento neoliberal. No Brasil, a legislação foi modificada em 1996, adequando-se às novas normas internacionais. Ver Barbosa (1999) para detalhes.

26 Albuquerque (1999) distingue ainda o caso dos sistemas de inovação dos países do Leste Europeu, em transição para o capitalismo e um conjunto de países onde o sistema de inovação é “inexistente”, como os da África subsahariana. Sua análise concentra-se, porém na comparação entre os sistemas em países de rápido e lento crescimento – as duas últimas categorias citadas no texto.

Taiwan, os dados de patentes concedidas pelas respectivas agências nacionais e as taxas de crescimento destes países, para mostrar que a evolução destes dados apontavam para um *catching up* econômico e tecnológico na Coreia e Taiwan, estagnação no Brasil, Índia e México e retrocesso no caso argentino.

Na mesma linha de indagação, Viotti (2001) distingue “sistemas de inovação” propriamente ditos, tais como prevalecem nos países avançados e “sistemas de aprendizado”, existentes nos países em desenvolvimento. O aprendizado, no entanto, dependendo das competências tecnológicas desenvolvidas (produção, melhoria e inovação) e da passividade ou não na absorção de tecnologia e na inovação incremental, pode ser “ativo” ou “passivo”. Usando um amplo conjunto de dados sobre insumos do processo de aprendizado (gastos com P&D, importação de tecnologia, cientistas e engenheiros) e de resultados deste processo (patentes, difusão de equipamentos de base eletrônica, comércio de produtos de alta tecnologia com os Estados Unidos), Viotti conclui que, na primeira metade da década de 1990, a Coreia do Sul apresentava um sistema de aprendizado “ativo”, enquanto no Brasil o sistema era “passivo”.

Transcorrida uma década, analistas locais e externos continuavam a questionar a eficiência do sistema de inovações brasileiro. Há consenso (DAHLMAN e FRISCHTAK, 2005; CRUZ e MELLO, 2006; RODRIGUEZ, DAHLMAN e SALMI, 2008) que o investimento brasileiro em P&D é superior ao dos demais países da América Latina, mas inferior ao dos países em desenvolvimento da Ásia, notadamente a Coreia do Sul (tradicional “benchmark”) e a China, que aparece como nova referência. A diferença é, obviamente, maior quando referida aos países da OCDE. As diferenças observadas se ampliam quando o indicador é o gasto empresarial em P&D, dado que, no Brasil, este representa uma porcentagem estimada entre um terço e 40% do gasto total em P&D, enquanto nos países que apresentam maior intensidade em P&D como porcentagem do PIB, a parcela preponderante dos gastos cabe à iniciativa privada. Os autores acima citados também apontam deficiências relativas no suprimento de pessoal qualificado para P&D e na importação de tecnologia, seja incorporada em bens de capital, seja sob a forma desincorporada, via licenças.

Quanto aos resultados, os autores mostram que, enquanto a produção científica brasileira apresentou considerável aumento na sua participação no total mundial, a produção tecnológica, expressa através de patentes no exterior e participação no comércio internacional de produtos de alta intensidade tecnológica, é pouco significativa e inferior a dos seus principais competidores. Tal diferença entre resultados é atribuída ao baixo envolvimento do setor empresarial brasileiro em atividades de P&D.

Não obstante, os estudos comparativos mostravam que a distância que separava as empresas brasileiras da fronteira da inovação, variava segundo setores. Por exemplo, Dahlman e Frischtak (2005) apontam que, no início da presente década, esta distância era “pequena ou nula” na agri-

cultura e manejo florestal tropical, em energia (biomassa e exploração de petróleo em águas profundas), em aviões para curtas distâncias e em motores elétricos e “significativa” em eletrônica, bens de capital relacionados à informática e telecomunicações e em produtos químicos e farmacêuticos. Ou seja, a proximidade com a fronteira internacional era forte principalmente nas atividades intensivas em recursos naturais e escala e fraca nos setores de alta intensidade tecnológica. Um conjunto pequeno de grandes empresas respondia pela “excelência” observada, ponto que a literatura brasileira, vista a seguir, explorou em detalhe.

A Pintec, por ser baseada no Manual de Oslo, permitiu ampliar os termos de comparação com os países da União Européia. Viotti, Baessa e Koeller (2005) fizeram esta comparação para um grande número de indicadores de insumos e resultados do processo de inovação<sup>27</sup> para o período 1998-2000. Do ponto de vista dos recursos devotados à inovação, o Brasil apresenta um padrão assemelhado ao dos países mais pobres da EU, como a Espanha e Portugal. No entanto, do ponto de vista de resultados, como, por exemplo, a introdução de produtos que representam uma novidade para o mercado local, o percentual de empresas inovadoras que fazia isso no Brasil (23%) é menos da metade observada na Espanha (49%). Em síntese, concluem os autores que, comparativamente, “é pobre o dinamismo do processo de inovação da indústria brasileira” e que a concentração dos gastos em inovação em máquinas e equipamentos e a baixa introdução de inovações para o mercado indicam que “o aprendizado passivo parecer ser dominante entre as empresas brasileiras” (*op. cit.* p.684), situação identificada por Viotti (2001) uma década antes.

Exercício semelhante, mas mais restrito, é feito por Bagattoli (2008) para meados da década, comparando o Brasil (usando dados da Pintec 2005) com os países da União Européia. Em termos médios, as empresas da EU dedicavam 3,8% do seu faturamento a gastos com inovação e o Brasil 2,8%. A diferença era, no entanto, muito maior na intensidade de gastos em P&D interno e externo – respectivamente, 0,6% e 0,1% do faturamento no caso brasileiro e 1,2% e 0,3% na UE. As diferenças eram ainda maiores em relação ao lançamento de produtos novos para o mercado – enquanto no Brasil apenas 10% das empresas inovadoras faziam este tipo de inovação, o percentual médio dos países da UE era de 37%. Entre os países da União, a Espanha era o que mais se aproximava do Brasil em termos de gastos, mas, como observado anteriormente, a inovação para o mercado era muito mais significativa do que no Brasil.

Pelo seu papel no processo de inovação, notadamente para a introdução de inovações de maior vulto e grau de novidade, os gastos e o pessoal empregado em P&D são muito utilizados nas

---

27 Taxa de inovação: geral por setor e origem do capital, para produto novo para o mercado. Dispendios em inovação: por objeto do dispêndio e intensidade. P&D: pessoal ocupado total e média por empresa. Principal instituição responsável pela inovação (produto ou processo). Principais fontes de informação utilizadas e participação em arranjos cooperativos. Principais obstáculos à inovação e participação do setor público no financiamento do gasto com inovação.

comparações internacionais. Desagregados por setores, tais dados constituem um bom indicador da competitividade e da especialização internacional dos países.

Furtado e Carvalho (2005) comparam os dados brasileiros para o ano 2000, derivados da primeira PINTEC com os dos Estados Unidos, Japão, Coréia, Alemanha, Espanha, França, Itália, Reino Unido e Noruega. A indústria brasileira apresenta uma intensidade tecnológica (gasto em P&D/valor adicionado: 1,5%) muito inferior aos demais países, embora mais próxima à da Espanha e Itália. Desagregada setorialmente, a diferença é maior nos setores de média e alta intensidade tecnológica do que nos setores de baixa intensidade. O Brasil se distingue dos demais também pela pequena diferença na intensidade setorial. Enquanto nos outros países a intensidade tecnológica entre os setores mais e menos intensivos é muito grande (120 vezes na Alemanha, 47 vezes no Japão, 35 na Coréia), no Brasil a diferença é de apenas 16. Da mesma forma, a dispersão dos índices de intensidade tecnológica é muito menor no Brasil do que nos outros países. Os autores interpretam tal diferença inter-setorial como um resultado da especialização produtiva e tecnológica – a maior dispersão nos países desenvolvidos corresponde a uma especialização em setores de alta e média-alta intensidade tecnológica, enquanto no Brasil a menor dispersão se deve à fraqueza da indústria brasileira nestes segmentos. Os dados relativos ao pessoal ocupado em P&D corroboram este quadro.

Dados sobre patentes podem ser utilizados para os mesmos fins. Urraca (2008) compara as patentes brasileiras concedidas pelo European Patent Office durante o período 1978-2005 com as patentes de residentes de três grupos de países: líderes (Estados Unidos, Japão, Alemanha, França, Reino Unido e Holanda), seguidores da América Latina (Argentina, Chile, Colômbia, México e Venezuela) e seguidores asiáticos (China, Cingapura, Coréia, Hong Kong, Índia e Taiwan). Comparando os períodos 1978-90 e 1991-2005 (pré e pós-liberalização) os dados da autora mostram que a participação brasileira no total passa de 0,07% no primeiro período para 0,13% no segundo. Este aumento é explicado principalmente pelo crescimento mais lento do número das patentes dos países líderes. A taxa de crescimento brasileira é semelhante à dos demais países latino-americanos, ao passo que o número de patentes dos países asiáticos passa, entre os dois períodos, de 0,13% do total para 2,4%.

Desagregando os dados setorialmente, a autora mostra que, embora o Brasil tenha diversificado seu patenteamento, não entrou no campo da eletrônica. Em termos de estrutura, nota-se um afastamento em relação ao países líderes e aos países asiáticos e uma aproximação ao padrão dos demais países latino-americanos, especializado em campos tecnológicos de menor crescimento – tecnologias para as indústrias intensivas em recursos naturais e trabalho.

Em verdade, conforme mostram diversos trabalhos (ERBER, 2000A; CRUZ e MELLO, 2006; RODRIGUEZ, DAHLMAN e SALMI, 2008), em termos de inovação o Brasil se destaca na América

Latina – posição que vem sendo mantida desde a década de 1990. A literatura é especialmente abundante em comparações com a Argentina, feitas em Erber (2000b) para os anos 1990 e, para o passado recente, no conjunto de artigos organizados por De Negri e Turchi (2007).

Em síntese, por qualquer indicador de inovação que seja utilizado – de insumos, como gastos e pessoal empregado, ou resultados, como a novidade da inovação e patentes – comparado com outros países fora da América Latina, o dinamismo tecnológico brasileiro é limitado e muito regido pelas atividades intensivas em recursos naturais, trabalho e escala, de média ou baixa intensidade tecnológica, refletindo a estrutura produtiva do país, cabendo as principais exceções à ação de um grupo pequeno de grandes empresas.

## 4. A inovação no Brasil numa perspectiva histórica

### 4.1. Pequeno preâmbulo analítico

Antes de examinar os estudos feitos sobre a inovação na indústria brasileira, convém elucidar a démarche analítica que preside a exposição<sup>28</sup>.

Parto da idéia evolucionista, compartilhada, implícita ou explicitamente, pela maioria dos estudos de que a firma é um conjunto de ativos (ou competências) geradores de rendimentos, estruturados por rotinas e dirigidos por estratégias. A composição destes ativos varia ao longo do tempo – alguns ativos são acrescidos através de processos de aprendizado e investimento e outros são reduzidos e, mesmo, eliminados. A dimensão temporal é, pois, crucial e é lamentável que os dados mais abrangentes, como os da PINTEC, se restrinjam a um intervalo de três anos no máximo, embora possa se presumir que a composição do estrato de grandes empresas pouco varie de pesquisa a pesquisa.

A modificação deste conjunto de ativos forma um portfólio de investimentos e os gastos com inovação constituem um segmento deste portfólio. Como tais gastos são destinados a atividades distintas, como a compra de máquinas e equipamentos e P&D, com graus de imobilização, prazos de maturação e incerteza distintos, constituem um portfólio específico, dentro do portfólio mais amplo de investimentos. Este, cabe destacar, inclui ativos de natureza estritamente financeira. A dimensão do portfólio geral e o peso relativo das atividades de inovação dentro deste montante dependem da estratégia da empresa.

---

28 A exposição é baseada em Erber (1999, 2001), mas trabalhos posteriores, inclusive este, convenceram-me que havia subestimado a importância dos aspectos de eficiência coletiva.

Tal estratégia é fortemente afetada pelo contexto macro-econômico e institucional. Contextos em que predominam forte incerteza e baixo crescimento tendem a deprimir o portfólio de investimentos e a alterar a sua composição. Não obstante, mesmo em contextos desfavoráveis ao investimento produtivo, em que a empresa esteja seguindo uma estratégia de sobrevivência, o padrão de competição vigente no mercado pode impor um nível mínimo de investimentos (um “piso”), destinado, no caso dos gastos com inovação, a modificar processos e produtos para reduzir custos ou para introduzir pequenas mudanças em produtos para conquistar mercado adicional (ou para defender o *share* que já dispõe). Neste portfólio mínimo de inovação, tenderão a predominar projetos de curto prazo de maturação e baixa incerteza, características observadas em inovações já testadas no mercado, mesmo que sejam uma novidade para a empresa.

Inversamente, contextos favoráveis ao investimento tendem a alterar a composição do portfólio de inovações rumo a projetos que representem não apenas a absorção de tecnologias já existentes no mercado mas, especialmente, produtos e processos novos no contexto nacional e, mesmo, internacional, envolvendo atividades cujos resultados possíveis apresentam maior incerteza e prazo de maturação, como a pesquisa e o desenvolvimento. No entanto, mesmo estratégias agressivas de investimento em inovação encontram um limite superior de gastos (um “teto”), estabelecido pelo tamanho da firma e pelas condições sistêmicas de acesso ao conhecimento e aos mercados de crédito e capital.

Assim, a história da firma, o estoque de ativos que acumulou ao longo da sua vida, características estruturais, como tamanho e propriedade do capital, e a estratégia adotada por seus gestores afetam a dimensão e a composição do seu portfólio de inovação.

A mediação entre as características da firma e os determinantes macro e institucionais é feita ao nível setorial, em que se definem o regime tecnológico (as oportunidades de inovação dadas pelos conhecimentos utilizados pela empresa, seus competidores, fornecedores e clientes; a cumulatividade do progresso técnico e as possibilidades de apropriação dos resultados da inovação), o padrão de competição vigente, as barreiras à entrada e saída e o grau de concentração e as relações que se estabelecem dentro da cadeia produtiva entre fornecedores, compradores, outras instituições técnicas e científicas e o sistema financeiro. Tais relações, que envolvem conhecimentos tácitos e codificados, estabelecem “convenções” sobre o comportamento, que reduzem a incerteza e geram efeitos de sinergia. Os determinantes setoriais também estão sujeitos à *path-dependence* e a rendimentos crescentes derivados do aprendizado.

Invertendo a ótica, a inovação feita ao nível micro, traz inequívocos benefícios macro – aumento da produtividade e do valor agregado, aumento da renda (cuja distribuição depende de fatores institucionais), redução da restrição externa via aumento das exportações, redução da restrição

fiscal via aumento da renda. Em síntese, a inovação feita pelas empresas tende a ter efeitos positivos sobre o crescimento da economia.

No entanto, neste percurso também se dá a mediação setorial. Em primeiro lugar, na repartição intrasetorial dos recursos e resultados da inovação – por exemplo, dentro da cadeia produtiva, entre fornecedores e consumidores da empresa que inova, e funcionalmente, entre trabalhadores e gestores via apropriação dos resultados. Em segundo lugar, através das relações intersetoriais: os efeitos de uma inovação sobre o dinamismo tecnológico e econômico do sistema dependem do seu setor de origem, conforme atestam classificações como a de Pavitt ou as mais simplificadas que dividem os setores entre “motores”, “difusores” e “receptores” do progresso técnico. Tanto os padrões intra-setoriais como a configuração da estrutura setorial, resultam de processos históricos, em que se manifestam características de *path-dependence*, de *lock-in*, histerese e eficiência coletiva.

Em síntese, as três dimensões – macro, meso e micro – são necessárias para entender o fenômeno da inovação e devem ser tratadas numa perspectiva histórica.

## 4.2. Periodização

A periodização a seguir é baseada nas análises da evolução do investimento industrial feitas por Bielschowsky (2002), Castro (2001) e Erber (2008). Distinguem-se quatro períodos: 1990-94, 1995-97; 1998-2003 e 2004-2007, segundo características “estilizadas” do investimento.

Embora a conexão entre investimentos em inovação e outros investimentos produtivos seja pouco explorada na literatura brasileira, Bielschowsky (2002) argumenta que os dois tipos de investimentos apresentam as mesmas características durante o período 1991-2001. A única tentativa de mensuração encontrada é a de Menezes Filho, Jensen e Sbragia (2005), que encontrou a esperada relação positiva entre gastos em capital e gastos em P&D no período 1994-1998 a partir dos dados da Anpei – um universo de 1500 empresas, que representava, segundo os autores, 40% do PIB industrial brasileiro. No passado mais recente (2003-2005), De Negri, Lemos, Ruiz e De Negri (2008) também apontam para a mesma relação entre gastos em capital e inovação entre as empresas que “lideram” o esforço inovativo no país. Olhando o portfólio de gastos com inovação a partir dos dados da segunda Pintec (2000-2003), Tironi e Cruz (2008) encontram que, conforme esperado, o grau de novidade da inovação (se é uma inovação apenas para a empresa ou se é uma inovação para o mercado) acompanha o aumento da proporção entre ativos intangíveis (gastos com P&D, projeto industrial, etc) e tangíveis (máquinas e equipamentos), destacando que a maior proporção de intangíveis implica em maior risco e incerteza quanto à taxa de retorno e maiores custos de financiamento do investimento.

O período 1990-1994 foi marcado por grande instabilidade macro-econômica e por profundas reformas institucionais, que visavam reduzir a interferência do Estado na economia e ampliar a inserção internacional através da abertura comercial, financeira e ao investimento direto estrangeiro, e foi eloquentemente batizado por Castro (2001) de “cirurgia e reorganização”. Neste período, conforme aponta Bielschowsky (2002, p. 45), os investimentos visam sobretudo a “eficiência operacional (com pouco investimento fixo) e são escassos em renovação de produtos e mercados e mais ainda em expansão”.

No período seguinte (1995-1997), estimulado pela “festa da estabilização” (Castro, 2001), o “esforço em eficiência operacional amplia-se, auxiliado por um **miniciclo** de investimentos em reposição e modernização. Há todo um esforço de renovação de produtos, existem investimentos em expansão relativamente modestos e concentrados em alguns setores, como os de bens de consumo duráveis” (BIELSCHOWSKY, 2002, pp. 45 e 46).

No período que vai de 1998 a 2003, avultam, sucessivamente, as crises externa, de energia e de sucessão presidencial, acompanhadas por um regime de políticas macroeconômicas marcado por altos juros, forte reajuste fiscal e câmbio relativamente valorizado. Neste contexto, segundo Bielschowsky (2002) os investimentos teriam mantido uma característica “defensiva”, com poucos investimentos em ampliação de capacidade. No entanto, a “rotinização” dos investimentos em eficiência operacional e a ampliação dos investimentos destinados a novos produtos e mercados (*ibid.*), além de confirmar a natureza cumulativa do processo industrial, apontavam para uma capacitação que Castro (2001) interpreta como um *catch-up* produtivo.

Nenhum outro autor perseguiu a temática das relações entre a evolução das condições macroeconômicas e as estratégias empresariais como Castro, cuja influência foi decisiva na configuração do Projeto Ipea, a seguir descrito.

Em Castro (1997), o autor argumentava que podiam-se distinguir três “linhagens” de estratégias empresariais, caracterizadas por, respectivamente, rebaixamento de custos; mudança, ampliação e/ou realocação de capacidade e, finalmente, pela redefinição patrimonial. Embora, face ao atraso existente, tais estratégias permitissem altos ganhos de produtividade, seus rendimentos tenderiam a ser decrescentes, postulando a necessidade de novas estratégias, orientadas para o aprendizado.

Castro (2001) e Castro e Proença (2001) refinam o argumento. Numa perspectiva histórica, a economia brasileira teria passado por dois tipos de *catch-up*: um *catch-up* “clássico”, de construção de capacidades setoriais, durante o período de substituição de importações, e um *catch-up* “produtivo” no decorrer da década de 1990, como reação às transformações acima mencionadas. Este último tinha por eixos “a convergência para os processos produtivos em uso nas fábricas dos países desenvolvidos e o lançamento de produtos que lá já se tornaram maduros” (*op. cit.* p.182). No en-

tanto, este processo teria rendimentos decrescentes e sua reversão demandava uma inflexão na estratégia das empresas. Esta inflexão era detalhada através das funções empresariais, sintetizadas por uma curva de valor agregado por trabalhador. O *catch-up* produtivo levou as empresas a privilegiar as funções de fabricação e montagem<sup>29</sup>, de menor valor agregado por trabalhador, em detrimento das funções a montante (P&D, design e engenharia) e a jusante (logística, marketing e gerência de marcas), de maior valor agregado. A etapa de emparelhamento necessária para a competição internacional, o *catch-up* “estratégico”, requeria a mudança do peso relativo das competências em direção àquelas que agregassem maior valor<sup>30</sup>. A evidência acumulada através de entrevistas, da imprensa e de indicadores indiretos, sugeria aos autores que diversas empresas já estavam transitando para esta fase, embora o alcance deste fenômeno fosse desconhecido. Em Castro e Ávila (2004) nova tipologia de empresas sugeria haver um grupo de empresas, líderes no mercado nacional e com inserção comercial e, por vezes fabril, no mercado externo. Apesar de “robustas no tocante à fabricação” e realizando “algum esforço inovativo” essas empresas situam-se muito abaixo dos líderes internacionais de seus segmentos no tocante à concepção de novos produtos (design) e a P&D de um modo geral. Embora lutando contra a dificuldade de competir via inovações, estas empresas conseguiam obter preços-prêmio no mercado externo. Conforme veremos a seguir, o Projeto Ipea buscava confirmar as conjecturas de Castro.

Finalmente, a partir de 2004, verifica-se uma retomada do investimento no país, com a formação bruta de capital fixo crescendo acima do PIB, mesmo com o “soluço” imposto em 2005 pela elevação da taxa de juros pelo Banco Central, preocupado com a expansão da demanda interna acima da capacidade de produção. O aumento do investimento é liderado pela infra-estrutura (notadamente em energia) e pelo setor externo, onde o aumento dos preços dos produtos primários e dos manufaturados padronizados, como celulose, placas de aço e petroquímicos, favorece o investimento visando exportações e o atendimento do mercado interno (inclusive via substituição de importações). A expansão do consumo doméstico, estimulado pela evolução positiva dos rendimentos trazida pelo aumento do emprego (principalmente) e pelas políticas de salário mínimo e transferências, assim como pela ampliação do crédito, parece ter fomentado investimentos na diversificação de produtos e, em menor grau, na capacidade de produção. Mantida a expansão da demanda, a julgar pela utilização da capacidade e pelas intenções de investimento das indústrias de bens de consumo durável, haveria, no futuro próximo, uma nova “safra” de investimentos nesta área. É também possível que, seguindo a análise de Dagnino (2008), o aumento de salários viesse a fomentar as inovações.

---

29 Estas competências, acrescidas da capacidade de engenharia de detalhe, essencial à fabricação, eram as que mais se haviam desenvolvido durante o período desenvolvimentista, conforme analisado em Erber (1979).

30 Se considerarmos as “competências” como ativos, a visão de portfolio aplica-se à sua análise.

No entanto, os últimos dados disponíveis sobre as atividades de inovação remontam ao período 2003-2005, com informações quantitativas sobre o último ano. É de se lastimar que a Pintec-2007, que teria captado os efeitos da expansão do período 2005-2007 não tenha sido realizada<sup>31</sup>. A crise internacional, que arribou no Brasil em 2008, muda drasticamente o quadro, cuja análise foge ao escopo desta revisão.

O desenvolvimento acima sumariado deu-se num quadro de políticas macroeconômicas que apresentava poucos incentivos à inovação. Altas taxas de juros e a incerteza quanto à política monetária desestimulavam o investimento em projetos de inovação de maior incerteza e prazo mais longo de maturação, enviesando o portfólio de investimentos geral das empresas para aplicações financeira e o portfólio de inovação para projetos de natureza incremental. Dosi (1990) faz uma provocativa distinção entre sistemas financeiros orientados para a eficiência alocativa e aqueles orientados para a eficiência dinâmica baseada em inovações. A política monetária brasileira, que propicia altos rendimentos e baixo risco em aplicações financeiras, como os títulos públicos, certamente não introduziu qualquer viés “schumpeteriano” no mercado de crédito nacional. A política monetária encontrou seu irmão siamês na valorização da taxa de câmbio, que desestimulava a orientação exportadora e, assim, a inovação para atender mercados mais exigentes. A política cambial ampliava ainda a pressão das importações no mercado interno. Se, de um lado, esta pressão estimulava a adoção de processos e produtos com as características mundiais, de outro desestimulava projetos de maior complexidade, cujos resultados tendem a ser inicialmente testados no mercado interno. Como não se conhece o componente importado das máquinas e equipamentos utilizados na inovação<sup>32</sup>, principal item de gastos neste portfólio, é difícil avaliar o impacto da política cambial sobre o custo da inovação, embora seja, provavelmente, positivo. Finalmente, a política fiscal impunha fortes restrições aos fundos públicos destinados ao sistema de inovações, como é bem exemplificado pelo contingenciamento imposto aos Fundos Setoriais, principal inovação institucional de apoio à inovação do segundo Governo Cardoso (ARRUDA e VERMULM, 2004). Coutinho (2005) faz a distinção entre regimes macroeconômicos “malignos” e “benignos” para a inovação. O caso brasileiro é um bom exemplo do primeiro tipo. Nos termos da análise acima esboçada, pode-se conjecturar que o regime de políticas macroeconômicas, associado às reformas institucionais já mencionadas, elevou o “piso” dos gastos em inovação e comprimiu o seu “teto” (ERBER, 2001).

Note-se que, em contraposição ao oscilar macroeconômico e provavelmente como sua decorrência, a composição da estrutura industrial não sofreu grandes alterações entre 1996 e 2005,

31 O IBGE prevê realizar nova Pintec no corrente ano, tendo 2008 como ano de referência e cobrindo 2006-2008 para os dados qualitativos.

32 É uma sugestão de tema de pesquisa, que pode ser ampliada para abranger o efeito das importações de máquinas sobre o preço daquelas produzidas localmente.

conforme mostra a Tabela 1, abaixo, mas estas foram no sentido aumentar a participação dos setores de media-baixa intensidade tecnológica, segundo a classificação da OCDE<sup>33</sup>.

**Tabela 1.** Distribuição setorial do VTI da indústria brasileira segundo a intensidade tecnológica dos setores – 1996, 2000 e 2005 – em %

<u>SETOR</u>	<u>1996</u>	<u>2000</u>	<u>2005</u>
Baixa intensidade	41,8	38,7	39,4
Média-baixa intensidade	22,7	28,3	30,3
Média-alta intensidade	26,9	23,8	23,5
Alta intensidade	8,6	9,2	6,8
Total	100,0	100,0	100,0

Fonte: Rodrigues e Almeida (2008), baseado em dados da PIA/IBGE

No comércio exterior, o estudo do Banco Mundial (RODRIGUEZ, DAHLMAN e SALMI, 2008) mostra que, no mesmo período, o Brasil aumentou as suas vantagens comparativas apenas em recursos naturais e produtos manufaturados intensivos em trabalho e recursos naturais, perdendo posição nos demais produtos manufaturados, exceto em alguns segmentos de material de transporte, como aviões e chassis de caminhão. Ou seja, a diferença entre a intensidade tecnológica das exportações e importações, apontada como um problema pela literatura já revista<sup>34</sup>, parece ter se acentuado, embora a grande expansão das exportações no período 2003-2007 tenha minimizado a sua importância<sup>35</sup>.

Tendo esta periodização como pano de fundo, analisam-se, a seguir, os principais trabalhos empíricos que tratam da inovação, divididos pelos períodos em que foram coletados os dados que lastreiam os trabalhos.

### 4.3. 1990-1994: o Ecib

No contexto do período, a preocupação principal recaía sobre a competitividade internacional da indústria brasileira. Entre os trabalhos que se debruçaram sobre o tema, destaca-se pela sua amplitude e profundidade o Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira, realizado em 1992-1993 por um consórcio de instituições acadêmicas sob a égide do Ministério da Ciência e

33 Bielchowsky (comunicação pessoal) ponderou que a distribuição da Tabela pode estar afetada por mudanças em preços relativos. É um ponto a verificar.

34 Figueiras e Gonçalves (2007) retomam o tema da perda de conteúdo tecnológico das exportações brasileiras para o período mais recente (2002-2006)

35 Em 2007 já se identificava a possibilidade de um iminente fim do superávit comercial, em função do grande aumento de importações, mas foge ao propósito deste texto discutir este problema.

Tecnologia. Sumariado<sup>36</sup> em Coutinho e Ferraz (1994) e aprofundado em Ferraz, Kupfer e Hague-nauer (1996), o estudo decompunha os fatores responsáveis pela competitividade em três níveis: microeconômicos (internos às empresas), estruturais (setoriais) e sistêmicos (macroeconômicos, político-institucionais, etc).

O desenvolvimento tecnológico era visto um dos “pilares centrais de qualquer modelo nacional de competitividade” (COUTINHO e FERRAZ, 1994, p. 25) e o estudo apresentava dados de questionários sobre atividades inovativas de 661 empresas, a partir de uma amostra estratificada segundo setores, valor de produção e porte das empresas, complementados por entrevistas (*ibid.*). Os dados quantitativos referem-se a 1992 e, nas entrevistas, foram feitas comparações com o período 1987/89. O número de empresas que respondeu aos quesitos é variável. Apontam os autores (*ibid.*, p. 129) que a amostra de empresas incluídas na pesquisa de campo apresenta um viés no sentido de que os setores analisados são mais intensivos em exportação do que a média da indústria e que percebe-se que os respondentes dos questionários tenderam a incluir como gastos em P&D atividades que não se enquadrariam numa definição estrita de tais atividades<sup>37</sup>.

O Ecib mostra que a principal motivação da estratégia competitiva das empresas entrevistadas foi a retração do mercado interno, traduzida em investimentos em modernização e estratégias de produção visando reduzir o custo de estoques e reduzir o consumo de matérias primas.

Quanto às atividades destinadas à inovação, apenas metade das empresas entrevistadas declarou realizar gastos em P&D (com a ressalva acima) e, para estas, a intensidade em relação ao faturamento era baixa (cerca de 0,7% do faturamento), mantendo-se estável em relação ao final dos anos 1980 (*ibid.*) – o que pode ser interpretado como uma confirmação da hipótese do “piso” de gastos acima discutida. Refletindo a estratégia defensiva acima descrita, os gastos com *engineering* haviam aumentado, de 1,2% do faturamento para 1,45%, entre 1987/89 e 1992, mas os gastos com treinamento permaneciam baixos e relativamente estagnados, passando de 0,41% para 0,49% do faturamento. A intensidade de gastos em P&D e *engineering* aparecia positivamente relacionada ao tamanho da empresa e, neste último, à exportação. A aquisição de serviços tecnológicos no país (não dimensionada em termos de faturamento) concentrava-se em atividades pouco sofisticadas e adequadas à estratégia defensiva, como serviços de consultoria em gestão e qualidade e testes e ensaios. A adequação a normas técnicas atendia tanto aos objetivos de-

36 Foram produzidas mais de 80 Notas Técnicas sobre os três níveis de competitividade.

37 Um testemunho: no decorrer de estudos setoriais que fiz na década de 1990, em todos constatei que os dados sobre gastos em P&D colhidos em entrevistas não eram confiáveis, por várias razões: imprecisão na contabilização desses gastos pelas empresas, desinformação dos entrevistados e desejo destes de inflar tais gastos por razão de prestígio. Para dar um exemplo: no estudo feito com Roberto Vermulm sobre a estratégia das empresas petroquímicas em 1991 (ERBER e VERMULM, 1993), constatamos que os dados apresentados durante as entrevistas eram aproximadamente o dobro daqueles apurados pela Petroquímica, subsidiária da Petrobras que era sócia das empresas entrevistadas e que, à época, tinha como um dos seus objetivos aumentar os gastos dessas empresas em tecnologia.

fensivos como a eventuais esforços de exportação. Na importação de serviços tecnológicos, feita por uma minoria de empresas, predominavam ainda os testes e ensaios, mas também havia um pequeno grupo (cerca de 40 empresas) demandando serviços mais complexos, como projeto básico – indicador de futuras inovações.

Determinantes setoriais desempenhavam um papel importante na definição da intensidade de gastos em P&D e *engineering*. Para a primeira, destacavam-se pelo maior dispêndio relativo as empresas do complexo eletrônico e de bens de capital, setores de alta intensidade tecnológica. No entanto, as empresas destes mesmos setores eram as que apresentavam maior queda nos dispêndios entre o fim dos anos 80 e 1992, resultado que pode ser interpretado como um efeito da recessão e da incerteza decorrente das mudanças institucionais sobre o “teto” dos gastos daquelas empresas. Os esforços de *engineering* eram, como seria de se esperar, especialmente fortes nos setores que Pavitt classificou como sendo “intensivos em escala” – os produtores de insumos básicos e bens de consumo duráveis.

#### 4.4. 1994-98: As pesquisas paulistas – IPT, PAEP e PAER

Em 1999, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) de São Paulo fez uma pesquisa de campo com 55 empresas, predominantemente de grande porte, que fizeram investimentos na indústria de transformação paulista, no período 1996-98. Muniz (2000) sintetiza os resultados desta pesquisa, relevantes pelo tamanho das empresas.

A estratégia de concorrência das firmas entrevistadas privilegiava a qualidade (57% das empresas) e, em segundo lugar, custos (43%). Apenas 8% das empresas atribuía alta importância à inovação para a competição. Esta visão era consistente com a estratégia de investimentos, orientada para a inclusão de novos produtos e reestruturação da produção, principalmente através da compra de máquinas e equipamentos, das quais parte substancial era importada. À compra de conhecimento (serviços científicos e técnicos, software e estudos técnico-econômicos) não era atribuída alta importância. Não obstante, quase 80% das empresas informou ter feito, em 1988, investimentos em PD&E enquanto 66% declaravam investimentos em aquisição de tecnologia e treinamento de pessoal. Ou seja, mesmo não tendo alta importância para a estratégia concorrencial, há necessidade de manter certas atividades inovativas. O detalhamento das atividades de PD&E, mostra que estas se concentram em desenvolvimento (D) e engenharia não rotineira (E) – o que parece corroborar a explicação acima.

A Pesquisa de Atividade Econômica Paulista (Paep) realizada pela Fundação Seade, do Estado de São Paulo, deu início aos estudos sobre inovação baseados no Manual de Oslo, solicitando às empresas quatro tipos de informações: a adoção ou não de, pelo menos, uma inovação tecnológica de produto e/ou processo; classificação da importância dos motivos de adoção das inovações; classifi-

cação da importância das fontes de informação utilizadas pela empresa para a inovação; indicação do percentual de vendas decorrente de novos produtos e dispêndios e número de funcionários empregados em atividades de P&D, com a discriminação do subconjunto de empregados com curso universitário completo. Em um dos aspectos centrais da metodologia do Manual de Oslo, qual seja, o levantamento dos dispêndios (custos) da empresa nas funções ou atividades que constituem insumos do processo de inovação, a primeira Paep adotou um procedimento distinto. Pediu-se às empresas que fornecessem uma estimativa da composição percentual do total desses gastos, por atividade ou item de custo (inclusive os dispêndios em P&D), ao invés de solicitar que indicassem o valor monetário do dispêndio. Conforme explicam Carvalho, Bernardes e Franco (2002), isso foi feito tendo em vista um conjunto de limitações, particularmente, a necessidade de não tornar ainda mais complexa a Paep, que é uma pesquisa industrial sobre a atividade econômica em geral e não (exclusivamente) de inovação, e a consciência de que as empresas brasileiras não têm, em geral, a prática de contabilizar separadamente as várias despesas realizadas no desenvolvimento e implementação de novos produtos e processos. No entanto, essa estratégia não foi bem sucedida, já que as respostas a essa questão apresentaram grau elevado de inconsistência.

A Paep usou uma amostra estratificada de empresas, composta de dois estratos – no primeiro, certo, foram incluídas as empresas industriais com 30 ou mais empregados e que, em 1995, tivessem a sede ou, pelo menos, uma unidade produtiva no Estado de São Paulo. O segundo estrato, aleatório, abrangeu as empresas industriais pequenas, que empregavam entre 5 e 29 pessoas, e que tivessem sede no Estado. A amostra final foi de 10.658 empresas industriais, correspondendo a um universo expandido de 41.466 empresas. As informações foram coletadas em 1997, tendo 1996 como ano-base para a atividade econômica e o período 1994-96 para as questões que se referiam a intervalos de tempo para a inovação (BERNARDES, 2003).

Além da Paep, a Fundação Seade realizou, entre 1998 e 1999, por solicitação do Ministério da Educação, visando o aperfeiçoamento do ensino profissionalizante, a Pesquisa de Atividade Regional (Paer), em todos os Estados. Esta Pesquisa incluía um *survey*, também baseado no Manual de Oslo e aproveitando a experiência da Paep, sobre atividades de inovação de 3150 unidades locais de indústria com mais de 100 empregados, tendo 1995 a 1999 como período de referência (*ibid.*).

Carvalho, Bernardes e Franco (2002) fizeram a unificação de dados sobre inovação da primeira Paep e da Paer. A base unificada contém informações sobre 6600 empresas de médio e grande porte, das quais 3600 têm sede no Estado de São Paulo.

Olhando, inicialmente, apenas para os dados da Paep, que têm a vantagem de incluir pequenas e médias empresas e a desvantagem de restringir-se ao Estado de São Paulo, Carvalho, Furtado, Bernardes e Franco (1999) apresentam os principais traços do padrão de inovação das empresas industriais paulistas.

Apontam os autores que cerca de um quarto das empresas paulistas introduziu alguma inovação no período 1994-96. Entre essas empresas inovadoras, a grande maioria (63%) introduziu inovações de produto e de processo, visando a melhoria da qualidade dos seus produtos (86% das empresas), a redução dos custos de produção (76%) e manutenção/ampliação do mercado (71%). No entanto, a substituição de produtos obsoletos e a renovação do *mix* de produtos aparecem em posição secundária em termos de motivação para a inovação.

Na sua estratégia de inovação, as empresas paulistas apoiavam-se, principalmente, em informações advindas de seus clientes e, em menor grau, dos fornecedores de materiais. O papel relativamente secundário desempenhado por fornecedores de bens de capital é consistente com a caracterização do “mini-ciclo” de investimentos feita por Bielschowsky. A relação com outras instituições do sistema de inovações, como institutos de pesquisa, universidades, consultorias e mesmo outras empresas do grupo tem baixa importância para a inovação.

Examinando as características das empresas inovadoras, os autores concluem que há uma forte relação direta entre a propensão a inovar e o tamanho das empresas. As grandes empresas também se destacam pela maior importância que atribuem ao seu departamento de P&D como fonte de informações para a inovação. No entanto, concluem os autores que “mesmo as grandes empresas parecem seguir o padrão de inovação tecnológica induzida pelo mercado, cuja característica dominante é o desenvolvimento de inovações incrementais baseadas na adoção e na melhoria de tecnologias já existentes” (p. 61).

O peso das empresas maiores torna a importância econômica das empresas inovadoras muito maior que sua participação no número de empresas – as empresas inovadoras respondiam por mais de dois terços do valor adicionado total da indústria do Estado. O mesmo fenômeno se manifesta ao nível setorial: especialmente em setores intensivos em escala, como veículos automotores e autopeças e papel e celulose, a concentração da atividade econômica em empresas inovadoras chega a compensar a menor participação destas no total de empresas do setor.

A distribuição de empresas inovadoras por setores, utilizando a classificação de Pavitt, mostra que a participação de empresas inovadoras é maior nos setores intensivos em ciência (especialmente os que pertencem ao complexo eletrônico), seguida dos setores intensivos em escala e fornecedores especializados e finalizando com os setores dominados por fornecedores. Tomando a participação dos empregados em P&D no total de pessoas empregadas como indicador de intensidade tecnológica, constatam a mesma hierarquia setorial. Assim, concluem os autores que o comportamento inovador das empresas é parcialmente explicado pelas oportunidades tecnológicas oferecidas pela base técnica do setor em que atuam. No entanto, o maior volume em P&D, medido pelo número absoluto de pessoal empregado nestas atividades, está concentrado no complexo metal-mecânico e nas indústrias produtoras de bens intermediários,

os setores privilegiados pelo II PND durante a década de 1970 e que, segundo os autores, ainda lideravam o padrão de desenvolvimento industrial brasileiro, ao passo que os segmentos intensivos em conhecimento respondiam por apenas 6% do valor adicionado da indústria paulista. Destacam ainda os autores que são nos “setores do II PND” que se concentra a pequena parcela de empresas que “optou por construir vantagens competitivas baseadas em estratégias tecnológicas prospectivas ou pró-ativas, vislumbrando a abertura ou a conquista de novos mercados, através de um esforço endógeno empresarial estruturado em atividades de P&D interno” (p. 64). Diria um evolucionista que *History matters*.

Na caracterização dos fatores que estimulavam a inovação, o resultado da Paep que provocaria maiores controvérsias posteriores<sup>38</sup> foi a relação positiva entre propriedade estrangeira (total ou parcial) e a propensão a inovar, estabelecida através da participação das empresas estrangeiras no universo de empresas inovadoras. Segmentada por porte (número de empregados), a participação das empresas estrangeiras tendia a crescer nos estratos de maior porte, exceto – e inexplicado – nas empresas médias, que tinham entre 250 e 499 empregados. Analisando a intensidade do esforço de inovação via a participação de empregados em P&D no total, por setores, as empresas estrangeiras também se destacam, independentemente das características tecnológicas do setor.

Os autores propunham que esse resultado podia ser explicado por vários fatores que favoreciam a competitividade dessas empresas, seja de natureza financeira – a facilidade de captação de recursos no exterior – como de natureza tecnológica, como o menor custo de produção e, notadamente, a maior facilidade de acesso a conhecimentos externos, o que facilitaria a introdução de novos produtos e processos. Tais inovações, respondiam à necessidade de adaptações às características do mercado brasileiro ou às limitações técnicas determinadas pelo fornecimento de matérias-primas e componentes locais – o processo conhecido como “tropicalização”.

Em trabalho posterior, feito para a Fapesp (2002), os autores incluíram a análise dos impactos econômicos da inovação, mostrando que esta tinha importantes efeitos sobre a produtividade e as exportações – as empresas inovadoras distinguíam-se das demais por apresentarem maior produtividade e melhor desempenho exportador.

As informações resultantes da unificação das bases de dados da Paep e da Paer (CARVALHO, BERNARDES e FRANCO, 2002) confirmam as características da inovação vistas no caso paulista, inclusive no aumento da taxa de inovação (quase 50% das empresas), que pode ser atribuída à exclusão de empresas com menos de 100 empregados.

Partindo da hipótese que as atividades de P&D constituem uma das formas importantes para o processo de aprendizado e capacitação para a introdução de inovações e tendo constatado que

---

38 Ver a análise de Araújo (2005) com dados da Pintec-2000 e Bacen, a seguir.

a propensão a inovar é significativamente maior nas empresas que realizam P&D do que entre as que não fazem essa atividade, os autores aprofundam o seu exame, através de dois procedimentos.

Para o universo de empresas que compõe a base unificada, os indicadores de P&D adotados são o número de pessoas empregado em P&D e a natureza sistemática dessa atividade.

Para o primeiro indicador, destacam-se o baixo esforço e a concentração: apenas 180 empresas (10% do total) tem 10 ou mais empregados de nível superior em P&D, mas estas 180 empresas respondem por 60% do total de empregados nesta atividade. Quase dois terços destes empregados concentram-se nas grandes empresas (com 500 ou mais empregados). Setorialmente, também se observa uma grande concentração de empregados em P&D, destacando-se a indústria automobilística com 23% do total, seguida pela indústria química e de máquinas e equipamentos, com cerca de 10% cada. A predominância da indústria automobilística é explicada pela necessidade das firmas que a dominam, filiais de empresas estrangeiras, de adaptar os produtos às características locais e pela concentração no Brasil de atividades de P&D para a América Latina. A concentração também apresenta uma característica de origem de capital – as empresas sob controle total ou parcial de capitais estrangeiros respondem por 44,5% do emprego em P&D, proporção muito superior à sua participação no total de empresas que realiza tal atividade (17%).

A realização sistemática de atividades de P&D era, por sua vez, relacionada positivamente ao tamanho das empresas, à propriedade estrangeira e às oportunidades tecnológicas do setor.

Para as empresas cuja sede era fora do Estado de São Paulo, cobertas pela Paer (1.200 empresas), os autores criaram um grupo de “inovadores-criadores”, composto por empresas que buscavam criar conhecimento novo no processo de absorção de conhecimento. Este grupo foi selecionado com base nos seguintes critérios, cumulativos: ter declarado que foi a própria empresa, sozinha ou em conjunto com outras empresas, o principal responsável pelo desenvolvimento da inovação de produto ou processo considerada como a principal inovação; ter realizado atividade sistemática de P&D, ou seja, empregar ao menos uma pessoa de nível superior permanentemente nessa atividade; e considerar o departamento de P&D como fonte muito importante para inovar.

Como era de se esperar, o grupo é minoritário - representa 27,5% das empresas inovadoras. A participação entre os inovadores-criadores está positivamente associada ao tamanho da empresa, ao controle (parcial ou total) por capitais externos, às oportunidades tecnológicas (o setor de informática é o líder) e ao peso na estrutura industrial, evidenciado pela liderança de setores intensivos em escala como o químico e material elétrico.

Ou seja, os dados das empresas localizadas fora de São Paulo são consistentes com as observações mais detalhadas feitas para o Estado, sugerindo que o quadro desenhado pela Paep era bastante representativo do que ocorria no país – um ciclo limitado de investimentos, feito numa estrutura produtiva que não demandava um forte impulso inovador.

#### 4.5. 1998-2003: As duas primeiras Pintec

A primeira Pintec foi realizada com base numa amostra de cerca de 10 mil empresas que, expandida, representava um universo de 72 mil firmas industriais com dez ou mais pessoas ocupadas, cobrindo o território nacional. Os dados quantitativos referiam-se ao ano 2000 e os dados qualitativos ao período 1998-2000. Seguindo a mesma metodologia, o IBGE realizou a segunda Pintec, tendo como anos de referência 2003 para os dados quantitativos e o triênio 2001-2003 para as informações qualitativas e abarcando um universo maior, de 84 mil empresas. As informações da Pintec são públicas e o IBGE fornece tabulações especiais a pesquisadores acreditados.

Ainda neste período, a Fundação Seade realizou, entre setembro de 2002 e junho de 2003, a segunda Paep, que continha um capítulo dedicado à inovação, cuja principal variável quantitativa (pessoal empregado em P&D) referia-se a 2001 e os dados qualitativos tinham o triênio 1999-2001 como referência. Embora também use o Manual de Oslo como paradigma, a Paep-01 adota uma visão mais seletiva de inovação, considerando como “inovadora” apenas a empresa que tiver introduzido um produto que fosse novo para o mercado nacional.

Dada a maior abrangência da Pintec, geográfica e no conceito de inovação, a literatura tendeu a utilizar os seus resultados mais intensamente.

Antes de fazer uma resenha (certamente incompleta) desta abundante produção acadêmica quatro comentários parecem oportunos.

Em primeiro lugar, convém lembrar as distintas condições econômicas dos dois anos a que se referem os dados quantitativos da Pintec. Embora 1998 e 1999 tivessem sido de crise externa e baixo crescimento, em 2000 as perspectivas eram certamente melhores e o PIB cresceu 4,3%, o melhor ano do período. Ao contrário, 2003 foi um ano de baixo crescimento, marcado pela crise do segundo semestre de 2002, pela incerteza quanto aos rumos da política macro do novo governo e pelo caráter restritivo desta. Ou seja, a primeira Pintec foi feita num contexto mais favorável às inovações (principalmente as mais arriscadas) do que a segunda.

Em segundo lugar, a ampliação do universo de empresas entre as duas pesquisas tende a concentrar-se, pelos procedimentos de amostragem adotados, nas empresas menores. Estas, conforme os estudos vistos acima apontam, contem menor proporção de empresas inovadoras –

característica que a segunda Pintec viria a confirmar. Como a taxa de mortalidade entre as pequenas empresas é alta e sua escolha é aleatória, não se sabe se são as mesmas que constam das duas pesquisas. O ideal, do ponto de vista histórico, seria contar com um painel fixo.

Em terceiro lugar, cabe alertar quanto às dificuldades de entendimento pelos respondentes das perguntas da Pintec<sup>39</sup> e às deficiências das informações quantitativas de que os informantes dispõem<sup>40</sup>. O IBGE busca contornar estes problemas através de entrevistas assistidas. Tanto para o IBGE como para os respondentes (notadamente os do “estrato certo” da amostra) há um processo de aprendizado envolvido, que sugere serem os dados da terceira Pintec (a última realizada) mais precisos que os da primeira.

Finalmente, vale advertir que os dados da Pintec não permitem estabelecer relações de causalidade firmes, apenas relações de associação.

A primeira Pintec provocou, como é frequente quando surgem novas bases de dados, um bom número de estudos, muito maior que as duas pesquisas subsequentes. A resenha a seguir segue a cronologia, mas reflete, necessariamente, a disparidade no número de estudos. Assim, para a primeira Pintec, o procedimento adotado aqui é partir dos estudos que utilizam apenas os dados da Pesquisa, e, a seguir, comentar os trabalhos que combinam esta base de dados com outras fontes de informação. Os estudos têm frequentemente objetivos específicos, como identificar características das empresas que inovam ou detalhar aspectos do processo inovativo, como as fontes de informação utilizadas neste processo. A ordenação adotada procura captar a lógica do processo de inovação. Começa com o tipo e o grau de novidade da inovação introduzida e os objetivos pretendidos com esse esforço. A seguir, apresenta as características das empresas que a literatura associa a esforços de inovação e aos resultados desta. Finalmente, situa o esforço de inovação das empresas industriais no âmbito do sistema de inovações. A última parte revê os estudos feitos com base na segunda Pintec.

## **A inovação no Brasil – novidade e objetivos**

IBGE (2002), Arruda e Vermulm (2004) e Maculan (2005) apresentam boas sínteses dos resultados da Pintec<sup>41</sup>. No período 1998-2000, 31,5% das empresas industriais brasileiras com 10 ou mais empregados introduziram inovações – uma taxa de inovação maior que a dos demais países

39 Por exemplo, a distinção entre “inovação para a empresa” e “inovação para o mercado”. A distinção depende do grau de informação do respondente quanto ao “estado das artes” do mercado e da sua visão do que constitui o “mercado”, sem contar as armadilhas postas pelo desejo de ser importante no “mercado”. Parece provável que a percepção do estado das artes e amplitude do mercado considerado estejam positivamente relacionados ao tamanho da empresa. Ver Tironi e Cruz (2008).

40 Por exemplo, quanto à contabilização de gastos com inovação, especialmente entre as empresas de menor porte.

41 Arruda e Vermulm (2004) enfatizam os dados referentes à P&D.

latino-americanos, mas inferior à dos países da OECD e de outros países de industrialização recente, conforme já apontado.

As inovações foram mais intensas em processos: 14% das empresas inovaram apenas nesta área, 11,3% em processos e produtos e 6,3% só em produtos. A maioria destas inovações representava uma novidade para a empresa, mas não para o mercado, indicando um processo de modernização das empresas através da difusão de tecnologias já conhecidas no mercado. Com efeito, apenas 4,1% das empresas introduziu produtos novos ou significativamente aperfeiçoados para o mercado nacional e menos ainda (2,8%) processos novos. Tomando apenas o universo das empresas inovadoras, menos de um quarto (23%) considerava que o produto era uma novidade para o mercado e parcela ainda menor (11%) avaliava que a inovação feita em processo era uma nova para o mercado.

As inovações em produto foram introduzidas visando, principalmente a melhoria da qualidade dos produtos e a manutenção da participação no mercado e as inovações em processo tinham por objetivos principais (em ordem de importância) o aumento da capacidade produtiva e da flexibilidade da produção. As inovações tecnológicas levavam também a mudanças organizacionais. Estas, de forma consistente com o padrão de inovação tecnológico, estavam predominantemente orientadas para a mudanças na estética ou desenho do produto (68%) e pouco afetavam a estratégia corporativa (22%).

Em síntese, um padrão de inovação em regra modesto, consistente com o quadro econômico do período e com as características tecnológicas da estrutura industrial, acima vistos.

### **Empresas que não inovam e que inovam**

A grande maioria das empresas brasileiras não inova, como vimos acima. No entanto, esta massa “braudeliana” não é estudada, exceto em Prochnik e Araújo (2005) e Kannebley Jr., Porto e Pazzello (2005). O primeiro estudo mostra que essas empresas não se caracterizam apenas por não inovar – mais de 70% usam processos cuja duração média é maior que sete anos e fabricam produtos cujo tempo de médio de vida é maior que nove anos. Os dois estudos permitem “estilizar” as empresas não inovadoras como micro ou pequenas, de capital nacional, situadas em setores de baixa oportunidade tecnológica, usando processos intensivos em recursos naturais ou trabalho e produzindo principalmente bens de consumo durável e bens intermediários, sem exportar. Ou seja, apontam para a importância de fatores estruturais como a composição tecnológica e o porte empresarial da indústria brasileira.

Os demais estudos concentram-se nas empresas inovadoras. Maculan (2005) destaca como fatores propícios à inovação o tamanho da empresa, sua inserção em setores mais intensivos em

tecnologia e a orientação exportadora. Arruda e Vermulm (2004) destacam os dois primeiros e a propriedade estrangeira, mas advertem que esta última característica perde importância no segmento de grandes empresas – ponto que já havia sido levantado nos estudos sobre a PAEP.

Kannebley Jr., Porto e Pazzelo (2005) refinam a análise das empresas inovadoras usando testes não paramétricos (árvores de seleção) procurando distinguir a importância relativa das características das empresas – tamanho, origem do capital, orientação exportadora, estrutura societária e inserção setorial – para a inovação de um forma geral, para as inovações em produto ou processo e, dentro destas, para as que representam uma novidade para o mercado nacional.

Os resultados obtidos para a inovação em geral mostram que a orientação exportadora é a principal característica distintiva da empresa inovadora, em relação às demais. Seguem-se, para este fim, o tamanho da empresa, a origem estrangeira e as características setoriais. Na análise da inovação em processo para o mercado, o capital estrangeiro e a classificação setorial foram as características mais importantes e na inovação em produto para o mercado destacam-se a orientação exportadora e a origem do capital. Ao contrário de outros estudos, os autores consideram que o tamanho, embora relevante para definir a probabilidade de uma empresa ser inovadora, é característica complementar à orientação exportadora e à propriedade estrangeira no caso de inovações para o mercado e que seu papel deve ser situado no contexto setorial.

Arruda e Vermulm (2004) analisam quatro explicações de natureza estrutural para o reduzido dinamismo inovador no Brasil: – a trajetória tecnológica das empresas do período de substituições de importações, pouco alterada pelas modificações dos anos 1990; o peso das empresas multinacionais na indústria brasileira; o ambiente macro-econômico desfavorável e a falta de apoio governamental à inovação. No entanto, embora reconheçam que estes condicionantes são importantes, concluem que não impedem que algumas empresas invistam, inclusive em atividades de P&D, visando introduzir inovações para o mercado.

Propõem os autores, baseados nos dados da Pintec e em entrevistas junto a empresas, que a diferenciação entre empresas inovadoras ou não e, especialmente, entre as que realizam ou não atividades sustentadas de P&D, deve ser buscada ao nível micro-econômico, notadamente na vinculação feita pela empresa entre inovação e oportunidades de negócio que venham a ampliar a rentabilidade e na existência de executivos e equipes que percebam a importância da inovação na trajetória da empresa. O primeiro fator leva-os a enfatizar a capacitação das empresas em comercialização e no conhecimento de seus concorrentes e seus mercados. A conexão, feita pelos autores, entre esta capacitação, tamanho da empresa e as características de cumulatividade e *path dependence* das trajetórias tecnológicas, sugere que mercados oligopolistas sejam mais propícios à inovação (ilação minha). O segundo fator aponta para as características de governança da empresa, entre as quais se destaca a posição das instancias corporativas dedicadas à inovação

no processo decisório da empresa – por exemplo, na definição do montante a ser gasto em inovação e na estratégia de financiamento deste investimento.

Conforme vimos acima (4.2), Castro vinha, há tempos, insistindo na necessidade de um *catch up* estratégico por parte das empresas industriais, materializado na mudança do peso relativo das funções empresariais e, em Castro e Ávila (2004), havia avançado a conjectura que um grupo de empresas havia feito, pelo menos de forma parcial, esta transição, obtendo resultados satisfatórios no mercado internacional.

Fortemente influenciado pelas idéias de Castro, o Ipea realizou um ambicioso projeto de pesquisa, Inovações, Padrões Tecnológicos e Desempenho das Firms Industriais Brasileiras, daqui para frente referido como Projeto Ipea.

O Projeto apresenta dupla originalidade. De um lado, a base de dados, de outro, a categorização das firmas por estratégias competitivas.

A ampla base de dados construída para o Projeto já foi comentada acima (2.3). Para a categorização das firmas, partiu-se da distinção entre estratégias de competição via custos ou via diferenciação de produtos. Para cada categoria de firmas foram utilizados “indicadores líderes”, submetidos a vários testes e procedimentos de calibragem (*ibid.*). Por fim, as empresas foram divididas em três grupos: 1) firmas que inovam e diferenciam produtos para o mercado e que exportam com preços superiores aos demais exportadores brasileiros – um preço prêmio; 2) firmas especializadas em produtos padronizados, onde estão incluídas as demais exportadoras e firmas que, embora não exportem tenham índices de produtividade igual ou maior que as firmas exportadoras desse grupo, e 3) firmas que não diferenciam produtos e têm produtividade menor. Firms de base tecnológica e que estavam em fase inicial de operação não foram consideradas (DE NEGRI, FREITAS, COSTA, SILVA e ALVES, 2005). Cabe notar que três quartos das firmas incluídas no grupo C eram de firmas que não inovaram no período considerado (PROCHNIK e ARAÚJO, 2005).

Limitações de tempo e espaço impedem que esta revisão faça justiça à riqueza de resultados dos estudos feitos no âmbito do Projeto Ipea, coletados em De Negri e Salerno (2005). Conforme advertido, as referências a esses resultados são necessariamente seletivas.

Algumas distinções entre as características das firmas que compõem os três grupos de empresas estão implícitas na própria forma de construção dos grupos. Assim, não é surpreendente que as empresas do grupo A tenham maior orientação exportadora que as demais (veja-se De Negri, 2005, para um detalhamento) e que estejam concentradas em setores cuja base produtiva são processos de montagem e que oferecem maiores oportunidades tecnológicas para a diferenciação de produtos (notadamente eletrônica, material de transporte e material elétrico) (KUPFER

e ROCHA, 2005). Da mesma forma, no grupo B predominam as inovações em processo e as empresas do grupo estão especialmente presentes em setores intermediários, como celulose e papel, e bens de consumo não durável, como têxtil e calçados (*ibid.*).

Embora a direção de causalidade não possa ser estabelecida, os dados do Ipea mostram que os grupos de empresas se distinguem, em ordem alfabética, também pelo tamanho médio das empresas que a eles pertencem (seja em termos de pessoal ocupado, seja em faturamento), eficiência, produtividade e liderança nos respectivos mercados. Assim, as empresas do grupo A respondem por um quarto do faturamento da indústria e 13% do emprego, embora constituam apenas 1,7% do número de empresas. Refletindo a estrutura produtiva do país, as empresas do grupo B (21% do número) têm participação majoritária no faturamento (63%) e no emprego (49%), enquanto o grupo C constitui a maioria (77%) das empresas e, apesar de empregar 39% do pessoal, tem apenas 11% do faturamento da indústria (DE NEGRI, SALERNO e CASTRO, 2005). Finalmente, os grupos se diferenciam pela participação de firmas estrangeiras e nacionais, ponderada pelo tamanho das empresas. Embora o grupo A seja composto por dois terços de empresas nacionais, as estrangeiras têm uma participação substancialmente maior que as nacionais em termos de receita líquida de vendas e de valor adicionado, mercê de um tamanho médio muito superior (mais que o dobro de pessoas empregadas). Nos dois outros grupos, apesar da diferença em tamanho, preponderam as firmas nacionais em função do seu número (ARAÚJO, 2005).

Analisando os objetivos da inovação, observam-se importantes diferenças, também inerentes à construção dos grupos. No grupo A, mais que nos demais grupos, as empresas atribuem maior importância a objetivos como melhorar a qualidade dos produtos e adequar-se às normas do mercado externo. Nos outros grupos, a inovação tem por principal objetivo o aumento da capacidade produtiva. No entanto, em termos de posicionamento no mercado, em todos os grupos, a inovação serve principalmente a manter a participação existente (DE NEGRI, SALERNO e CASTRO, 2005). Sintetizando as estratégias dos três grupos, Koeller e Baesa (2005), apontam que, no grupo A existem tanto estratégias “ofensivas” como “dependentes”, enquanto nos demais grupos a estratégia das empresas é predominantemente defensiva e imitadora.

A heterogeneidade do sistema produtivo é, como se sabe, uma das características sublinhadas pelos analistas latino-americanos do subdesenvolvimento. Os estudos acima vistos sugerem que esta é uma característica que se mantém no Brasil.

### **Os insumos para a inovação**

A Pintec apresenta estimativas das empresas de quanto gastaram em inovação para um ano apenas e informações qualitativas sobre o processo de inovação para o triênio de referência. Infelizmente, não há informações sobre a antecedência com que são tomadas as decisões referen-

tes a estes gastos, o que dificulta qualquer avaliação sobre o efeito do contexto macro sobre os gastos em inovação,

Na Pintec-2000, assim como nas subseqüentes, a parcela principal (52%) dos gastos com inovação<sup>42</sup> destina-se a compra de máquinas e equipamentos, o que é consistente com a ênfase em inovações em processo, mas também reflete o preço deste item. Seguem-se, em importância, os gastos com treinamento, introdução no mercado e outras preparações técnicas (23%), complemento necessário para a introdução de inovações, seja para a empresa, seja para o mercado. Os gastos em P&D interno, item que mais indica a busca de conhecimento e de capacitação para inovações futuras, representava 17% dos dispêndios, complementado, em pequena escala, pela aquisição de P&D externo (3%) e outros conhecimentos externos (5%) (VIOTTI, BAESSA e KOELLER, 2005).

A detalhada análise de Araújo (2005) dos dados da Pintec mostra que há baixa substituição entre os diversos tipos de gastos com inovação – ou seja, que, num dado momento, o portfólio de investimentos é rígido.

As informações qualitativas derivadas da avaliação pelas empresas inovadoras quanto à importância dos insumos para a inovação corroboram os dados de gastos: os insumos mais importantes são máquinas e equipamentos, seguidos de treinamento e preparações técnicas, com o P&D interno figurando em quarto lugar e o P&D externo em último (MACULAN, 2007).

Dados da pesquisa do Banco Mundial sobre Clima de Investimento à mesma época, junto a 1600 empresas, apontam na mesma direção: entre 13 opções, o principal meio de aquisição de novas tecnologias indicado pelas empresas foi a compra de máquinas e equipamentos, até mesmo para as empresas mais inovadoras (RODRIGUEZ et al. 2008). Os autores concluem que, em consequência, o baixo índice de inovação no Brasil estaria ligado, de um lado, à baixa taxa de investimento e, de outro, à reduzida importação de bens de capital, atribuída à proteção concedida aos produtores locais.

Segmentando as empresas inovadoras segundo os grupos do Projeto Ipea, nota-se que o grupo constituído por empresas que inovam e diferenciam produtos (grupo A) se diferencia dos outros dois, notadamente pelo peso relativo dos gastos em P&D (interno e externo) e de máquinas e equipamentos. No grupo A os gastos em P&D são, proporcionalmente, muito maiores que nos outros dois grupos, que concentram seus gastos em inovação na aquisição de máquinas e equipamentos – resultado consistente com as estratégias tecnológicas que presidem a constituição dos três grupos.

---

42 Os gastos em inovação abrangem os seguintes itens: máquinas e equipamentos, P&D interno e externo, introdução da inovação, outros conhecimentos e treinamento.

Dadas as suas implicações, as atividades de P&D interno são muito discutidas na literatura. Estima-se que cerca de 1% do PIB sejam gastos em P&D e que entre um terço e 40% dos gastos nacionais em P&D sejam realizados, pelo setor empresarial, uma baixa percentagem, quando comparada com os países industrializados, mas que é decisiva para definir o padrão tecnológico da economia brasileira. (FURTADO e CARVALHO, 2005). Da mesma forma, é baixa a intensidade de gastos em P&D na indústria, seja medida em termos do valor de transformação industrial (*ibid*), seja como percentagem da receita líquida de vendas (ARRUDA e VERMULM, 2004) – respectivamente, 1,5% e 0,64%.

Do ponto de vista setorial, Furtado e Carvalho (2005) mostram que, seguindo a classificação da OCDE, a maior parte dos gastos em P&D no Brasil (40% do total) é feita nos setores de média-alta intensidade tecnológica e 21% nos setores de média-baixa intensidade, com os setores de alta intensidade respondendo por 25% e os de baixa intensidade pelo resto. Esta distribuição, embora distinta daquela observada nos países mais industrializados, onde os setores de alta intensidade têm peso preponderante (*ibid*), difere da estrutura de produção brasileira, já apontada na Tabela 1, onde, em 2000, o valor de transformação industrial se distribuía da seguinte forma: baixa intensidade: 38,7%, média-baixa: 28,3%, média-alta: 23,8% e alta intensidade 9,2%. Ou seja, a distribuição de gastos de P&D parece resultar tanto da estrutura de produção como das oportunidades tecnológicas oferecidas pelos diversos setores.

Observando a intensidade de gastos em P&D como percentagem da receita líquida de vendas, Arruda e Vermulm (2004) notam que a maior intensidade ocorre em setores produtores de bens de capital e nos setores do complexo eletrônico – setores em que existem fortes oportunidades tecnológicas para a inovação. Estes, segundo os mesmos autores, são os mesmos que exibem maiores taxas de inovação e taxas de inovação em produto maiores que em processo e, neles, as empresas atribuem alta ou média importância às atividades de P&D, concluindo que, “nos setores tecnologicamente mais dinâmicos, as empresas são mais estimuladas a realizar atividades de P&D e percebem as vantagens do seu esforço na capacidade de inovar” (*ibid*, p.21).

Furtado e Carvalho (2005) sugerem que quatro fatores podem ajudar a explicar as diferenças na intensidade de P&D entre os setores no Brasil: origem do capital, conteúdo de produção local, conteúdo codificado/tácito da tecnologia e políticas públicas de promoção da inovação. A origem estrangeira, pela possibilidade de usar os resultados da P&D feita no exterior<sup>43</sup>, e a maior codificação da tecnologia e sua conseqüente apropriabilidade, reforçada pelas reformas do sistema internacional de propriedade intelectual, tenderiam a reduzir o nível de esforço local em P&D, ao passo que o maior conteúdo local da produção, o menor grau de codificação e as políticas públicas tenderiam a aumentar o nível de esforço.

43 O debate sobre o papel da propriedade estrangeira na inovação é visto em maior detalhe a seguir.

Como as atividades de P&D são marcadas pelo *learning by doing*, seus efeitos dependem, em boa medida, da sua realização contínua ao longo do tempo. Entre as empresas inovadoras identificadas pela Pintec-2000 (31,5% do total de empresas), cerca de um terço realizou gastos com P&D interno no período 1998-2000 e, entre estas, menos da metade (14% das empresas inovadoras, menos de 5% do total de empresas) realizou continuamente este tipo de gasto. (FURTADO e CARVALHO, 2005). Ou seja, apenas uma parcela, reduzida, das empresas industriais brasileiras fez este tipo de investimento na sua capacitação futura para inovar. Estas empresas respondem por cerca de 90% dos gastos totais em P&D (ARRUDA e VERMULM, 2004).

Os mesmos autores mostram que a realização de atividades contínuas de P&D está diretamente relacionada à intensidade tecnológica do setor e ao porte da empresa – quanto maior a empresa inovadora, maior será a probabilidade que suas atividades de P&D sejam contínuas. A relação positiva entre porte da empresa e gastos em P&D (a “hipótese schumpeteriana”) é também comprovada, para outra base de dados, pelo estudo do Banco Mundial (RODRIGUEZ et al. 2008).

O universo de empresas que fazem P&D continuamente é composto principalmente (83%) por empresas nacionais, que respondem por 52% dos gastos. Ou seja, em média, as empresas estrangeiras tendem a gastar mais que as nacionais. Embora a diferença tenda a se reduzir à medida que cresce o tamanho da empresa, mesmo entre as maiores, com mais de 500 empregados, a média de gastos das estrangeiras é quase o dobro da média das nacionais (ARRUDA e VERMULM, 2004, meus cálculos).

Trabalhando com uma base de dados distinta para a classificação de empresas estrangeiras (Bacen em vez de Pintec) e analisando a intensidade de gastos em P&D total, medida como porcentagem da receita líquida de vendas, Araújo (2005) mostra que a intensidade de P&D é maior nas firmas nacionais do que nas estrangeiras, em todos os três grupos de empresas utilizados no Projeto Ipea. Como as empresas transnacionais inovam com mais freqüência que as firmas domésticas, o autor sugere que as primeiras concentram seus esforços na adaptação de produtos e processos desenvolvidos no exterior – a chamada “tropicalização” da tecnologia, induzida por especificidades locais de mercado e produção.

Queiroz e Carvalho (2005) argumentam que a capacitação tecnológica das subsidiárias sediadas no país pode evoluir de uma capacidade de “tropicalização limitada” até a capacidade de sediar projetos de desenvolvimento de produtos dentro do grupo multinacional (o D de P&D). No entanto, apontam para importantes diferenças setoriais neste processo evolutivo, que, em alguns casos, simplesmente não se manifesta – compare-se, por exemplo, os setores automotivo e farmacêutico. Mesmo dentro de um mesmo setor, as empresas apresentam situações muito distintas, seja em função do seu tempo de implantação no país e de conseqüente aprendizado, seja

em função das estratégias corporativas mais ou menos concentradas, seja pelo papel desempenhado pelo mercado brasileiro (ampliado pelo Mercosul) nas vendas globais do grupo.

As atividades de P&D demandam pessoal qualificado (o insumo do insumo). Com efeito, quase a metade das pessoas empregadas nesta atividade tem nível superior e 7% tem pós-graduação. Embora a indústria empregasse um número não desprezível de pessoas em P&D – cerca de 41 mil – esse total correspondia a apenas 0,8% do total de empregados. Visto por outro ângulo, as empresas inovadoras com dispêndios em P&D tinham uma equipe média de seis pessoas apenas. O tamanho das equipes e sua qualificação tende a crescer com o tamanho da empresa e tende a ser maior nas empresas transnacionais do que nas nacionais, para todas as faixas de tamanho. No entanto, mesmo nas empresas estrangeiras grandes (com mais de 500 empregados), o número médio de empregados com graduação é 21 e com pós-graduação é inferior a três (ARRUDA e VERMULM, 2004).

Em outras palavras, a dotação de pessoal dedicado a P&D confirma a modéstia do investimento nesta atividade e objetivos pouco ambiciosos. A distribuição setorial do pessoal é similar à dos gastos, cabendo destacar, em termos de emprego médio por empresa, entre as nacionais, os setores de refino de petróleo e de outros materiais de transporte, que refletem a ação da Petrobras e da Embraer e, entre as empresas estrangeiras, os setores automobilístico e eletrônico.

As modificações tecnológicas das duas últimas décadas, notadamente a flexibilização da automação, conferiram maior importância às contribuições feitas no “chão da fábrica”, por operários – ao contrário da automação “taylorista”, onde o operário ideal teria a “inteligência de um boi”, na conhecida expressão de Taylor. Ao mesmo tempo, a implementação de novos produtos e processos pode demandar alterações importantes nas competências dos empregados – por exemplo, o uso de dispositivos micro-eletrônicos na automação, como a adoção do controle numérico em máquinas-ferramenta, modifica muito as qualificações requeridas dos seus operadores (TAUILE, 2001). Como as empresas têm características específicas, a contribuição dos empregados à inovação depende não só do treinamento formal como do conhecimento adquirido no próprio trabalho, ou seja, de sua permanência na empresa. A mesma especificidade torna parte dos empregados um ativo para a empresa e seu pagamento um custo quase-fixo.

A baixa qualificação da mão de obra, a alta rotatividade e a informalidade no emprego são traços estruturais da economia brasileira, agravados durante os anos de “cirurgia” dos processos produtivos da primeira metade dos noventa. Rodriguez, Dahlman e Salmi (2008) apontam para a relação positiva e complementar entre a formação de pessoal e inovação para o aumento da produtividade total dos fatores, vista a primeira como a constituição de capital humano, e enfatizam as deficiências brasileiras neste aspecto. Ao fim da década, as empresas inovadoras, aparentemente sentiam tais deficiências: conforme apontado acima, o treinamento de pessoal constituía o se-

gundo item mais importante para a inovação, embora absorvesse menos de 2% do gasto total com inovação (MACULAN, 2007)<sup>44</sup>. Lamentavelmente, não se dispõem de informações quanto aos destinatários e conteúdo deste treinamento.

No ano 2000, usando a classificação do Projeto Ipea. De Negri, Salerno e Castro (2005) mostram que quase metade do emprego (48%) na indústria brasileira concentrava-se nas empresas fabricantes de produtos padronizados (grupo B), 38% nas empresas pouco ou nada inovadoras (grupo C), respondendo as empresas mais inovadoras pelo restante. No âmbito do mesmo Projeto, Bahia e Arbache (2005) mostram que a escolaridade média e o tempo de permanência no emprego são maiores para os grupos de empresas mais inovativos (crescente de C para A). A causalidade deste fenômeno dificilmente é linear, sendo mais provável que decorra da lógica de constituição de um conjunto de ativos específicos à firma,

### Os resultados da inovação

O patenteamento das inovações é um meio clássico de garantir ao inovador lucros moopolísticos que remunerem o investimento e a incerteza incorridos nesta atividade. O patenteamento no exterior amplia a dimensão do mercado onde tal lucro pode ser auferido. Cabe lembrar, porém, que sua importância como indicador varia de acordo com a possibilidade e conveniência de codificar o conhecimento, características técnicas e de organização de mercado setoriais e aspectos institucionais como o custo, eficiência e eficácia do sistema institucional de direitos da propriedade intelectual.

Luna e Baessa (2005), trabalhando com a base de dados do Inpi de depósitos de patentes no período 1990-2003 (cerca de 256 mil pedidos), mostram que a maioria das empresas brasileiras não solicita patentes, mantendo-se esta percentagem estável. O número de solicitações aumenta entre 1993 e 2001, mas decresce a partir deste ano, voltando em 2003 ao nível de 1998. A desagregação dos pedidos entre patente de invenção, modelo de utilidade e desenho industrial mostra que a participação da primeira categoria declina em favor da última, sugerindo uma redução das atividades mais inovativas.

Tal indício deve ser qualificado pela predominância de pessoas físicas entre os que solicitam patentes – cerca de 70%. No entanto, a comparação econométrica feita pelos autores, comparando a produtividade do trabalho entre empresas industriais que depositam patentes e as que não o fazem, não aponta para diferenças significativas entre os dois grupos.

Trabalhando com cerca de oito mil patentes concedidas pelo Inpi durante o período 1980-1995, Albuquerque (1999), autor que se destaca no estudo de patentes, confirma o papel preponde-

44 Ao relatar os resultados da Pintec seguinte, IBGE(2005) aponta para a dificuldade de mensuração dos gastos com treinamento.

rante de pessoas físicas e aponta que, entre as pessoas jurídicas, raras são as que têm mais de uma patente.

Entre as empresas detentoras de patentes estudadas por Albuquerque (1999), destacam-se as de capital estrangeiro e as de grande porte. No entanto, os dados de depósito de patentes de Luna e Baessa (2005) sugerem que a participação de empresas nacionais tende a crescer no passado recente.

Foge ao escopo deste trabalho discutir o papel das patentes como instrumento de competição, que comporta várias especificidades setoriais, mas cabe assinalar, seguindo Maculan (2005), que, mesmo entre as empresas inovadoras registradas pela Pintec, o patenteamento é baixo - apenas 8% destas empresas solicitaram patentes no período 1998-2000.

Pode-se conjecturar que o baixo patenteamento no Brasil seja devido a problemas de ineficiência institucional – embora as reformas liberais tenham reforçado os direitos de propriedade intelectual a partir da legislação de 1996, a concessão e o “enforcement” desses direitos é dificultado por deficiências do órgão responsável (veja-se LUNA e BAESSA, 2005 sobre este último ponto).

No entanto, o patenteamento de firmas brasileiras nos exterior também é limitado, conforme mostram Albuquerque (2000), Luna e Baessa (2005) e Rodriguez et al. (2008) para o patenteamento nos Estados Unidos e Urraca (2008) para a União Européia, seja na participação no total de patentes (0,081% nos Estados Unidos, em 2000), seja em termos de crescimento, que é menor que o de outros países de industrialização recente como os asiáticos e, mesmo outros da América Latina (ver Seção 3 para mais detalhes).

Em síntese, os dados sobre patentes confirmam, pelo lado dos resultados, o padrão de inovação tecnologicamente restrito revelado pela análise dos tipos de inovação e dos insumos do processo inovativo.

Conforme já foi apontado, desde os anos 1990 havia uma literatura brasileira que apontava o conteúdo tecnológico do comércio exterior como uma das causas da restrição externa que o país tradicionalmente padece. Este fator foi, como também já foi notado, uma das justificativas da PITCE, inclusive da seleção dos seus setores prioritários. Assim, não é surpreendente que haja uma forte ênfase sobre os efeitos da inovação sobre o comércio internacional.

Como vimos acima, a orientação exportadora é apontada por vários estudos como uma das características das empresas inovadoras no Brasil – a explicação seria que o mercado internacional exige maior capacitação tecnológica das empresas brasileiras que nele desejam competir.

O Projeto Ipea incorporou a preocupação com o desempenho exportador desde o início, na forma como as empresas foram categorizadas. De Negri (2005) toma a fragilidade tecnológica das exportações brasileiras como pano de fundo e detalha a relação entre comércio exterior e inovação a partir da base de dados da Pintec. Os dados cobrem cerca de 60% das importações e exportações e têm um duplo viés em relação à estrutura das exportações brasileiras – as *commodities* estão subrepresentadas e os produtos de alta tecnologia sobre-representados.

Na amostra, as empresas do grupo A (que inovam e exportam com preço prêmio) respondem por 29% do total exportado e concentram suas exportações em produtos de alta e média intensidade tecnológica (40% e 38% do seu total), respondendo por mais de 60% das exportações destes tipos de produto. O outro grupo (B), que produz bens padronizados e responde por mais de 70% do total de exportações, concentra-as, como era esperado, em *commodities* (40%) e bens intensivos em trabalho e recursos naturais (16%), respondendo pela maior parte deste tipo de exportação.

Ao mesmo tempo em que tendem a apresentar maiores coeficientes de exportação, as empresas do grupo A também mostram coeficientes de importação mais altos que as empresas do grupo B, notadamente nos produtos de maior intensidade tecnológica. Em conseqüência, a contribuição do grupo A ao saldo comercial total da amostra é de apenas 6,3%.

A autora mostra que, dependendo do tipo de produto, as exportações estão relacionadas a distintas categorias de inovação, refletindo diferenças no padrão de competição. Em produtos intensivos em recursos naturais, em trabalho e de baixa intensidade tecnológica, o desempenho exportador está associado à inovação em processo, ao passo que nas exportações de média intensidade tecnológica, a exportação está associada inovações em processo e produtos. Finalmente, embora os produtos de alta tecnologia sejam exportados principalmente para os mercados dos países desenvolvidos, o desempenho exportador nesses mercados está associado a inovações de processo, o que sugere estarem estes produtos exportados pelo Brasil na fase de maturidade do seu ciclo de vida. Para as *commodities*, que respondem por 40% das exportações brasileiras, não encontra vínculos entre o desempenho exportador e a inovação.

Em conclusão, a análise de De Negri (2005), apesar de evidenciar a existência de um grupo de empresas para as quais a inovação pode ser um importante mecanismo de exportação, não dissipava as preocupações com a inserção internacional da economia brasileira.

O lançamento das **Diretrizes** da PITCE foi precedido por outro documento programático do governo – o **Plano Plurianual de Aplicações** (PPA). Neste, o novo governo propunha uma estratégia de desenvolvimento baseada no consumo de massas. Embora o foco fosse distinto das **Diretrizes**, os resultados do Projeto Ipea permitiam estabelecer um vínculo entre os dois documen-

tos através da constatação de que, nas empresas que mais inovavam (o grupo A), observavam-se não só níveis de produtividade do trabalho maiores que nos outros grupos como também salários médios mais elevados, conforme mostrado em Arbache (2005). Tal vinculação não me parece ter sido feita. No entanto, dado o seu significado, a relação entre salário e inovação merece ser aprofundada por estudos que melhor verifiquem as relações de causalidade entre os fenômenos.

### **A empresa e o sistema nacional de inovações**

Há consenso que a inovação é um processo sistêmico, que tem propriedades “emergentes” e efeitos de sinergia. Este processo é visto na literatura internacional sob vários ângulos – a “hélice tripla” e sistemas nacionais, setoriais e locais de inovação. No Brasil, os enfoques privilegiados foram o nacional e o local<sup>45</sup>. O sistema brasileiro de inovações já foi analisado repetidas vezes - por exemplo, por Viotti (2001), para o início dos anos 1990 e por Cruz e Melo (2006) e Rodriguez et al (2008) para o início desta década (ver Seção 3). Para os sistemas locais, o leitor encontrará um rico material no site do programa RedeSist ([ie.ufrj.br/redesist](http://ie.ufrj.br/redesist)). Aqui, o enfoque é distinto – parte-se do micro, das fontes de informação utilizadas pelas empresas, passando pelos atores responsáveis pela inovação para chegar à cooperação entre as empresas inovadoras e outros atores sociais.

As firmas inovadoras brasileiras têm como principal fonte de informação para a inovação a própria empresa, fenômeno que é consistente com a especificidade dos ativos e do conhecimento empresariais e é verificado em outros países também (CASSIOLATO, BRITTO e VARGAS, 2005). Refletindo o baixo grau de conglomeração da estrutura empresarial no Brasil, outras firmas do mesmo grupo empresarial (co-ligadas) localizadas no país, constituem uma fonte pouco importante de informação (ARAÚJO, 2005). Por sua vez, as diferentes estratégias competitivas e o tipo de inovação a elas associada, afetam a importância relativa das fontes externas de informação. Dada a prevalência de inovações em processo, já observada, os fornecedores de máquinas, equipamentos, materiais, componentes e software constituem a segunda fonte de informação mais importante, notadamente para as empresas que, na classificação do Ipea fabricam produtos padronizados (grupo B), seguida pelos clientes. Já para as firmas que privilegiam a inovação em produtos (grupo A), a posição relativa entre clientes e fornecedores se inverte. Para as demais firmas (grupo C), as duas fontes são aproximadamente equivalentes, com um pequeno domínio dos fornecedores. Ainda dentro da cadeia produtiva, Cassiolato, Britto e Vargas (2005) destacam que, no Brasil, as informações obtidas junto a concorrentes são mais importantes que nos países da União Européia, sugerindo que esta característica pode ser interpretada como um fenômeno de aprendizado por imitação.

45 Embora o conceito de sistema setorial enseje uma abordagem da estrutura nacional, o exercício não foi, ao que eu saiba, realizado. Fica como sugestão.

Entre as fontes de informações obtidas fora da cadeia produtiva, destacam-se feiras e exposições, que constituem um canal de atualização e propiciam o mesmo tipo de aprendizado, especialmente para o importante complexo metal-mecânico, onde a engenharia reversa é mais viável (ERBER, 1979). No extremo oposto, de baixa relevância, situam-se as universidades e institutos de pesquisa, agregados pela Pintec sob a mesma denominação, embora ofereçam informações distintas. Tal atribuição de importância é consistente com o padrão de inovação, cuja baixa intensidade de P&D já foi vista e com a estrutura industrial brasileira, onde predominam setores de tecnologia madura.

Cabe aqui lembrar que, ao longo dos últimos 30 anos, parte substancial da política científica e tecnológica do Brasil buscou estabelecer vínculos mais estreitos entre o “sistema científico” e o “sistema produtivo”, elemento de relevo também na política atual<sup>46</sup>. A análise do tema extrapola o âmbito deste ensaio, mas dois comentários são irresistíveis. O primeiro, simplificando um problema complexo, é que me parece um trabalho de *match-making* que, embora meritório, enfrenta um problema crucial: a falta de disposição de, pelo menos, um dos noivos (o “sistema produtivo”) para o casamento. O segundo é que a precariedade dos vínculos não justifica a posição, frequentemente avançada, que “no Brasil gasta-se demais com a pesquisa feita na universidade”. O que os dados sobre o SNI brasileiro (ver referências na Seção 3) mostram é que o Brasil gasta pouco com a ciência e pouquíssimo com a tecnologia.

Passando às fontes de informações de fora do país, a importância destas é fortemente afetada, como era de se esperar, pela propriedade do capital. Araújo (2005), usando a taxionomia do Projeto Ipea mostra que, para as empresas nacionais, as que inovam produtos (grupo A) usam mais intensamente fontes externas (notadamente feiras e exposições) que as produtoras de bens padronizados (grupo B). As pequenas empresas, pouco inovadoras, pouco utilizam as fontes externas. As observações acima feitas sobre aprendizado pela imitação e especificidades locais não precisam ser reiteradas.

O mesmo autor mostra também que, para as empresas estrangeiras, a principal fonte de informação é uma empresa co-ligada, localizada no exterior. A predominância é maior entre as empresas que diferenciam produtos (grupo A), confirmando a natureza adaptativa (“tropicalização”) das atividades de inovação destas empresas no país. Para as demais empresas, o papel da co-ligada no exterior, reduz-se um pouco, provavelmente devido à padronização dos produtos e às especificidades locais em termos de recursos naturais e cadeia de suprimento e consumo.

Araújo (2005) analisa também os efeitos de “transbordamento” dos gastos em P&D de firmas transnacionais sobre os mesmos gastos das empresas nacionais e conclui que os efeitos positivos

---

46 Ver Bagattolli (2008) e Viotti (2008) para revisões recentes.

são maiores no interior do grupo B do Projeto Ipea, acima descrito, provavelmente por causa da concentração de firmas transnacionais neste grupo (68% das ETN). Dado o peso das ETN na estrutura industrial brasileira, seria de todo conveniente aprofundar o estudo do “transbordamento” (vertical e horizontal) dos seus gastos com inovação. Um estudo restrito, limitado a 30 empresas, sobre a transferência de conhecimentos das filiais a seus fornecedores em 2000, conclui que “a transferência de conhecimentos mostra-se incipiente tanto em diversidade quanto em intensidade, com discreta exceção apenas no que diz respeito a alguns conhecimentos técnicos para o controle de qualidade do item fornecido” (SBRAGIA e PASSOS, 2003, p.13) – resultado que pode servir de provocação para estudos mais abrangentes.

Arbix, Salerno e De Negri (2005a) chamam a “utilização de estabelecimento do grupo empresarial no exterior como fonte principal de inovação” de “internacionalização com foco na inovação”, embora a internacionalização possa ter outras causas. Utilizando os dados do Projeto Ipea, identificam, entre as empresas inovadoras, um grupo de firmas que têm esta característica. Neste conjunto, predominam, como seria de se esperar, as empresas sob controle do capital estrangeiro, mas existe um grupo significativo de empresas de capital nacional ou misto (ver a seguir). Os autores argumentam que as firmas deste conjunto são mais inovadoras que as demais<sup>47</sup>, sugerindo uma relação de causalidade que deveria ser objeto de maior investigação. Não obstante, analisando os gastos em P&D das diversas categorias de firmas, concluem que “a localização dos gastos em P&D guarda íntima relação com a origem do capital, tendendo a se concentrar em matrizes” (*op. cit.* p.413)<sup>48</sup>.

A conclusão citada remete à internacionalização do sistema brasileiro de inovações e aos efeitos que a globalização, mediada por empresas transnacionais, têm sobre a sua dinâmica. Cassiolato e Lastres (2005a), Hirakuta (2005) e Queiroz e Carvalho (2005) apontam que os gastos em P&D feitos por ETN sediadas nos Estados Unidos tornaram-se, no decorrer dos anos 1990, mais internacionalizados, embora em menor proporção que as vendas destas empresas. Focando nos gastos em P&D das subsidiárias destas empresas, a literatura mostra que, no início da década corrente, cerca de 80% dos gastos estava concentrado nos países desenvolvidos – subsidiárias localizadas na União Européia, Japão e Canadá, a “Tríade”. Embora a participação das subsidiárias localizadas em países em desenvolvimento tenha aumentado para 15% em 1999, este aumento deveu-se

47 A mesma visão quanto ao papel muito positivo do investimento externo para a inovação no Brasil encontra-se no estudo do Banco Mundial (RODRIGUEZ et al., 2008).

48 Os autores argumentam ainda que as empresas que se internacionalizam “com foco na inovação” apresentam maior probabilidade de serem exportadoras e que conseguem obter um diferencial positivo de preços nos produtos que exportam, quando comparados a outros exportadores. Apesar deste grupo apresentar maior participação nas importações brasileiras do que nas exportações (ver *op. cit.* Tabela 2), os autores concluem que tal internacionalização “além de promover a inserção externa da firma, torna mais virtuosa sua inserção no comércio internacional, pois aumenta a agregação de valor ao produto exportado” (*op. cit.* p.428).

principalmente aos países asiáticos, notadamente a China e Cingapura<sup>49</sup>. A participação brasileira nesse total (assim como a chinesa) parece fortemente dependente das taxas de crescimento: cai muito entre 1982 e 1989 (de 2,52% para 1,16%), recupera-se em 1994 e 1995 (2%) e cresce até 1998, quando chega a 3%. A partir deste ano, declina até 1,4% em 2002, último ano para o qual os estudos apresentam dados.

Comparando a relação entre gastos em P&D e vendas, as subsidiárias brasileiras apresentam uma intensidade de gastos muito inferior à das subsidiárias localizadas na Tríade, o que seria de se esperar pelo maior desenvolvimento dos mercados e dos sistemas de inovação, como também dos países asiáticos, resultado que é atribuído por Cassiolato e Lastres (2005a), pelo menos em parte, às condicionalidades impostas pelos governos daqueles países à entrada de firmas estrangeiras nos seus mercados.

Em síntese, parece-me, em primeiro lugar, que, embora a participação do investimento estrangeiro no crescimento brasileiro e nas atividades de inovação realizadas no país sejam inequivocamente importantes, confiar-lhe a missão de promover ambos, especialmente baseado exclusivamente em mecanismos de mercado, é uma estratégia de alto risco. Em segundo lugar, os resultados dos estudos acima resenhados sugerem que, sem negar a relevância da inovação para o crescimento, no caso brasileiro, a direção de causalidade mais forte vai do crescimento (e das expectativas a seu respeito) para a inovação – direção que a comparação entre as Pintec, vista a seguir, parece confirmar.

Além do investimento estrangeiro no país, outra forma de contar com um estabelecimento no exterior é o investimento de firmas brasileiras em outros países. Conforme mencionado acima, Arbix, Salerno e De Negri (2005a) incluem no conjunto de empresas cuja internacionalização tem “foco na inovação” um grupo de empresas sob controle nacional ou misto. Este grupo, porém, apresenta taxas de inovação e de intensidade de gastos em P&D inferiores aos grupos do mesmo conjunto sob controle estrangeiro e ao grupo de empresas nacionais que usam outra empresa do mesmo grupo, localizada no Brasil, como principal fonte de inovação. Em outro trabalho, Arbix, Salerno e De Negri (2005b), os autores identificam um grupo de cerca de 300 empresas brasileiras, em média de grande porte, que realizam ID no exterior e que respondem por cerca de um quarto do faturamento da indústria brasileira e 36% das exportações no ano 2000, e argumentam que a inovação tecnológica de produto novo para o mercado é positiva e fortemente correlacionada com a realização de investimento direto no exterior. Em conclusão, recomendam a internacionalização, via ID, das empresas nacionais. Seria de todo conveniente que o caminho aberto por esses estudos fosse seguido por outras pesquisas, que aprofundassem o en-

---

49 A China apresenta uma evolução notável: em 1990 sua participação era nula, em 1994, 0,1% mas em 2002, atinge 3,1% dos gastos em P&D das subsidiárias.

tendimento da inserção das filiais brasileiras nos sistemas de inovação externos e a transferência de conhecimentos destes sistemas para o brasileiro.

A análise do ator responsável pela principal inovação da empresa complementa a das fontes de informação. Para as inovações em produto, são as próprias empresas inovadoras, para as inovações em processo são “outras empresas”, não-coligadas, presumivelmente os fornecedores de bens de capital, auxiliados por firmas de consultoria. Entre os grupos do Projeto Ipea, o grupo A distingue-se pela maior participação da empresa inovadora e suas co-ligadas na introdução de inovações, tanto em produto como em processo (DE NEGRI, SALERNO, CASTRO, 2005). As empresas transnacionais se diferenciam das domésticas pelo papel preponderante de empresas co-ligadas no desenvolvimento das principais inovações (ARAÚJO, 2005), corroborando a análise das fontes de informação.

Os dados expostos anteriormente apontam para uma baixa interação sistêmica. A cooperação visando a inovação é detalhada por Cassiolato, Britto e Vargas (2005), também usando os dados do Projeto Ipea. Estes, conforme destacado pelos autores, não captam acordos informais de cooperação, especialmente importantes no âmbito de sistemas locais de inovação e não especificam o objetivo dos projetos de cooperação, cujo impacto sobre a capacidade de inovar e seus resultados pode ser muito distinto.

Com estas ressalvas, os autores apontam que pouco mais de 10% das empresas inovadoras participaram de arranjos cooperativos para inovar e que os gastos mais associados à cooperação (aquisição de P&D e de outros conhecimentos) respondem por 8% do total das despesas com inovação.

As empresas que participam destes arranjos tendem a ser de maior porte, ter maior intensidade de gastos em P&D, maior escolaridade dos seus empregados, exportar mais e também importar mais. Entre os grupos de empresas do Projeto Ipea, são as empresas que diferenciam produtos (grupo A) as que mais participam de arranjos cooperativos. Conforme apontam os autores, “o envolvimento com arranjos cooperativos tende a ser uma prática mais comum entre empresas vinculadas a atividades de maior conteúdo tecnológico” (*ibid.* p.555). No entanto, dentro do universo dos arranjos cooperativos, reproduz-se a estrutura antes observada – os principais parceiros das empresas inovadoras são, em ordem decrescente, empresas co-ligadas, fornecedores e clientes. Universidades e institutos de pesquisa são julgados importantes por apenas 13% das empresas que participam de arranjos cooperativos.

Assim, parece pertinente a observação dos autores de que “há sérios indícios de que essa cooperação raramente envolve atividades de maior conteúdo (ou ‘densidade’) tecnológico – como a realização de atividades conjuntas de P&D – ficando restrita a atividades de menor densidade,

como o intercâmbio de informações, a prestação pontual de serviços tecnológicos e a realização de treinamento” (*ibid.* p.542).

Em síntese, no início da atual década, temos um Sistema Industrial de Inovações cujo principal eixo de articulação são as cadeias produtivas (vide a importância de fornecedores e clientes). Tal característica sugere a oportunidade de realizar estudos seguindo esta dimensão, que não é bem captada nem pela base de dados da Pintec, nem por estudos setoriais estrito sensu. Este Sistema de Inovações está fortemente direcionado à absorção de tecnologias já existentes, especialmente do exterior. Embora hajam benefícios inegáveis nesta absorção, enfatizados por vários autores acima vistos, ela não equivale à capacidade de inovar “para o mercado”.

Ao estudar o sistema nacional de inovações brasileiro em meados da década de 1990, Viotti (2001) o caracterizou como um sistema em que predominavam inovações incrementais associadas às atividades de produção e o aprendizado seguia as linhas de menor esforço – um “sistema de aprendizado passivo”. Em 2000, o mesmo autor apontava que é “relativamente pobre o dinamismo do processo de inovação da indústria brasileira” e que “o aprendizado passivo parece ser dominante entre as empresas industriais brasileira (VIOTTI, BAESSA e KELLER, 2005, p.684).

Ao mesmo era alvissareiro constatar que havia no Brasil um grupo empresas capaz de inovar para o mercado e exportar com preços-prêmio. Embora reduzido em número, este grupo (A do Projeto Ipea) respondia por parcela importante do faturamento e do emprego industrial. Essas firmas, argumentavam De Negri, Salerno e Castro (2005), eram empresas que lideravam os seus mercados em termos de participação de vendas. A questão era se essa liderança se traduziria em termos tecnológicos, modificando as estratégias das outras empresas. Os estudos disponíveis não respondem a esta questão.

### **A Pintec 2003 – o ajuste defensivo**

A segunda Pintec, cobrindo o período 2001-2003, com dados quantitativos do último ano, recebeu muito menos atenção que a sua antecessora. A apresentação abaixo está baseada em IBGE (2005) e Arruda, Vermulm e Hollanda (2006) e, dado o curto período de tempo que separa as duas pesquisas, sem que ocorressem transformações estruturais que alterassem os parâmetros da inovação no Brasil, vistos na seção anterior, a exposição concentra-se nas alterações entre as duas pesquisas.

Dois fatores externos afetam fortemente os dados registrados. De um lado, a turbulência econômica e política do período, que parte do atentado às Torres Gêmeas em Nova Iorque e da crise de energia aqui, passa pela forte instabilidade econômica e financeira do semestre que precede a transição de governo e culmina com a adoção, em 2003, de um regime macro-econômico que,

na classificação de Coutinho (2005), seria visto como “maligno” para a inovação. Enquanto em 2000 o PIB cresceu 4,4% e a indústria 4,8%, em 2003 as taxas foram muito baixas (1,1% e 1,3%, respectivamente)<sup>50</sup>, com a taxa de formação bruta de capital fixo caindo mais de 5% em relação a 2002 (IBGE, 2006).

De outro lado, o universo da Pintec – as empresas industriais com 10 ou mais pessoas ocupadas – cresceu: de 72 mil, em 2000, para 84,3 mil em 2003. Esta ampliação deu-se principalmente na base da pirâmide, provavelmente fomentada por mudanças institucionais, como o “Simples”, que estimularam a formalização das pequenas empresas.

Conforme veremos a seguir, em mais detalhe, o primeiro fator levou a uma queda da taxa de inovação, o segundo à sua elevação, mas dentro das características que o processo de inovação assume entre as pequenas empresas.

Com efeito, a taxa de inovação agregada da indústria sobe entre as duas pesquisas – passando de 31,5% para 33,3%, mas este fenômeno deve-se, exclusivamente às empresas que têm entre 10 e 49 pessoas ocupadas (onde passa de 26,6% para 31,1%). Em todas as demais faixas, a taxa de inovação cai. Note-se que a vinculação entre, de um lado, tamanho e, de outro, grau de novidade, intensidade de gastos, desenvolvimento de atividades mais complexas como P&D e engajamento em atividades cooperativas, se mantém.

Cai também o dispêndio em inovação como percentual da receita líquida de vendas (de 3,8% para 2,5%) No dispêndio efetuado, aumenta a parcela destinada a máquinas e equipamentos, que, mesmo assim cai 35% em termos reais, e reduz-se a parcela destinada a P&D. As atividades ocasionais de P&D, que são mais fáceis de eliminar, sofrem um corte especialmente drástico. Assim, o número de empresas que realiza este tipo de atividade cai de 7,4 mil em 2000 para 4,9 mil em 2003, mas o percentual destas que faz P&D contínua sobe de 43% para 49%. O número de pessoas ocupadas integralmente nesta atividade sobe ligeiramente, de 31,4 mil para 32,6 mil, ao passo que as que se ocupavam parcialmente caem de 33 mil para 19,4 mil, o que sugere um processo de consolidação de um “núcleo duro” de empresas inovadoras. O aumento da qualificação do pessoal restante empregado em P&D parece confirmar esta sugestão: os que têm nível superior (graduação e pós) passam de 48,5% do total para 56,6%.

Em todas as faixas de tamanho de empresas, cai a participação de inovações para o mercado, seja em produto que em processo – o processo de inovação torna-se menos agressivo e arriscado, concentrado na absorção de conhecimento já existente.

---

50 As taxas de crescimento citadas são as apresentadas em IBGE (2007), após revisão.

A menor novidade – e a menor disposição de correr riscos a ela associada – provavelmente explica o agravamento de uma tendência já observada na pesquisa anterior: a centralização das atividades de inovação de produto na própria empresa e a delegação a outras empresas das inovações de processo, fenômenos observados em todas as faixas de tamanho. As principais fontes de informação utilizadas continuam sendo as outras áreas da empresa, fornecedores e clientes, embora todas com menor intensidade. Cresce, porém, a importância de redes de informações informatizadas, refletindo a difusão das tecnologias de informação e comunicação.

Os mesmos fatores provavelmente explicam a brusca queda na participação em arranjos cooperativos – o número de empresas que destes participa cai de cerca de 2,5 mil (11%) para apenas mil (3,8%). No entanto, nas firmas grandes (com 500 ou mais pessoas ocupadas) – e apenas nestas – cresce a percentagem das que participam em arranjos (de 37,8% para 40,3%), o que parece confirmar a tendência à consolidação acima apontada.

Setorialmente, há uma queda generalizada nas taxas de inovação, que vai dos produtos intermediários (metalurgia e química) aos bens de consumo durável (especialmente o setor automotriz) e aos bens de capital, mecânicos e elétricos, atestando a influência do nível de atividade econômica. As exceções estão localizadas em alguns setores de intensidade tecnológica (gastos em P&D sobre receita líquida de vendas) abaixo da média, como vestuário e artefatos de couro – possivelmente refletindo o peso de pequenas empresas, em parte do complexo eletrônico (equipamentos de informática e eletrônicos básicos), onde a intensidade tecnológica é acima da média, e em “outros equipamentos de transporte”, onde provavelmente pesa a influência da Embraer, cujo mercado é internacional.

Para concluir, comparando os resultados esperados pelas empresas do processo de inovação entre os dois períodos, nota-se que a hierarquia (melhoria na qualidade do produto, manutenção da participação no mercado, ampliação desta participação aumento da capacidade de produção e maior flexibilidade nesta) não muda, mas a frequência com que estas respostas são dadas diminui. Aparentemente, as empresas inovadoras mantiveram os mesmos objetivos essencialmente defensivos que tinham antes, mas tornaram-se mais pessimistas em relação aos seus resultados.

Dentro deste quadro, destaca-se o estudo de Tironi e Cruz (2008) pela sua ênfase no grau de novidade da inovação. Os autores sugerem que a inovação de maior grau de novidade é mais intensiva quanto à absorção de serviços de ativos intangíveis (por exemplo, P&D) e oferece maior incerteza tecnológica e comercial para o retorno do investimento – o que aponta para a importância do contexto macro e setorial, já mencionada. Do lado dos efeitos da inovação sobre a PTF, a análise econométrica que fazem confirma a hipótese que a inovação afeta a produtividade, mas de forma diferenciada em intensidade, segundo o grau de novidade, e em termos de *timing*, com as inovações em produto atuando mais imediatamente que as de processo. Finalmente, o

estudo adverte quanto ao uso de dados de insumos, mostrando que os efeitos da inovação sobre a produtividade só ocorrem quando a inovação é implementada.

#### 4.6. 2003-2005 - A Pintec 2005

A terceira edição da Pintec, cujo período de referência vai de 2003 a 2005, com dados quantitativos para o último ano, incluiu informações sobre os serviços de telecomunicações (393 empresas), informática (3,8 mil empresas) e de pesquisa e desenvolvimento (42 empresas)<sup>51</sup>. Embora tais empresas sejam relevantes para o desenvolvimento da inovação no Brasil – mercedoras de um estudo específico – a análise a seguir concentra-se nas empresas industriais. O universo destas foi mais uma vez ampliado, passando a abranger 91 mil empresas em 2005 (em comparação com 84,3 mil em 2003 e 72 mil em 2000). Cerca de 80% destas tem entre 10 e 49 empregados.

À diferença do período anterior (2001-2003) aquele coberto pela terceira Pintec foi de crescimento, embora instável: após as baixas taxas verificadas em 2003, no ano seguinte o PIB cresceu 5,7%, a indústria 7,9% e a formação bruta de capital fixo 9,1%. Apesar da política monetária restritiva adotada pelo Banco Central no terceiro trimestre de 2004, temeroso que o crescimento provocasse a inflação, abrandada apenas um ano depois, o PIB, a indústria e a formação bruta de capital fixo cresceram, respectivamente, 2,9%, 2,2% e 3,6% em 2005. As exportações, notadamente de *commodities* e bens padronizados, como placas de aço e celulose, aumentaram mais de 15% em 2004 e mais de 10% em 2005, taxas de crescimento superiores às das importações (IBGE, 2007). O câmbio valorizado somava-se às altas taxas de juros para atrair investidores estrangeiros e a subida dos preços dos principais bens exportados compensava a valorização do câmbio.

Neste cenário macro-econômico mais favorável, praticamente quase todos os indicadores de inovação reagiram de forma positiva, apresentando valores superiores aos vistos na Pintec anterior (2001-2003). Embora os valores da Pintec 2003-2005 sejam inferiores aos apurados na primeira Pesquisa (1998-2000), este fenômeno parece ser atribuível ao aprendizado na apuração de informações. A seguir, são apontadas algumas comparações, baseadas em IBGE (2005 e 2007)

Mais da metade das empresas pesquisadas na Pintec-2005 (55%) estava concentrada em cinco setores de baixa intensidade tecnológica (produtos alimentícios e bebidas, vestuário e acessórios, fabricação de produtos de minerais não metálicos, fabricação de produtos de metal e fabricação de móveis). Nestes setores, as empresas não inovadoras respondiam por mais de dois terços do total de empresas do segmento.

---

51 O setor de P&D é composto por instituições da administração pública e, principalmente por entidades sem fim lucrativo. Grande parte destas instituições produz serviços especializados em conhecimento, direcionados principalmente para as áreas de energia, agricultura, medicamentos e TIC, para o governo e o setor privado.

A taxa de inovação geral da indústria brasileira mantém-se no mesmo patamar anterior (passa de 33,3% para 33,4%), superior à de 1998-2000. A estabilidade camufla, porém, movimentos diversos, por faixas de tamanho. Comparado com o período anterior, a taxa de inovação cai entre as empresas menores (com 10 a 49 pessoas empregadas) e sobe nas demais faixas. Em todas as faixas, menos a de empresas com entre 50 a 99 empregados, a taxa de inovação é superior à de 1998-2000. Esta exceção mereceria um estudo mais detalhado.

Observado o grau de novidade, a introdução de produtos e processo novos para o mercado eleva-se entre a segunda e a terceira Pintec, mas, nesta última, é inferior à primeira, em todas as faixas de tamanho de empresa.

Quadro semelhante emerge da análise dos gastos para inovação como percentagem da receita líquida de vendas, que aumentam entre 2005 (2,77%) e 2003 (2,46%), mas permanecem abaixo do nível de 2000 (3,84%). A decomposição desses gastos segundo as principais rubricas (máquinas e equipamentos, P&D interno, projeto industrial e outras preparações técnicas, etc.) apresenta o mesmo padrão temporal.

A intensidade de gastos em P&D em 2005 é de 0,57% da receita líquida de vendas, um pouco superior à de 2003 (0,53%), mas inferior à de 2000 (0,64%). O número de empresas que realiza P&D mantém-se praticamente o mesmo que na Pesquisa anterior (passa de 4,9 mil para cinco mil), mas, seguindo a tendência já observada, aumenta a percentagem daquelas que fazem P&D continuamente – de 43% em 2000, para 49% em 2003 e 55% em 2005. A realização deste tipo de atividade continuamente é feita em 2750 empresas em 2005, contra 2410 em 2003 e 3174 em 2000. Da mesma forma, continua a elevar-se a qualificação das equipes de P&D, com o incremento no número de pessoas com formação superior (graduação e pós) e na sua participação no total de pessoal ocupado nesta atividade.

Refletindo a retomada das atividades de inovação e sua maior complexidade, em comparação com o período imediatamente anterior, o número de empresas que participa de arranjos comparativos praticamente dobra (passa de mil para 2,1 mil), embora permaneça abaixo do número de 2000 (2,5 mil) e substancialmente inferior em termos de percentagem de empresas inovadoras (11% em 1998-2000, 3,2% em 2001-2003 e 7,2% em 2003-2005). Nestas parcerias, verifica-se um aumento da importância das relações dentro da cadeia (fornecedores e clientes), mas também de instituições que pertencem ao sistema científico e tecnológico, notadamente universidades e institutos de pesquisa, e educacional, como centros de capacitação profissional e assistência técnica. Estes dois tipos de instituições vêm crescendo de importância ao longo de todo o período estudado, sugerindo que as tênues malhas do sistema nacional de inovações podem estar se estreitando. Do outro lado, nota-se uma inexplicada queda de importância da cooperação com outras empresas do mesmo grupo.

Para concluir a comparação, as principais conseqüências positivas esperadas pelas empresas da atividade de inovação, são as mesmas nas três pesquisas – melhoria da qualidade dos produtos, manutenção da participação no mercado, ampliação desta participação, aumento da capacidade produtiva e flexibilidade da produção. No entanto, a frequência dada a estas respostas é maior em 2003-2005 do que em 2001-2003, mas ainda inferior à de 1998-2000. Em outras palavras, se o otimismo melhorou no último período em relação ao precedente, não voltou aos níveis iniciais.

Em síntese, apesar da melhoria do quadro macroeconômico, que leva a um aumento das atividades de inovação e da sua complexidade, em comparação com o conturbado ambiente de 2001-2003, estas permanecem em patamares inferiores aos verificados no período 1998-2000.

O papel dos fatores macro pode ser aprofundado pelo exame dos obstáculos à inovação apontados pelas empresas.

Olhando, inicialmente, para as empresas que não inovam (grandes esquecidas nos estudos sobre inovação), que constituem 64% das empresas industriais em 2005, verifica-se que estas apontam as “condições de mercado” como principal fator impeditivo e que a relevância deste fator cresce nas três pesquisas: respectivamente, 55,6%, 65,4% e 70,1%.

Entre as empresas inovadoras, destacam-se também os obstáculos derivados dos “riscos econômicos excessivos”, cuja evolução pouco se altera ao longo das três pesquisas (são apontados, respectivamente, por 76,4%, 74,5% e 74,7% das empresas, em ordem cronológica). É possível que a queda entre a primeira e a segunda pesquisa deva-se à menor complexidade e novidade das inovações que se observa na segunda. A estabilidade entre as duas últimas, ou seja, a percepção de risco da inovação, merece estudos mais detalhados.

Os riscos econômicos só são superados em frequência de respostas pelos “elevados custos da inovação”, cuja importância, porém, apresenta uma tendência levemente declinante – 82,8% das empresas os destacam em 1998-2000, passando 79,7% no período seguinte e chegando a 76,7% em 2003-2005. Embora faltem estudos mais detalhados, a composição dos gastos em inovação sugere que o custo de máquinas e equipamentos tenha um papel relevante nesta avaliação. As empresas financiam o gasto com inovação principalmente com recursos próprios e vêm a “escassez de fontes de financiamento” – uma característica sistêmica – como o terceiro maior obstáculo a essa atividade, cuja importância declina entre as duas primeiras pesquisas pelas razões acima apontadas, mas volta a subir na terceira (62,1%, 56,6% e 58,5% das empresas), acompanhando o aumento do gasto e da complexidade da inovação.

Em contrapartida, notam-se melhorias em dois outros aspectos sistêmicos, cuja importância diminui na comparação entre a primeira e a última pesquisa – a falta de pessoal qualificado (cujo

emprego aumenta, como vimos) e a falta de informação sobre tecnologia, minorada, provavelmente, pela difusão das TIC.

Conforme mostram Pires-Alves e Rocha (2008), com base nos dados da última Pintec, os obstáculos acima vistos diminuem com o tamanho da empresa, especialmente os relativos à falta de fontes de financiamento, o que é explicável pelo seu maior acesso ao sistema de crédito, em geral, e, especialmente ao crédito de entidades públicas como o BNDES e a Finep.

Testando a “hipótese schumpeteriana” de uma relação positiva entre tamanho, inovação e realização de atividades de P&D, o mesmo estudo aponta que esta relação é muito mais forte no segundo caso do que no primeiro. Usando a classificação de setores de Pavitt, os autores indicam que a relevância do tamanho aumenta quando controlada por setores, exceto no caso dos setores intensivos em produção – fornecedores especializados de equipamentos e intensivos em escala. Sugerem que esta exceção pode ser explicada pela relativa maturidade e orientação para exportação destes setores e pela presença de firmas médias que produzem equipamentos e que, para tanto, precisam realizar atividades de P&D.

Grynspan (2007) também chega a conclusões semelhantes, confirmando com os dados da Pintec 2005 que a taxa de inovação, a realização de atividades de P&D, o volume de gastos nesta atividade e sua intensidade em relação à receita de vendas, crescem com o tamanho da empresa. Comparando, porém, os resultados de 2000 com os de 2005, o autor mostra que o número de empresas com P&D interno aumenta mais entre as pequenas do que nas grandes, o que seria esperado, dada a relativa estabilidade do estrato superior da distribuição. No mesmo período, o volume de gastos em P&D das grandes empresas aumenta, proporcionalmente, mais do que nas médias, mas menos que nas pequenas, que, tradicionalmente, pouco investem nesta atividade. Mesmo com esse modesto *catch-up*, a intensidade de gastos médios por empresa aumenta na mesma proporção (80%) entre pequenas e grandes empresas e a metade disto entre as médias empresas.

Do ponto de vista setorial, Grynspan (2007) separa dos demais os setores de alta e média-alta intensidade tecnológica, segundo a classificação da OCDE, aos quais agrega o refino de petróleo, em função da atuação da Petrobrás, e mostra que, apesar da receita líquida de vendas dos dois grupos ser aproximadamente a mesma, as empresas do primeiro grupo investem em P&D, em média, três vezes mais que as outras, que sua intensidade de P&D é quase cinco vezes maior, mesma ordem de grandeza encontrada na participação de empresas que desenvolvem atividades de P&D. Estima, pois, que um aumento de 20% no investimento em P&D do primeiro grupo equivale a dobrar o mesmo investimento do segundo grupo. Quanto ao pessoal empregado em P&D com nível de pós-graduação, mais de 90% estaria empregado no primeiro grupo.

Quanto ao uso das instituições de ciência e tecnologia (ICT), Grynspan (2007) mostra que este, embora baixo, é mais intenso nos setores menos intensivos em tecnologia, sugerindo que as empresas destes setores estariam substituindo esforços internos de P&D por projetos cooperativos com as ICT, hipótese que demanda maior comprovação.

A um nível mais desagregado, o mesmo autor identifica nos setores mais intensivos as atividades de “excelência” e “carentes”, segundo vários indicadores<sup>52</sup>. No primeiro grupo, emerge um “cluster”, formado, principalmente, por atividades do complexo eletrônico (equipamentos de informática, de comunicação e instrumentação médico-hospitalar), pela fabricação de automóveis e de outros equipamentos de transporte e pela indústria de refino, refletindo as duas últimas ações da Petrobrás e Embraer. No segundo grupo, o cluster é composto, principalmente, pela fabricação de máquinas e equipamentos, equipamento elétrico, autopeças, farmacêutico e produtos químicos, classificação bastante próxima à apresentada por Dahlman e Frischtak (2005) para o início da década (ver Seção 3).

Quanto à diferenciação pela origem do capital, tema, como vimos, muito discutido nas análises das pesquisas anteriores, notadamente da primeira Pintec, Grynspan (2007) não utiliza os dados da Pintec 2005, fazendo referência ao estudo de Arruda, Vermulm e Hollanda (2006), que usa as informações da segunda Pintec. Neste último estudo, os autores reiteravam as diferenças, observadas na sua análise da primeira Pintec (ARRUDA e VERMULM, 2004), entre as firmas estrangeiras e nacionais, mas atribuíam maior peso na explicação destas diferenças ao porte e localização setorial das empresas do que, especificamente à propriedade do capital. A mesma avaliação emana dos estudos econométricos de Pires-Alves e Rocha (2008), com dados da última Pintec, em que os autores concluem que a maior intensidade de gastos em P&D das firmas multinacionais seria bem explicada pelo seu tamanho e inserção setorial.

Em Arruda, Vermulm e Hollanda (2006) sugere-se, com base na segunda Pintec, que a inovação estaria associada a estruturas de mercado mais concentradas. Esta segunda “hipótese schumpeteriana” é discutida em detalhe por Pires-Alves e Rocha (2008), com os dados da última Pintec. Os autores mostram que, nos setores mais concentrados, é maior a probabilidade das firmas se engajarem em atividades de P&D, e a apresentar maior intensidade deste tipo de gasto, embora a influência da concentração seja declinante para níveis muito altos desta variável, acima dos níveis normalmente observados na indústria brasileira.

Conforme já apontado, os dados das várias Pintec indicam a presença de um “núcleo duro” de empresas industriais que realizam P&D de forma contínua e, aparentemente, tendem a empre-

---

52 Taxa de inovação, inovação em produto para o mercado, percentual de empresas inovadoras com P&D interno, investimento em P&D interno por empresa inovadora, pessoas ocupadas em P&D por mil empregados e pessoas com pós-graduação por mil empregados

gar pessoal mais qualificado nestas atividades, muito embora a natureza dos dados não permita saber se e como a composição deste grupo varia ao longo dos anos.

De Negri, Lemos, Ruiz e De Negri (2008) estudam as características de um grupo de empresas “líderes” na indústria brasileira com os dados da última Pintec, dando seguimento à estratégia de pesquisas do Projeto Ipea.

O universo pesquisado é o das empresas com 30 ou mais pessoas ocupadas – 30.716 firmas – cerca de um terço das empresas da Pintec. Tal universo é dividido em quatro grupos:

**Empresas líderes:** 1) Inovadora de produto novo para o mercado e que exporta com preço prêmio<sup>53</sup> ou, 2) Inovadora de processo novo para o mercado, exportadora e de menor (quartil inferior) relação custo/faturamento no seu setor industrial (Grupo CNAE – 3 dígitos) – 1114 empresas. Cabe notar que este número é quase idêntico ao de empresas que inovam em produto para o mercado e exportam com preço prêmio, identificadas no decorrer do Projeto Ipea através da Pintec 2000 – 1199 (grupo A). No entanto, os autores não comparam os dois grupos de empresas;

**Empresas seguidoras:** 1) demais exportadoras não líderes ou, 2) empresas que tem produtividade (valor da transformação industrial por trabalhador) igual ou superior às exportadoras não líderes no seu setor industrial (Grupo CNAE – 3 dígitos) – 10.105 empresas;

**Empresas emergentes:** empresas não classificadas como líderes e seguidoras, logo não exportadoras, mas que investem continuamente em P&D ou inovam produto novo para o mercado mundial ou possuem laboratórios de P&D (departamentos de P&D e que tem mestres/doutores ocupados em P&D) – 469 empresas;

**Empresas frágeis:** demais firmas – 20.028 empresas.

Duas características do conceito de liderança adotado devem ser destacadas. A primeira é que a inovação e o desempenho exportador são atributos *a priori* das empresas líderes. A segunda é que a liderança é definida em termos de atividade econômica – CNAE a 3 dígitos. Como os autores mostram que as empresas líderes são muito maiores que as outras, a característica inicial postula a questão de causalidade – inovam porque são grandes ou são grandes porque inovam? Exportam porque inovam ou inovam porque exportam? A segunda característica sugere que seria útil contar com informações sobre o peso das empresas líderes nos setores em que atuam, para ter uma primeira aproximação da sua possível influência sobre as estratégias das demais e para aprofundar a compreensão da importância da concentração sobre a inovação, conforme discutido em Pires-Alves e Rocha (2008). No entanto, a única informação desagregada, por gru-

53 O preço prêmio foi calculado da mesma forma que no Projeto Ipea. Ver De Negri et al. (2005)

pos de setores da CNAE 3 dígitos, diz respeito ao número de empresas de cada categoria<sup>54</sup>. O número de empresas líderes por grupo de setores varia muito – de 140 no “complexo agroindustrial” a 3 na construção, montagem e reparação de aeronaves – e sua participação no total de empresas do grupo também – de 1,3% no “complexo couros e calçados” até 14,2% no “complexo da saúde”<sup>55</sup>.

No universo pesquisado, as empresas líderes respondem por 43,3% do faturamento e 21% do emprego, percentuais muito superiores aos das empresas do grupo A do Projeto Ipea, o que talvez seja explicado pela exclusão de dois terços das empresas industriais.

Tratando os quatro grupos como se fossem homogêneos, os autores mostram que, em média, as firmas líderes de 2005 apresentam as mesmas características das empresas do grupo A do Projeto Ipea, já vistas. Seu tamanho é maior e seu desempenho, em termos de produtividade e exportação é superior. Nota-se, porém uma diferença importante: enquanto em 2000 as firmas do grupo A tinham coeficientes de importação superiores aos de exportação, as firmas líderes de 2005 apresentam a situação inversa. Pode-se conjecturar que este fenômeno seja atribuível ao forte crescimento da demanda internacional por produtos onde há uma grande presença de empresas líderes, como é o caso do complexo agro-industrial, em que constam 140 destas empresas (13% do total), mas é um tema que mereceria ser aprofundado.

Um aspecto importante (e que não era discutido anteriormente) é o da lucratividade. Medida pelas relações lucro/VTI e lucro/faturamento, a lucratividade das empresas líderes (35,6% e 14,9%) é muito superior à das outras categorias e à média (29,5% e 10,8%)<sup>56</sup>, outro tema que merece ser aprofundado.

Quanto às atividades inovativas, os autores estimam que as firmas líderes respondem por dois terços do investimento industrial total em P&D. A distribuição de gastos com inovação feitos por essas firmas se distinguem dos gastos feitos pelas demais por apresentarem, proporcionalmente, menor alocação para máquinas e equipamentos e maior para P&D. Mais da metade destas empresas realiza atividades contínuas de P&D e 27% tinham um departamento de P&D com mestres e doutores nele trabalhando em dedicação exclusiva. Em consequência, enquanto a intensidade de P&D na indústria brasileira é 0,57% e a do universo pesquisado é de 0,61%, as firmas líderes apresentam uma intensidade de 0,94%. Embora de forma limitada (8,8% das empresas) as líderes cooperam mais com universidades e institutos de pesquisa que as demais empresas. A mão de obra empregada pelas líderes tem maior escolaridade e mais tempo de emprego que seu correspondente nos demais grupos e apresenta maior produtividade.

54 Cabe lembrar que as empresas com menos de 30 pessoas ocupadas foram excluídas do universo pesquisado.

55 Minhas contas, segundo a Tabela 3 do trabalho citado.

56 Minhas estimativas, usando as Tabelas 4 e 6 do mesmo trabalho.

A quase totalidade das empresas líderes (88%) introduz produtos novos para o mercado nacional e 15% para o mercado mundial. Para processos, as percentagens respectivas são 31% e 9%. Ou seja, na indústria brasileira, o padrão de inovação das firmas líderes parece se distinguir pela ênfase na inovação em produto. Para um melhor entendimento desta diferença e para melhor compreender a competitividade internacional brasileira, seria interessante saber em que setores se dá a introdução de produtos novos, especialmente os que consistem em novidade para o mercado mundial, mas o estudo não discute este aspecto, que merece detalhamento.

Entre as empresas líderes, um terço é de firmas estrangeiras. Estas apresentam, em média, uma intensidade de P&D semelhante à das líderes nacionais, embora respondam por quase a metade dos gastos totais em P&D do conjunto das líderes. Sua cooperação com universidades e institutos de pesquisa (18,9% das empresas) é bastante superior à das nacionais (12%). Uma vez mais, seria interessante, para subsidiar as controvérsias sobre o papel do capital estrangeiro na inovação e na competitividade internacional da economia brasileira, conhecer a participação das empresas líderes estrangeiras no lançamento de produtos e processos novos, especialmente os que constituem novidade no mercado mundial.

Ao mesmo tempo em que refina o conhecimento das características e desempenho do “núcleo” de empresas inovadoras no Brasil, confirmando a relevância do tamanho e da presença de firmas estrangeiras neste núcleo, o estudo de De Negri et al. (2008) aponta para o fenômeno das empresas “emergentes”, muito menos estudado na literatura. Embora em número reduzido (469) e de porte médio (149 empregados, em média), três quartos das empresas emergentes fazem P&D contínuo e destinam ao P&D interno um percentual dos gastos com inovação superior ao da média do universo considerado. A quase totalidade delas (97%) é inovadora e uma parcela importante introduz novidades em produtos para o mercado nacional (31%) e até para o mercado mundial (11% das empresas). Seu desempenho em termos de processos novos para o mercado é inferior – 5% das empresas e ignora-se se introduziram inovações de processo para este último mercado. Ou seja, *mutatis mutandis*, as empresas emergentes apresentam um padrão de inovação semelhante ao acima observado para as líderes, despertando as mesmas indagações.

Para concluir, De Negri et al.(2008) confirmam, para o seu universo, que os gastos com P&D são cobertos quase totalmente (cerca de 90%) pelas próprias empresas. No entanto, para as empresas emergentes o aporte de recursos públicos (10% do total), é superior ao que é recebido pelas empresas líderes (6%).

## 5. Possíveis desdobramentos

O/A leitor/a que tiver feito o (árduo) percurso das seções anteriores encontrou no seu transcorrer diversas sugestões de temas que me pareceram insuficientemente tratados ou de todo omitidos. Meu propósito, aqui, é apontar algumas linhas de indagação amplas, que possam motivar futuras pesquisas, exploradas segundo o gosto de cada um/a. Vistas sob outro ângulo, são indagações que refletem as perplexidades do autor, que, outros/as, talvez não compartilhem.

Olhando a literatura de uma perspectiva histórica, dimensão singularmente ausente nos estudos recentes sobre inovação<sup>57</sup>, é recorrente a constatação de que, no Brasil, investe-se pouco em P&D, o aprendizado é “passivo”, as inovações são “defensivas”, o sistema de inovações fragmentado e “imaturado”. As comparações internacionais confirmam, com riqueza de detalhes, este padrão, que pouco se modifica ao longo do tempo. Segundo a hipótese que avançamos acima, de que o investimento em inovação integra o portfólio de investimentos das empresas, as baixas taxas de crescimento e investimento que prevaleceram ao longo do período explicam, em boa medida, pelo lado das empresas, tal padrão de gastos em inovação e a busca reduzida de conhecimento junto aos demais componentes do sistema nacional de inovações. Acresce a isto o papel importante que desempenha a importação de tecnologia no processo de inovações no Brasil.

Ao mesmo tempo, constata-se a existência de inovações mais radicais em algumas atividades, notadamente ligadas a recursos naturais, conduzidas um grupo de empresas bastante inovadoras, algumas de “excelência” internacional. Ou seja, reafirma-se a heterogeneidade do tecido industrial, tantas vezes enfatizada pelos antigos desenvolvimentistas.

Constatar a heterogeneidade não a explica, porém. Aqui, a literatura oferece apenas pistas, que merecem ser mais bem exploradas. Path dependence é uma delas – a pesada mão do passado posta sobre o ombro do presente. A estrutura industrial brasileira pouco teria se alterado desde o início dos anos 1980, quando se completou o II PND. As alterações que ocorreram parecem ter aumentado o peso de atividades cujo padrão de inovação tem as características acima deprecadas, fenômeno que merece muito estudo adicional. Mais importante é o que não ocorreu – a incorporação dos setores motores da inovação, afastando o padrão de desenvolvimento brasileiro daquele observado em outros países de industrialização retardatária, notadamente os asiáticos – o que renova a questão do catch-up clássico de transformação da estrutura produtiva. Embora a inovação seja ubíqua, a sua localização setorial tem impactos diferenciados sobre o

---

57 A comparação dos estudos recentes com os resultados de Matesco (1993) para 1985, em termos de taxa de inovação, concentração setorial e fatores microeconômicos (por exemplo, tamanho, orientação exportadora, uso de recursos naturais) associados à inovação, merece um trabalho mais detalhado, que vai além do escopo temporal desta revisão. Não obstante vale a pena destacar a semelhança de resultados encontrados em duas décadas, que aponta na direção da estabilidade do processo de baixa inovação no país dos fatores a este associados.

sistema, em função dos fluxos intersetoriais: inovações em computer chips têm conseqüências distintas de modificações de potato chips. É possível que se tenha formado no Brasil um círculo vicioso, em que o baixo crescimento alimenta a estagnação estrutural e esta, por sua vez, produz baixo crescimento.

É provável que a *path dependence* tenha se manifestado de outras formas também. Os desequilíbrios macroeconômicos legados pelo desenvolvimentismo, agravados pelo contexto internacional, e a perda de legitimidade do Estado como condutor do desenvolvimento, tornaram prioritárias a estabilidade de preços e a orientação pelo mercado. Nesta “convenção” de desenvolvimento, a mudança da estrutura produtiva deixava de ser um objetivo a ser perseguido, em favor de mudanças *market-friendly* na estrutura institucional. O regime de políticas macroeconômicas adotado para manter a estabilidade de preços, em um contexto internacional pouco favorável até recentemente, não foi “benigno” para a acumulação de capital, o crescimento e a inovação menos “defensiva”. O círculo vicioso que se formou, oposto ao suposto pelas reformas institucionais<sup>58</sup>, ratificava a reduzida inovação.

Na história brasileira, coube ao Estado um papel fundamental na identificação da inovação como um tema prioritário para o desenvolvimento, a partir do BNDES, Ministério do Planejamento e Finep. Instituições estatais como a Petrobras e a Embrapa destacam-se no panorama brasileiro, assim como empresas estatais<sup>59</sup> que, ao serem privatizadas, tinham uma trajetória inovativa consolidada, como a Embraer. Ao ser lançada, a PITCE tinha o propósito de retomar a transformação da estrutura produtiva, mediante o reforço dos setores motores e difusores de inovações – intenção que parece ter perdido prioridade ao longo do tempo. Como a prioridade inicial também derivava do déficit comercial destes setores, é possível que a grande expansão do superávit comercial brasileiro no período 2003-2006, baseado em *commodities* e produtos padronizados, a tenha reduzido – o que pode ser interpretado como uma manifestação institucional da “doença holandesa”. Embora o Governo Federal tenha ampliado os incentivos “horizontais” para a inovação, os dados da Pintec e a literatura recente sugerem que esses instrumentos são conhecidos e utilizados principalmente pelas empresas de grande porte e que sua eficácia para alavancar maiores gastos em inovação ainda não se comprovou. É possível que esses resultados sejam explicáveis pela novidade de alguns instrumentos, assimetrias de informação e aprendizado, custos de transação e pelas diferenças institucionais entre as empresas maiores e menores, a exemplo do benefício dos incentivos fiscais, que pouco afetam as firmas de menor

58 Em Erber (2004) exploro a relação entre a “convenção de desenvolvimento” que vigorou durante o período 1990-2002 e o padrão de inovação observado.

59 Matesco (1993) mostra que, em 1985, as empresas estatais realizavam gastos com P&D, patentes e contratos de tecnologia que respondiam por 21% do total da indústria brasileira e que eram, em média (US\$2,4 milhões) 3,4 vezes maiores que a média das empresas privadas. Uma comparação entre os períodos pré e pós privatização contribuiria para ampliar a compreensão dos efeitos desta importante mudança institucional.

porte. No entanto, também é possível que reflitam o baixo investimento em inovações mais ousadas, decorrente da estrutura industrial, do regime macroeconômico e, em conseqüência, dos baixos investimento e crescimento.

A abertura dos anos 1990 prometia libertar a capacidade de inovação das peias da estrutura interna via os efeitos dinamizadores do comércio internacional e do investimento direto estrangeiro. Suas conseqüências para a inovação local, mediadas pela estrutura produtiva, merecem uma análise mais detalhada. Aparentemente, a abertura comercial ampliou o peso relativo dos setores intensivos em recursos naturais e reduziu o dos setores mais intensivos em tecnologia.

Os efeitos desta evolução sobre a inovação são contraditórios. A especificidade de recursos naturais é um forte propulsor dos esforços de inovação, como bem atestam os conhecidos exemplos da exploração de petróleo em águas profundas e da soja no Cerrado. Em termos micro, as empresas nestes setores são obrigadas a inovar para acumular capital. Em contrapartida, a importação de inovações, incorporadas ou não em bens de capital e insumos, permite a rápida difusão de inovações, mas inibe a expansão dos setores motores e difusores das inovações e não gera nas cadeias produtivas o processo de aprendizado entre fornecedores e compradores que cria a capacidade de inovar - problemas apontados desde os remotos anos 1970. Especificidades locais, não só de recursos, mas também de mercado, como a baixa renda, parecem explicar também boa parte das inovações introduzidas pelas empresas estrangeiras, que respondem por parte substancial do esforço inovativo brasileiro.

As observações acima convergem com o sugerido pela teoria de sistemas de inovação e pela observação dos dados das Pintec: é fundamental estudar o processo de inovação ao nível das cadeias produtivas, além da análise tradicional por setores, identificando, dentro da cadeia, onde estão os centros geradores de inovações, como estas se transmitem ao longo da cadeia, com quais efeitos multiplicadores sobre as inovações nos demais elos da cadeia.

Este tipo de análise permitiria entender melhor a influência da estrutura produtiva sobre a inovação. Por exemplo, quais são os efeitos de encadeamento, a jusante e a montante da cadeia, em termos de inovação, das atividades intensivas em recursos naturais? As cadeias constituem um sistema de inovação auto-contido ou se articulam a outros segmentos dos sistemas de inovação (locais, nacionais, setoriais)? No limite, é possível pensar um sistema nacional de inovações estruturado por atividades econômicas intensivas em recursos naturais?

A análise por cadeias permitiria também lançar mais luz sobre a controversa questão da contribuição de firmas transnacionais ao processo de inovação no Brasil e sobre os efeitos das ações inovadoras das grandes firmas que compõem o “núcleo duro” da população de empresas inovadoras no país.

O estudo da inovação nas cadeias produtivas permitiria ainda incorporar uma dimensão negligenciada pelos estudos de inovação atuais: o poder. Dependendo das características técnicas e do mercado onde a cadeia concretiza seu valor, alguns atores têm o poder de definir para os demais integrantes da cadeia, localizados em distintos elos, os atributos que seus produtos (e, por extensão, os processos) devem ter e a margem de inovação aberta a esses outros integrantes. No passado, o poder conferido aos proprietários do conhecimento constituía um importante aspecto dos estudos de inovação, especialmente em termos da origem do capital do proprietário do conhecimento – a problemática da “dependência tecnológica”. Embora a literatura atual se debruce minuciosamente sobre o papel desempenhado pelas firmas estrangeiras no processo de inovação no Brasil, o componente político desta participação deixou de ser analisado.

A literatura sobre sistemas locais de inovação, que merece uma revisão específica, é, neste sentido, precursora, apresentando análises que combinam as dimensões de governança (hierárquica ou por rede), mercado (local, regional, nacional e internacional) e “territorialização” (importância de fatores locais específicos, como recursos naturais) da produção (CASSIOLATO, VILLASCHI e CAMPOS, 2003) e a inserção em cadeias de valor globais dirigidas por produtores ou compradores (SCHMITZ, 2005).

Dada a estrutura produtiva, surgem outras questões a respeito das relações entre a macroeconomia e a inovação, que podem ajudar a entender o padrão de inovação observado, e que merecem, a meu ver, mais estudo. Em primeiro lugar, em que medida o crescimento da economia, dentro de uma estrutura produtiva, afeta o processo de inovação, alimentando um círculo virtuoso (ou perverso)? A comparação entre as Pintec e os dados sobre a participação das filiais brasileiras no gasto em P&D das EMN tem os “sinais esperados”, mas a relação é provavelmente distinta segundo os setores e as estratégias empresariais e necessita ser mais bem compreendida, inclusive para subsidiar as políticas públicas de fomento e contra-cíclicas pertinentes.

Parece-me igualmente importante aprofundar o estudo das relações entre formação de capital e inovação, em todos os níveis (macro, meso e micro). A análise de portfólio, acima esboçada, e os poucos estudos que trataram do tema, apontam para um movimento conjunto, mas não passam de indicações, que precisariam ser seguidas. Da mesma forma, a sugestão de que há uma competição entre investimentos financeiros e em inovação merece ser explorada, inclusive por suas implicações para a política macroeconômica e a estratégia de desenvolvimento do país.

Outras relações entre a macro e a inovação continuam obscuras. Nada se sabe sobre os efeitos do aumento da taxa de salário, indispensável para o crescimento e a equidade, sobre a inovação. Uma vez mais, a dimensão de poder entre trabalhadores, técnicos e administradores no processo de inovação e na distribuição dos seus ganhos é pouco estudada.

Os efeitos da abertura comercial e da taxa de câmbio sobre o portfólio de gastos com inovação feitos pelas empresas tampouco foram estudados com a atenção que merecem. A conjectura acima feita sobre suas conseqüências em termos de elevação do piso e redução do teto do gasto com inovação não passa disso – uma conjectura que precisa ser verificada empiricamente.

A importância do tamanho da empresa para a inovação recente e futura (via a realização de atividades contínuas de P&D) é um consenso na literatura acima revista. Em contraposição, são quase inexistentes os estudos que situem o processo de inovação no contexto da organização de mercados, apesar dos estudos pioneiros de Araújo Jr. (1985) e Araújo Jr., Correia e Castilho (1992) e das óbvias implicações desta análise para o entendimento da dinâmica dos mercados e da inovação e para a crescente atuação do sistema brasileiro de defesa da concorrência. Na mesma linha, e à semelhança do que foi dito acima sobre o estudo da inovação em cadeias produtivas, seria relevante saber mais sobre “as outras empresas do mesmo grupo”, que desempenham um papel tão importante no processo de inovação no Brasil.

No sentido inverso, da inovação feita pelas empresas para o macro, há um grande esforço normativo na literatura brasileira (especialmente na produzida pelo Ipea), assim como na internacional, para mostrar que “a inovação faz bem ao país”, seja em termos de exportações, seja em termos de salário e estabilidade no emprego. As críticas ao padrão de inovação, acima mencionadas, têm o mesmo sentido normativo. No meu caso, pregam a um convertido, mas a audiência visada é provavelmente a dos *policy makers*, no que contam com a minha total solidariedade. Não obstante, as relações de causalidade, cautelosamente estabelecidas nestes estudos, merecem maior detalhamento, conforme já foi discutido acima e apontado na resenha feita do livro de De Negri e Salerno (2005) por Vermulm (2005).

As segmentações de empresas por suas estratégias tecnológicas feitas pelo Ipea constituem um importante avanço para o conhecimento do processo de inovação no Brasil. A identificação de um grupo de empresas de grande porte que são mais inovadoras e apresentam um bom desempenho exportador é convergente com as observações feitas por outros analistas e ratifica a hipótese de Castro sobre a realização, ainda que parcial em número e intensidade, de um *catch up* estratégico. Este grupo atesta a vitalidade e heterogeneidade do capitalismo brasileiro e contradiz o determinismo que emana de algumas análises estritamente estruturais.

Não obstante, não está claro se este grupo, esparso por vários setores, tem a capacidade de alavancar as mudanças necessárias na estrutura produtiva. Refletindo esta mesma estrutura, os estudos do Ipea, notadamente o referente a 2000 (De Negri, 2005), mostram que essas mesmas empresas mais exportadoras também são mais importadoras – ou seja, que o efeito líquido sobre o saldo comercial é relativamente reduzido.

Argumentei acima que *History matters* ao nível da estrutura produtiva. Importa também ao nível das empresas, posto que a capacidade de inovação é cumulativa e tem, em função do aprendizado, rendimentos crescentes. Deste ponto de vista, seria muito útil se às ricas informações *cross section* da Pintec, cujo horizonte temporal é restrito, pudessem ser acrescentados dados de painel, que permitissem identificar e analisar a evolução da capacidade de inovação de grupos de empresas, organizados segundo diversos critérios (estratégias de inovação, setores, etc.) ao longo do tempo.

A História importa também em outras dimensões. No começo dos anos 1970, ao saber que eu estava organizando um grupo de pesquisas na Finep, dedicado à temática do desenvolvimento tecnológico, um colega economista comentou que conhecia vários engenheiros que tinham virado economistas, mas que eu era o primeiro caso a fazer o percurso inverso. No presente, este tipo de observação é improvável. O tema encontra-se plenamente legitimado na profissão, como atesta a literatura aqui revista (ressaltando, uma vez mais, a parcialidade da cobertura) e a inclusão do tema em manuais (KUPFER e HASENCLEVER, 2002; TIGRE, 2006), obras destinadas a divulgar o saber consolidado entre alunos e o público culto.

Parecem-me especialmente alvissareiros o interesse de novas gerações de pesquisadores pelo assunto e, no campo institucional, o renovado interesse por parte de instituições públicas, federais e estaduais, assim como o engajamento na realização de pesquisas de instituições que representam os interesses do empresariado industrial, *primum mobile* do processo de inovação.

Este processo, difundido através do sistema universitário, tende a formar um universo de pesquisadores dotado de “massa crítica”. No entanto, observando as referências usadas na literatura que revi, parece-me haver baixa comunicação entre os pesquisadores – esta tende a se dar no interno de pequenos grupos, segundo fronteiras institucionais. Se esta observação é pertinente, talvez a elaboração e discussão desta resenha tenham alguma utilidade.

## Referências

- ALBUQUERQUE, E. **Patentes domésticas: avaliando estatísticas internacionais para localizar o caso brasileiro**. Belo Horizonte: CEDEPLAR, 1999. (Texto para Discussão, 126)
- \_\_\_\_\_. Inadequacy of the technology and innovation systems at the periphery. **Cambridge Journal of Economics**, v. 31. 2007.
- ARAÚJO JR., J. **Tecnologia e mudança estrutural: a experiência brasileira recente**. Rio de Janeiro: IPEA/INPES, 1985.
- ARAÚJO JR., J.; CORREIA, P.; CASTILHO, M. Oportunidades estratégicas da indústria brasileira na década de 1990. In: REIS VELLOSO, J.P. (org.) **Estratégia industrial e retomada do desenvolvimento**. Rio de Janeiro: José Olympio Editora, 1992.
- ARAÚJO, R. Esforços tecnológicos das firmas transnacionais e domésticas. In: DE NEGRI, J.; SALERNO, M. (orgs.) **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005.
- ARBACHE, J. Inovações tecnológicas e exportações afetam o tamanho e a produtividade das firmas manufatureiras? Evidências para o Brasil. In: DE NEGRI, J.; SALERNO, M. (orgs.) **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005.
- ARBIX, G.; SALERNO, M.; DE NEGRI, J. O impacto da internacionalização com foco na inovação tecnológica sobre as exportações das firmas brasileiras. **Dados – Revista de Ciências Sociais**, v.18, n.1. 2005.
- \_\_\_\_\_. Internacionalização gera emprego de qualidade e melhora a competitividade das firmas brasileiras. In: DE NEGRI, J.; SALERNO, M. (orgs.) **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005.
- AROCENA, R.; SUTZ, J. **Subdesarrollo e innovación: navegando contra el viento**. Madrid: Cambridge University Press, 2003.
- ARRUDA, M.; VERMULM, R. **Como aumentar os gastos das empresas com P&D – propostas segundo uma visão sistêmica**. São Paulo: ANPEI, 2004.
- ARRUDA, M.; VERMULM, R.; HOLLANDA, S. **Inovação tecnológica no Brasil: a indústria em busca da competitividade global**. São Paulo: ANPEI. 2006.
- BAGATTOLLI, C. **Política científica e tecnológica e dinâmica inovativa no Brasil**. 2008. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, UNICAMP. 2008.
- BARBOSA, A. **Sobre a propriedade do trabalho intelectual: uma perspectiva crítica**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1999.

- BERNARDES, R. Produção de estatísticas e inovação tecnológica: PAEP 1996-2001. **São Paulo em Perspectiva**, v.17, n.3, 2003.
- BIATO, F.; GUIMARÃES, E.; FIGUEIREDO, M. **Potencial de pesquisa tecnológica no Brasil**. Rio de Janeiro: IPEA/IPLAN, 1971. (Relatório de Pesquisa, n. 5).
- \_\_\_\_\_. **A transferência de tecnologia no Brasil**. Rio de Janeiro: IPEA/IPLAN, 1973. (Estudos para o Planejamento, n. 4).
- BIELSCHOWSKY, R. Indústria: investimento cauteloso em três movimentos. In: \_\_\_\_\_. (org.) **Investimento e reformas no Brasil: indústria e infra-estrutura nos anos 1990**. Brasília: IPEA e CEPAL, 2002.
- BIELSCHOWSKY, R.; MUSSI, C. **O pensamento desenvolvimentista no Brasil 1930-1964 e anotações sobre o período 1964-2005**. Brasília: CEPAL, 2005. Mimeografado.
- BORJA, B. **O sentido da tecnologia: a teoria do subdesenvolvimento de Celso Furtado** Tese (Mestrado) - IE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2008.
- CARVALHO, R.; BERNARDES, R.; FRANCO, E. **Inovação tecnológica na indústria brasileira: resultados da PAEP/SEADE e da PAER/SEADE**. Trabalho apresentado no Seminário de Indicadores de C&T, Brasília, 2002.
- CASSIOLATO, J.; BRITTO, J.; VARGAS, M. Arranjos cooperativos e inovação na indústria brasileira. In: DE NEGRI, J.; SALERNO, M. (orgs.) **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005.
- CASSIOLATO, J.; LASTRES, H. O foco em arranjos produtivos locais de micro e pequenas empresas. In: LASTRES, H.; CASSIOLATO, J.; MACIEL, M. (orgs.) **Pequena Empresa: cooperação e desenvolvimento local**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2003.
- \_\_\_\_\_. Sistema de inovação e desenvolvimento – as implicações de política **São Paulo em Perspectiva**, v.19, n.1, 2005.
- CASSIOLATO, J.; VILLASCHI, A.; CAMPOS, R. Local productive and innovation systems in Brazil: a policy perspective. In: CASSIOLATO, J.; LASTRES, H.; MACIEL, M. (orgs.) **Systems of innovation and development: evidence from Brazil**. Cheltenham: Edward Elgar, 2003.
- CASTRO, A.B. O Plano Real e o reposicionamento das empresas. In: REIS VELLOSO, J.P. (org.) **Brasil: desafios de um país em transformação**. Rio de Janeiro: José Olympio Editora, 1997.
- \_\_\_\_\_. A reestruturação industrial brasileira nos anos 90. Uma interpretação. **Revista Brasileira de Economia Política**, v. 21, n.2, 2001.
- CASTRO, A.B.; ÁVILA, J. Uma política industrial e tecnológica voltada para o potencial das empresas. In: REIS VELLOSO, J.P. (org.) **Economia do conhecimento, crescimento e inclusão social**. Rio de Janeiro: José Olympio Editora, 2004.

- CASTRO, A. B.; PROENÇA, A. Novas estratégias industriais: sobrevida ou inflexão?, . In: REIS VELLOSO, J.P. (org.) **Como vão o desenvolvimento e a democracia no Brasil?**, Rio de Janeiro: José Olympio Editora, 2005.
- COUTINHO, L. Regimes macroeconômicos e estratégias de negócios: uma política industrial alternativa para o Brasil no século XXI. In: LASTRES, H.; CASSIOLATO, J.; ARROIO, A. (orgs.) **Conhecimento, sistemas de inovação e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ/Contraponto, 2005.
- COUTINHO, L.; FERRAZ, J. **Estudo da competitividade da indústria brasileira**. Campinas: Papirus/ Editora UNICAMP, 1994.
- CRUZ, C.; MELLO, L. **Boosting innovation performance in Brazil**. OCDE, 2006. (Economics Department Working Paper, n.532)
- DAGNINO, R. A relação Universidade-Empresa no Brasil e o argumento da Hélice Tripla. **Convergência**, n. 35, 2004.
- \_\_\_\_\_. Por que os nossos empresários não inovam? **Boletim de Economia e Tecnologia**, Departamento de Economia da UFPR, jul. 2008.
- DAGNINO, R., THOMAS, H, E DAVYT, P. El pensamiento en ciencia, tecnología y sociedad en Latinoamérica: una interpretación política de su trayectoria. **REDES**, v.3, n.7, 1996.
- DAHLMAN, C.; FRISCHTAK Os desafios do Brasil da economia do conhecimento: educação e inovação num mundo crescentemente competitivo. In: REIS VELLOSO, J.P. (org.). **Reforma política e economia do conhecimento: dois projetos nacionais**. Rio de Janeiro: José Olympio Editora, 2005.
- DE NEGRI, F. Padrões tecnológicos e de comércio exterior das firmas brasileiras In: DE NEGRI, J.; SALERNO, M. (orgs.) **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005.
- DE NEGRI, J.; FREITAS, F.; COSTA, G.; SILVA, A.; ALVES, P. Tipologia das firmas integrantes da indústria brasileira In: DE NEGRI, J.; SALERNO, M. (orgs.) **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005.
- DE NEGRI, J.; LEMOS, M.; RUIZ; DE NEGRI, F. **Empresas líderes na indústria brasileira: recursos, estratégias e inovação**. Brasília: IPEA. 2008. Mimeografado.
- DE NEGRI, J. E KUBOTA, L. (org) **Políticas de incentivo à inovação tecnológica no Brasil**, Brasília: IPEA, 2008.
- DE NEGRI, J. E SALERNO, M. (org.) **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005.
- DE NEGRI, J., SALERNO, M. E CASTRO, A. Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras, In: DE NEGRI, J.; SALERNO, M. (orgs.) **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005.

- DE NEGRI, J. E TURCHI, L. (org.) **Technological innovation in Brazilian and Argentine firms**. Brasília: IPEA, 2007.
- DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. **Research Policy**, v.11, n. 3, p. 147-162, 1982.
- \_\_\_\_\_. Finance, innovation and industrial change. **Journal of Economic Behavior and Organization**, n. 13, 1990.
- ERBER, F. Política científica e tecnológica no Brasil: uma revisão da literatura In: SAYAD, J. (org.) **Resenhas da economia brasileira**. São Paulo: Saraiva Editora. 1979.
- \_\_\_\_\_. Desenvolvimento industrial e tecnológico na década de 90 – uma nova política para um novo padrão de desenvolvimento **Ensaio FEE**, v. 13, n.1, 1992.
- \_\_\_\_\_. O sistema de inovações em uma economia monetária: uma agenda de pesquisas. In: CASSIOLATO, J.; LASTRES, H. (org.) **Globalização e inovação localizada: experiências de sistemas locais no MERCOSUL**. Brasília, IBICT/MCT, 1999.
- \_\_\_\_\_. Perspectivas da América Latina em ciência e tecnologia. **Parcerias Estratégicas**, n. 8, 2000.
- \_\_\_\_\_. **Reformas estructurales y políticas de ciencia y tecnología en Argentina y Brasil, Políticas para fortalecer el sistema nacional de ciencia, tecnología y innovación: la experiencia internacional y el camino emprendido por la Argentina**. Buenos Aires: Secretaria de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, 2000.
- \_\_\_\_\_. O padrão de desenvolvimento industrial e tecnológico e o futuro da indústria brasileira. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 5, 2001. Edição Especial.
- \_\_\_\_\_. Innovation and the development convention in Brazil. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 3, n.1, 2004.
- \_\_\_\_\_. Development projects and growth under finance domination: the case of Brazil during the Lula years (2003-2007). **Revue Tiers Monde**, n. 195. 2008.
- ERBER, F.; VERMULM, R. **Ajuste estrutural e estratégias empresariais**. Rio de Janeiro, IPEA, 1993.
- ETZKOWITZ, H.; MELLO, J. The rise of the triple helix culture: innovation in Brazilian economic and social development. **International Journal of Technology Management & Sustainable Development**, v. 2, n. 3, 2004.
- FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo – 2001**. São Paulo, 2002.
- FAJNZYLBBER, F. Industrialização na América Latina: da caixa-preta ao conjunto vazio. In: Bielschowsky, R. (org.). **Cinquenta anos de pensamento na CEPAL**. Rio de Janeiro: Record, 2000.
- FERRAZ, J.; KUPFER, D.; HAGUENAUER, L. **Made in Brazil: desafios competitivos para a indústria**. Rio de Janeiro: Campus, 1996.

- FILGUEIRAS, L.; GONÇALVES, R. **A economia política do governo Lula**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2007.
- FREEMAN, C. The National System of Innovation in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics**, v. 19, 1995.
- FREEMAN, C.; PEREZ, C. Structural crises of adjustment: business cycles and investment behavior. In: DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R.; SILVERBERG, G.; SOETE, L. (orgs.) **Technical Change and Economic Theory**. Londres: Pinter Publishers, 1988.
- FURTADO, A.; CARVALHO, R. Padrões de intensidade tecnológica da indústria brasileira: uma comparação com os países centrais. **São Paulo em Perspectiva**, v.19, n.1., 2005.
- FURTADO, C. **Desenvolvimento e subdesenvolvimento**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961.
- GONÇALVES, R. **O Brasil e o comércio internacional: transformação e perspectivas**. São Paulo: Contexto, 2000.
- GRYNZPAN, F. O investimento privado em P&D pela indústria de transformação brasileira. In: **Avaliação de políticas de ciência, tecnologia e inovação: diálogo entre experiências internacionais e brasileiras**. Brasília, DF: CGEE, 2008.
- GUIMARÃES, E.; ARAÚJO JR., J.; ERBER, F. **A política científica e tecnológica**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1985.
- GUIMARÃES, V.; PEIXOTO, F.; CASSIOLATO, J.; LASTRES, H. Convergências e complementaridades da corrente neo-schumpeteriana com o pensamento estruturalista de Celso Furtado. In: SABÓIA, J.; CARVALHO, F. (orgs.) **Celso Furtado e o Século XXI**, Barueri: Manole, 2007.
- HERRERA, A. **Ciência y política en América Latina**. México: Siglo Veintiuno, 1971.
- HIRAKUTA, C. Internacionalização de atividades de pesquisa e desenvolvimento das empresas transnacionais: análise da inserção das filiais brasileiras, **São Paulo em Perspectiva**, v. 19 n.1, 2005.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica – Análise dos Resultados**. Rio de Janeiro: 2002.
- \_\_\_\_\_. **Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica – Análise dos Resultados**. Rio de Janeiro: 2005.
- \_\_\_\_\_. **Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica – Análise dos Resultados**. Rio de Janeiro: 2007.
- JOHNSON, H. **Comparative cost and commercial policy theory**, Estocolmo: Wicksell Lectures, 1968.
- \_\_\_\_\_. The state of theory in relation to the empirical analysis, In: VERNON, R. (org.) **The technology factor in international trade**. Nova Iorque: Columbia University Press, 1970.
- KANNENBLEY JR., S.; PORTO, G.; PAZELLO Inovação na indústria brasileira: uma análise exploratória da PINTEC. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 3, n.1, 2004.
- KATZ, J. **Technology generation in Latin-american manufacturing industries**. Londres: Macmillan, 1987.

- KOELLER, P.; BAESSA, A. Inovação tecnológica na indústria brasileira, In: DE NEGRI, J.; SALERNO, M. (orgs.) **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005.
- KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (org.) **Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil**. Rio de Janeiro: Campus, 2002.
- KUPFER, D.; ROCHA, C. Determinantes setoriais do desempenho das empresas industriais brasileiras, In: DE NEGRI, J.; SALERNO, M. (orgs.) **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005.
- LANCASTER, K. A new approach to consumer theory. **Journal of Political Economy**, v. 174, 1966.
- LAKATOS, I. Falsification and methodology of scientific research programmes. LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (orgs.) **Criticism and the growth of knowledge**, Londres: Cambridge University Press, 1970.
- LANDES, D. **The unbound Prometheus**. Cambridge University Press. 1969.
- LASTRES, H.; CASSIOLATO, J.; ARROIO, A. **Sistemas de inovação e desenvolvimento: mitos e realidades da economia do conhecimento global**. 2005.
- LEMOES, M.; URRACA, R.; MORO, S.; DOMINGUES, E. Espaços preferenciais e aglomerações industriais, In: DE NEGRI, J.; SALERNO, M. (orgs.) **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005.
- LINDER, S. **An essay on trade and transformation**, Nova Iorque: Wiley. 1961.
- LUNA, F.; BAESSA, A. Impacto das marcas e patentes no desempenho econômico das firmas. DE NEGRI, J.; KUBOTA, L. (orgs.) **Políticas de incentivo à inovação tecnológica no Brasil**. Brasília: IPEA, 2008.
- LUNDEVALL, B.A. (org.) **National Innovation System: towards a theory of innovation and interactive learning**, Londres: Pinter, 1992.
- \_\_\_\_\_. **National innovation system – analytical focusing device and policy learning tool**. ITPS – Swedish Institute for Growth Policy Studies. 2007. Working Paper R2007:004.
- MACULAN, A.M. Capacitação tecnológica e inovação nas empresas brasileiras: balanço e perspectivas. **Cadernos EBAPE.BR**. 2005.
- MALERBA, F.; ORSENIGO, L. Technological regimes and sectoral patterns of innovative activities. **Industrial and Corporate Change**, v.6, n.1, 1997.
- MATESCO, V. Atividade tecnológica das empresas brasileiras: desempenho e motivação para inovar. Rio de Janeiro, IPEA, **Perspectivas da Economia Brasileira 1994**, v. 1, 1993.
- MCT. **Livro Branco: ciência, tecnologia e inovação**, Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2002.
- MENEZES FILHO, N.; JENSEN, J.; SBRAGIA, R. **The determinants of R&D intensity in Brazilian industry: an econometric analysis**. FEA/USP, Departamento de Administração. 2005. Working Papers 01/05.

- MUNIZ, S. Investimento recente, capacitação tecnológica e competitividade, **São Paulo em Perspectiva**, v.14, n.3, 2000.
- NELSON, R. **National innovation systems: a comparative analysis**. Oxford: Oxford University Press, 1993.
- NORTH, D. **Institutions, institutional change and economic performance**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. **Research Policy**, v. 13, 1984.
- PENROSE, E. **The theory of the growth of the firm**. Oxford: Basil Blackwell, 1959.
- PEREZ, C. Las nuevas tecnologías: una vision de conjunto. In: OMINAMI, C. (org.) **La tercera revolución industrial: impactos internacionales del actual viraje tecnológico**. Buenos Aires: Grupo Editor Latinoamericano, 1986.
- \_\_\_\_\_. Technological change and opportunities for development as a moving target. **CEPAL Review**, n. 75, dez. 2001.
- PEREZ, C.; SOETE, L. Catching up in technology: entry barriers and wondows for opportunity. In: DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R.; SILVERBERG, G.; SOETE, L. (orgs.) **Technical Change and Economic Theory**. Londres: Pinter Publishers, 1988.
- PIRES-ALVES, C.; ROCHA. Testing the Schumpeterian hypotheses for the Brazilian manufacturing industry. In: Encontro Nacional de Economia, 36, Salvador, 2008. **Trabalho Apresentado...** Salvador: ANPEC, 2008.
- POSNER, M. International trade and technical change. **Oxford Economic Papers**. Out. 1961.
- PROCHNIK, V.; ARAÚJO, R. Uma análise do baixo grau de inovação na indústria brasileira a partir do estudo das firmas menos inovadoras. In: DE NEGRI, J.; SALERNO, M. (orgs.) **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005.
- QUEIROZ, S.; CARVALHO, R. Empresas multinacionais e inovação tecnológica no Brasil. **São Paulo em Perspectiva**, v. 19, n.2, 2005.
- RODRIGUES, D.; ALMEIDA, L. (orgs.) **Competitividade da indústria paulista: propostas de política**. São Paulo: IPT, 2008.
- RODRIGUEZ, A.; DAHLMAN, C.; SALMI, J. **Conhecimento e inovação para a competitividade**. Brasília: Banco Mundial/Confederação Nacional da Indústria, 2008.
- ROMER, P. The origins of endogenous growth. **Journal of Economic Perspectives**. v. 8, n.1, 1990.
- SABATO, J.; BOTANA, N. La ciencia y la tecnologia em el desarrollo futuro de América Latina. **Revista de la Integración INTAL**, v.1, n.3, 1968.

- SBRAGIA, R.; PASSOS, F. **A transferência de conhecimentos entre as empresas multinacionais e seus fornecedores: o que aprendemos?** São Paulo: Departamento de Administração, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, USP, 2003. Working Paper 02/003,
- SCHERER, F. Interindustry technology flows in the United States. **Research Policy**, v. 11, 1982.
- SCHMITZ, H. Aglomerações produtivas locais e cadeias de valor: como a organização das relações entre empresas influencia o aprimoramento produtivo. In: LASTRES, H.; CASSIOLATO, J.; ARROIO, A. (orgs.) **Conhecimento, sistemas de inovação e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ/Contraponto, 2005.
- SILVA, C.; MELO, L. (orgs.) – **Ciência, tecnologia e inovação: desafio para a sociedade brasileira**. Livro Verde. Brasília: MCT/ABC, 2001.
- TAUILE, J. **Para (re)construir o Brasil contemporâneo: trabalho, tecnologia e acumulação**. Rio de Janeiro: Contraponto Editora, 2001.
- TIGRE, P. **Gestão da inovação: a economia da tecnologia no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2006.
- TIRONI, L.; CRUZ, B. Inovação incremental ou radical: há motivos para diferenciar? Uma abordagem com dados da PINTEC. **Texto para Discussão** n. 1360, IPEA, 2008.
- URRACA, A. Persistência versus mudança estrutural da especialização tecnológica do Brasil. **Economia e Sociedade**, v.17, 2008.
- VERMULM, R. Resenha: In: DE NEGRI, J.; SALERNO, M. (orgs.) Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras. Brasília: IPEA, 2005. **Revista Brasileira de Inovação**, v.4, n.2, 2005.
- VERNON, R. International investment and international trade in the product cycle. **Quarterly Journal of Economics**, Mai, 1966.
- VILLASCHI, A. Anos 90: uma década perdida para o sistema nacional de inovações brasileiro? **São Paulo em Perspectiva**, v.19, n.2, 2005.
- VIOTTI, E. National learning systems: a new approach on technological change in late industrializing economies and evidences from the cases of Brazil and South Harvard University, Science, Technology and Innovation. **Discussion Paper**, n. 12, 2001.
- \_\_\_\_\_. **Brasil: de política de ciência e tecnologia para política de inovação? Evolução e desafios das políticas brasileiras de ciência, tecnologia e inovação em Avaliação de políticas de ciência, tecnologia e inovação – diálogos entre experiências estrangeiras e brasileira**. Brasília: CGEE, 2008.
- VIOTTI, E.; BAESSA, A.; KOELLER, P. Perfil da inovação na indústria brasileira: uma comparação internacional, In: DE NEGRI, J.; SALERNO, M. (orgs.) **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005.

# Proposta de um modelo de aprendizagem organizacional sustentado pela inovação

Cláudio Chauke Nehme<sup>1</sup> & Daniele Lucena Ribeiro<sup>2</sup>.

## Resumo

Este artigo é resultado de inquietações profissional e científica a respeito de “como se pode desenvolver um processo de aprendizagem organizacional, em uma instituição genuinamente de conhecimento, de forma a se manter a sustentabilidade do processo? Apresenta-se um construto metodológico particular para gestão estratégica da inovação baseado na sinergia entre aprendizagem organizacional e equipes de alto desempenho. A proposta metodológica foi aplicada e analisada em ambiente adequado para inovação. Ao final, descrevem-se alguns resultados relevantes e recomendações para aplicações futuras.

**Palavras-chave:** Aprendizagem Organizacional; Gestão da Inovação; Equipes de Alto Desempenho; Gestão do Conhecimento; Gestão Estratégica.

## Abstract

*This paper was inspired in the following professional and scientific question: “how could be developed a learning organization process, in a really sustainable way, for a knowledge institution?” It is presented a specific methodology approach for strategic innovation management, which deals with a synergic process between learning organization and high performance teams. This methodology approach was applied and analyzed in a suitable innovation environment. Summing up, relevant results and recommendations to future applications are described.*

**Keywords:** Learning Organization; Innovation Management; High Performance Teams; Knowledge Management; Strategic Management.

<sup>1</sup> Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ/COPPE Sistemas), especialista em Inteligência Estratégica e Gestão do Conhecimento. É Professor Titular da Universidade Católica de Brasília (UCB-DF) e Assessor da Diretoria Executiva do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Email: chauke@ucb.br

<sup>2</sup> Mestre em Gestão do Conhecimento e da Tecnologia da Informação (UCB-DF). É consultora em TI na Caixa Econômica Federal. Email: danielle.lucena@gmail.

## 1. Introdução

Este artigo é resultado de uma inquietação profissional e científica a respeito de “como se pode desenvolver um processo de aprendizagem organizacional, em uma instituição genuinamente de conhecimento, de forma a se manter a sustentabilidade do processo?”

Quer seja apresentada segundo uma perspectiva técnica, quer seja apresentada sobre uma perspectiva social, a aprendizagem organizacional evidencia-se como uma proposta para as organizações lidarem com o aumento da dinâmica dos mercados de negócio e da complexidade do ambiente organizacional. Mas, apesar de suas evoluções teórica e prática, a aprendizagem organizacional ainda enfrenta um de seus maiores desafios: fazê-la e mantê-la em um processo contínuo de renovação.

Qualquer transformação representa, concomitantemente, uma ameaça e uma oportunidade. Mudanças geram problemas e proliferam conflitos, cenário natural de qualquer processo de crescimento e aprendizagem. Entretanto, “quando se procura frear o conflito, freia-se também a mudança” (Adizes, 2001, p.34). Segundo Senge (1999, p.21),

A sustentação de qualquer processo de mudança profunda requer uma mudança fundamental na maneira de pensar. Precisamos compreender a natureza dos processos de crescimento (forças que apóiam nossos esforços) e saber como catalisá-los. Mas também temos que compreender as forças e os desafios que impedem o progresso, e temos que desenvolver estratégias viáveis para lidar com esses desafios.

Por consequência, as organizações devem possuir habilidades para tornar o conflito um fato construtivo, de natureza positiva. Assim, a sustentabilidade da aprendizagem organizacional estará refletida na competência organizacional para lidar com “a inevitável interação entre processos de crescimento e processos limitantes” (SENGE, 1999, p.21).

Frente à provocação de aquisição de competência, o presente artigo apresenta – a partir da investigação do processo de aprendizagem organizacional em equipes, cujo objetivo é o desenvolvimento de inovação em uma organização de conhecimento – elementos de uma política de inovação capazes de contribuir com a transformação do processo de aprendizagem em uma ação sustentável.

Por meio de estudo de caso do Centro de Ciência e Tecnologia, da Universidade Católica de Brasília, uma instituição genuinamente de conhecimento, extraíram-se diretrizes para um modelo de gestão centrado no processo de aprendizagem organizacional sustentada por equipes de alto desempenho. Para tanto, foram considerados: 1) os processos de inovação, inerentes à obtenção

de vantagens competitivas; 2) a aprendizagem organizacional, implícita nos processos organizacionais dinâmicos e sistêmicos; e, 3) as interações humanas, traduzidas pelo trabalho em equipe e, incondicionalmente, inseparável das duas primeiras.

## 2. Fundamentação teórica

### 2.1. Aprendizagem organizacional

A análise da aprendizagem remete ao sujeito desta: são os indivíduos que aprendem. Segundo Ferreira (1994) aprender é: 1) tomar conhecimento de (algo ou alguma coisa); 2) reter na memória, mediante o estudo, a observação ou a experiência; 3) tornar-se apto ou capaz de alguma coisa, em consequência de estudo, observação, experiência, advertência etc.; 4) tomar conhecimento de algo, retê-lo na memória, em consequência de estudo, observação, experiência, advertência, etc. Mas esse conceito generalizado não é um consenso.

Em seu livro **Comportamento Organizacional**, Robbins (2002, p.37) assume que aprendizagem é “qualquer mudança relativamente permanente no comportamento, que ocorra como resultado de uma experiência”. Segundo sua exposição, a ocorrência de aprendizado indica mudança de comportamento e toda mudança de comportamento é aprendizagem: “(...) deduzimos que houve aprendizado quando o comportamento, a reação ou a resposta de um indivíduo, em consequência de uma experiência, são diferentes do que era antes” (ROBBINS, 2002, p.38). Para o autor, “uma mudança nos processos mentais ou nas atitudes de uma pessoa, quando não se reflete em seu comportamento, não é aprendizado” (ROBBINS, 2002, p.38). Logo, segundo Robbins (2002, p. 37-38): 1) a aprendizagem implica em mudança, 2) a mudança precisa ser relativamente duradoura, 3) o aprendizado deve ser traduzido em capacidade de ação; e, 4) o aprendizado é consequência de uma experiência que pode ser direta ou indireta. Será direta quando ocorre através de observação ou da prática e será indireta quando ocorre, por exemplo, através da leitura.

Segundo as exposições de Fleury e Fleury (1995), a visão de Robbins (2002) espelha uma ênfase cartesiana, com estreita relação de causa-efeito/estímulo-resposta, que resume a aprendizagem a simples mudança de comportamento que em nada considera a complexidade do aprendizado humano. Para Fleury e Fleury (1995, p. 19), “aprendizagem é um processo de mudança, resultante da prática ou experiência anterior, que pode vir, ou não, a manifestar-se em mudança perceptível de comportamento”. Isso porque há dimensões da mente humana que participam do processo de aprendizado.

Mas de onde vêm as distintas visões de Fleury e Fleury (1995) e Robbins (2002)?

A capacidade humana de aprender pode ser compreendida a partir de diversas teorias de aprendizagem, tais como a Teoria Behaviorista, a Teoria Clássica da Gestalt, a Teoria de Campo, a Teoria Psicodinâmica, a Teoria Funcionalista, a Teoria Cognitivista, ou segundo pontos de vista distintos, como – por exemplo – a partir de teorias comportamentalistas: do ponto de vista Cognitivista, da Psicodinâmica, sociocultural. Cada uma dessas teorias fundamenta um contexto de observação e, conseqüentemente, o fenômeno da aprendizagem assume múltiplas facetas.

Segundo Merriam e Caffarella (1991, p. 138 apud Camillo, 2003, p. 19) são quatro as usuais orientações sobre os processos de aprendizagem:

“(…) a orientação behaviorista, fundada por John Watson, com as contribuições de Thorndike, Pavlov, Guthrie, Hull, Tolman, Skinner e tem como suposições básicas o foco de estudo no que pode ser observável, a importância do meio ambiente e os princípios de continuidade e reforço; a orientação cognitivista, com as contribuições de Kohler, Koffka, Lewin, Piaget e Bruner, onde a aprendizagem é considerada um processo mental (incluindo insight, processamento de informações, memória e percepção). Este modelo visa explicar os fenômenos através de dados objetivos e subjetivos. A aprendizagem é concebida como um evento não observável, que depende do desempenho pessoal; a abordagem humanista, com destaque para as contribuições de Roger e Maslow, na qual a pessoa aprende à medida que se auto desenvolve, sendo um processo inerente à natureza humana; a orientação da aprendizagem social, na qual se salientam as contribuições de Bandura e Rotter, considerando que a aprendizagem é fruto da interação com o contexto social.” (CAMILLO, 2003, p. 19)

O grande desafio para o sucesso desse processo de aprendizagem está na forma de empreendê-lo. Há uma série de críticas a respeito do entendimento de como se conduzir um processo de aprendizagem organizacional. Jackson (2000) fez um estudo avaliando o quanto as disciplinas de Senge (1998) estão distantes de um efetivo sucesso de aprendizagem organizacional. Neste caso, Jackson refere-se a proposta de concepção e condução das disciplinas de Senge como sendo uma retórica.

Sem juízos de valor, considerando-se que os princípios que sustentam as abordagens de aprendizagem têm distintas visões, não se espera uma convergência. Este artigo elabora seu próprio construto metodológico baseado no amplo referencial disponível. Como alerta para o construto metodológico, compreende-se que na proposta de (SENGE, 1998) há uma enorme lacuna entre a essência, a filosofia institucional, e os métodos, princípios e práticas de aprendizagem, no que tange ao “como fazer”. Esta lacuna gera inúmeras possibilidades de interpretação ao processo de implantação de aprendizagem em uma instituição, permitindo-a ficar suscetível a um processo intervencionista, não sustentável e conflitante com a identidade e a estrutura institucionais.

A metodologia ora proposta na condução do processo de aprendizagem organizacional (“**como fazer**”) parte das premissas de capacidade de auto-organização, plasticidade e adaptação da estrutura organizacional (ROCHA-NETO, 2004), (BATESON, 1979), diante do reconhecimento de potencialidade e limitações da própria estrutura, agregando novos valores aos princípios institucionais, fortalecendo assim, a identidade institucional.

Assume-se ainda que a aprendizagem é implícita à natureza humana e fruto da interação com o meio. O meio pode ser uma pessoa, um ambiente, uma cultura, um grupo, uma organização, etc. Assim, destaca-se a aprendizagem humana como primariamente um fenômeno social.

A compreensão da vida observada segundo um domínio social imediatamente apresenta uma profusão de fenômenos essenciais à vida social humana. São regras de comportamento, valores, intenções, objetivos, estratégias, projetos, relações de poder – que na maior parte do mundo extra-humano não ocorrem (CAPRA, 2003, p.85). E, na qualidade de seres humanos, todos esses fenômenos não existem por si só: são dependentes das relações estabelecidas entre os indivíduos e perpassam por um estado de consciência. Mas a consciência também se apresenta como uma dimensão social. Segundo Capra (2003, p.66), “o ‘mundo interior’ da nossa consciência reflexiva surgiu junto com a evolução da linguagem e da realidade social. Isso significa que a consciência humana não é só um fenômeno biológico, mas também um fenômeno social”.

Capra (2003) ressalta que os estudiosos da cognição consideram objetos adequados aos seus estudos: o corpo, a mente e o indivíduo. Entretanto, esquecem da contínua interação do cérebro humano com outros corpos e cérebros no contexto de uma comunidade de organismos. E essa interação é fundamentalmente necessária à compreensão do nível de abstração cognitiva que caracteriza a consciência reflexiva (CAPRA, 2003, p.65-67).

Baseados na teoria da cognição, Maturana e Varella (2001, p. 193-272) estabelecem a relação entre a biologia da consciência e a linguagem. Segundo os autores “a comunicação não é uma transmissão de informações, mas antes uma coordenação de comportamentos entre organismos vivos através de uma acoplagem estrutural mútua” (CAPRA, 2003, p. 67). E é na coordenação da coordenação de comportamento, um nível de abstração qualificado pela comunicação sobre a comunicação – o qual não ocorre no cérebro – que surge a linguagem: “no fluxo de interações e relações de convivência” (MATURANA apud CAPRA, 2003, p.68). Consequentemente, a realidade é coletivamente construída: “o mundo que todos vêem, não é o mundo, mas um mundo criado juntamente com outras pessoas” (MATURANA; VARELLA apud CAPRA, 2003, p.68).

Nessa expressão da criação coletiva, o aprendizado de cada indivíduo é distinto, uma vez que – segundo Bateson (1979) –, há múltiplas versões de relacionamento no mundo (interações sociais) e cada um dos indivíduos vive em contextos diferentes. Logo, a aprendizagem se dá através

de contexto. E se cada indivíduo vive em um contexto particular, cada um constrói a sua interpretação de realidade e assume suas verdades a partir de suas conclusões. Conseqüentemente, problemas, soluções e possibilidades são resultados dos pressupostos que o indivíduo utilizou para dar sentido à sua realidade, que pode ser oposta à realidade construída pelo outro (ECHEVERRIA, 1997; KOFMAN, 2002; REICH, 2003).

Enquanto processo de aprendizagem, Kofman (2002) considera que o contexto mental no qual cada indivíduo está inserido é denominado modelo mental. Baseado na abordagem de Bateson (1998), que apresenta “um conjunto de distinções sobre aprendizado e as mudanças nos modelos mentais” (KOFMAN, 2002, p.315), ele apresenta o terceiro circuito de aprendizagem, ou *triple-loop*.

As aprendizagens *single-loop* e *double-loop* descritas por Kofman (2002) seguem a mesma linha de raciocínio apresentada por Argyris (1992, 1999). O *single-loop* resolve problemas visíveis, sem considerar o porquê de sua existência (Argyris, 1992, p. 112). Percebem-se os erros e alteram-se as ações que levam a ele sem que sua natureza seja questionada. Já no *double-loop* os erros não podem ser corrigidos simplesmente com a definição de novas ações. É necessário alterar os valores fundamentais que governam as ações. É o que Argyris (1992, p. 114) define como “aprender uma nova teoria”. Para ele, *double-loop*:

“(…) é o processo de fazer perguntas não apenas sobre fatos objetivos, mas também sobre as razões e os motivos por trás deles. A aprendizagem *double-loop* incentiva as pessoas a examinarem seu próprio comportamento, assumirem responsabilidade por seus próprios atos ou pela ausência deles, e a revelarem informações potencialmente ameaçadoras ou embaraçosas, capazes de produzir mudança genuína”. (ARGYRIS, 2001, p. 84)

Já na aprendizagem *triple-loop*, o ambiente estabelece o contexto comum onde os atores se relacionam e interagem a partir das suas próprias estruturas individuais. Trata-se da busca de uma interpretação coletiva que integre as interpretações individuais (KOFMAN, 2002, p. 49). Apesar das diferenças de estruturas inerentes a cada ser, a aprendizagem de contexto ocorre quando os atores revisam seus modelos mentais sob uma mesma perspectiva de contexto. Esse processo permite a aprendizagem individual e favorece a aprendizagem mútua, se compartilhado o espaço de reflexão sobre a revisão dos modelos mentais durante o processo de relacionamento e interação dos atores.

Tal qual (BATESON, 1979), Foucault (FOUCAULT, 2003), (FOUCAULT, 2004) aborda o saber como um processo a ser compreendido e entendido por uma arqueologia onde o contexto emerge como um requisito fundamental para o registro da História. Ou seja, saber e contexto se inter-relacionam via um processo, permitindo a aprendizagem.

Finalmente, a questão de fundo de como o ser humano lida com sua estrutura (psíquica, corporal e emocional) é abordada por (REICH, 2003). Nestas pesquisas Reich demonstra que o ser humano estrutura-se de forma a se proteger das maledicências da vida e de seu processo de amadurecimento e crescimento, criando “courageas” em sua estrutura, isto é, “courageas” que inter-relacionam fortemente a psique, o corpo e a emocionalidade. Além disto, (REICH, 2003) defende que a causa do “encourageamento” advém de um processo repressivo, natural da sociedade humana. Em suas pesquisas, (REICH, 2003) demonstra que o desfazer de “courageas” não é sustentável, que as intervenções nas “courageas” não têm a capacidade de transformação sustentável do ser, que em curto prazo o ser se auto-organiza reestruturando suas “courageas” originais. Portanto, como efetivamente lidar com as “courageas”? A proposta defendida neste artigo é o de reconhecimento da estrutura (competências, debilidades, “courageas”) em prol do aprimoramento das condições do indivíduo para evoluir, respeitando suas “courageas” ao invés de confrontá-las.

Diante do exposto, as bases teóricas adotadas no referido artigo assumem que a aprendizagem é implícita à natureza humana, fruto da interação com o meio e, primariamente, um fenômeno social. Tem em sua essência o respeito às estruturas humanas, ou seja, o reconhecimento do outro como diferente e legítimo e a manutenção da dignidade humana frente às suas courageas, pois admite que as verdades humanas são dependentes do sistema de percepção sensorial e da consciência de cada indivíduo e elas só seriam absolutas e universais se o perceber e o pensar não sofressem qualquer tipo de influência (REICH, 2003, p. 15-56). Por consequência, assume-se o direito fundamental do outro à existência e à aquisição de consciência para lidar com as diferenças: remete à expansão de competências e de visão de mundo, indissociável do profundo envolvimento humano (KOFMAN, 2002; ARGYRIS & SCHÖN, 1978; ECHEVERRÍA, 1997).

Considerando a perspectiva organizacional, trata-se de uma abordagem que enfatiza – no que tange ao “como fazer” – o nexos entre a essência, a filosofia organizacional e os métodos, princípios e práticas de aprendizagem. Por objetivo, caminha ao encontro de gerar sustentabilidade ao processo de aprendizado e eliminar processos intervencionistas conflitantes com a identidade e a estrutura organizacional. Corrobora o desenvolvimento de competências e de estruturas e à geração de novos desafios e sonhos, fundamentada na contínua construção e apropriação da identidade organizacional coerentemente conectada à percepção de princípios que idealizam e norteiam ações.

## 2.2. Equipes de alto desempenho

Em vários momentos as instituições necessitam decidir qual caminho seguirem. Há a possibilidade de elas seguirem prioritariamente referenciais externos que lhes tragam mais segurança e certezas. No entanto, esta abordagem lhes limitam, pois os grandes desafios institucionais e do

mundo inter-relacionado colocam-nas diante do desconhecido, do incerto. Conseqüentemente, segurança e certezas direcionam a caminhos já percorridos e pensados, permitindo restritos graus de liberdade dos sistemas institucionais. Por outro lado, saber lidar com incertezas e desconhecimento remete a necessidade de prospecção, planejamento, reconhecimento e desenvolvimento de competências, e adaptações diante da estrutura e da identidade institucionais. Estas características demandam um sistema dinâmico adaptativo, com vários graus de liberdade e, portanto, complexo. É neste contexto que as discussões sobre a importância das equipes de trabalho ganham uma atenção especial.

As empresas perceberam que as equipes podem produzir mais e melhores soluções para os problemas do que os indivíduos separadamente, são capazes de melhorar o desempenho do indivíduo quando a tarefa requer múltiplas habilidades, julgamento e experiências. E, em geral, as escolhas feitas por elas são mais acuradas e criativas. Possuem mais flexibilidade e reagem melhor às mudanças (ROBBINS, 2002, p 249). Elas também reconheceram que os resultados organizacionais são derivados dos espaços de convivência que os indivíduos de uma equipe criam e neles atuam e que a habilidade coletiva de gerar aspirações compartilhadas perpassa pela qualidade das interações humanas quanto à geração de realidades comuns segundo o mesmo contexto.

Para Goldbarg (1995, apud Bandeira, 2002, p.31), uma equipe precisa atender a seis condições básicas: 1) existência de um desafio a ser superado; 2) comprometimento; 3) responsabilidade; 4) motivação; 5) habilidades; e 6) união. E ressalta: o trabalho em equipes colabora para o desenvolvimento de uma nova cultura organizacional, fazendo com que a organização obtenha um melhor desempenho na solução de problemas, seja mais eficiente na implementação de soluções, com maior facilidade de comunicação (GOLDBARG, 1995 apud BANDEIRA, 2002, p.34).

Segundo Losada (1998), as equipes de trabalho são caracterizadas como equipes de alto desempenho quando, simultaneamente, elas atingem sucesso acima da média em suas atividades, elevada satisfação dos seus clientes – quer sejam internos, quer sejam externos – e seus membros possuem qualidade de vida. Para Losada, as equipes ou organizações de alto desempenho:

“(...) são aquelas bem sucedidas em suas missões (ou negócios) e que mantêm as condições de sustentação de sucesso - que realizam sonhos individuais e coletivos ou obtêm resultados positivos acima da média e assumem liderança no seu campo de atuação, conforme indicadores previamente definidos.”

Mas, equipes de alto desempenho também apresentam características como (ROCHA-NETO, 2003, p.171): 1) princípios éticos - valores, prática e essência; 2) capacidade de aprendizagem; 3) conhecimento dos distintos grupos de interesse que podem ser afetados por seus desempenhos; 4) competência e conhecimentos relacionados com os negócios ou missões; 5) atitude co-

operativa; 6) alta responsabilidade; 7) clareza de objetivos; e 8) compromisso com todos os seus membros, dirigentes e colaboradores.

Neste artigo, assume-se o modelo meta-aprendizagem proposto por Losada e Heaphy (2004) como uma referência para apoiar o processo de gestão das equipes de trabalho, pois a partir das avaliações de desempenho dessas equipes pode-se inferir os elementos que devam ser geridos para obtenção de alto desempenho. Trata-se da abordagem da Complexidade observada segundo o enfoque da Aprendizagem Organizacional. Especificamente, o conceito de meta-aprendizagem – como conceito de aprender a aprender – caracteriza uma organização que é capaz de aumentar sua produtividade através de um processo contínuo de dissolução de atratores que fecham possibilidades de ação e a geração de atratores que abrem possibilidades de ação efetiva.

Um atrator é sistema estabilizante que integra ação, emoção e cognição, atraindo a conduta em face de uma configuração dinâmica específica. Os atratores podem ser classificados como ponto fixo, ciclo limite/periódico, um formato de toro/quase periódico, ou caótico/renovador/complexor (LOSADA & HEAPHY, 2004).

Em linhas gerais, o Modelo Meta-aprendizagem avalia o desempenho de equipes através das relações de seus componentes. Ou seja, a conectividade do sistema dinâmico adaptativo é abordada por (LOSADA & HEAPHY, 2004) através do *Nexi*, isto é, “padrões de condutas fortemente inter-relacionadas que se sustentam por meio do tempo entre os membros de uma equipe e indicam um processo de mútua influência”. A conectividade neste modelo está relacionada às seguintes variáveis de inter-relacionamento pessoal bipolares: indagação/persuasão; positividade/negatividade; si mesmo/outro. Neste modelo, o *Nexi*, em síntese, tem a capacidade de avaliar o índice de desempenho das equipes: alto; médio; baixo.

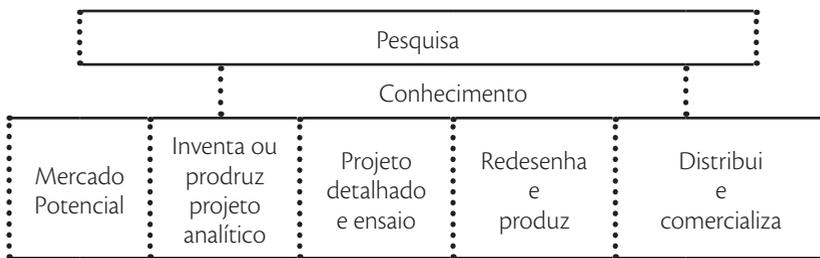
Losada & Heaphy (2004) demonstram que a variável bipolar positividade/negatividade é suficiente para determinar a conectividade da equipe/sistema. Entende-se por positividade a relação de reforço positivo entre membros de uma equipe, de forma concordante a manifestações de um dos membros da relação em questão. De forma contrária, a negatividade é observada através da relação de reforço negativo entre membros de uma equipe, de forma discordante a manifestações de um dos membros da relação em questão.

Neste artigo, a principal contribuição da abordagem pela Meta-aprendizagem é a de inspiração e empirismo de como a pesquisa vem sendo conduzida. Há uma série de atores envolvidos e grande potencial de aplicação desta abordagem para avaliação do nível de desempenho das equipes em questão. No entanto, o foco do artigo está no processo de aprendizagem organizacional. Os elementos de desempenho são qualitativos e empíricos, porém projetados no conceito de conectividade da Meta-aprendizagem de (LOSADA & HEAPHY, 2004).

### 2.3. Inovação

Para representar a inovação, Kline e Rosenberg (1996 apud OSLO, 2004) apresentam um modelo que concebe a inovação como “interação entre as oportunidades de mercado e a base de conhecimento e capacidades da empresa” (OSLO, 2004, p.43), conforme apresentado na Figura . Não se trata de um modelo em que seus estágios são uma sucessão ininterrupta e constante. Cada estágio possui subprocessos de resultados indeterminados. Diante da incerteza, para superar dificuldades encontradas no desenvolvimento, volta-se a estágios anteriores e abrem-se ciclos de *feedback* entre todas as partes envolvidas no processo. Já a pesquisa, desconexa do conceito de ser apenas uma fonte de idéias, compromete-se com a solução dos problemas em qualquer estágio, sempre que a base de conhecimento da organização não for suficiente para resolvê-los.

“Quando os problemas surgem no processo de inovação, como infalivelmente ocorrerá, uma empresa lança mão de sua base de conhecimentos naquele momento particular – que se compõe de resultados de pesquisas anteriores e experiência prática e técnica. O sistema de pesquisas assume as dificuldades que não puderem ser resolvidas com a base de conhecimentos disponíveis, ampliando-a, assim com sucesso”. (OSLO, 2004, p. 43)



Fonte: (OSLO, 2004, p. 43)

**Figura 1.** Modelo de Inovação

Nesse modelo interativo do processo de inovação, é primordial destacar que “uma empresa não inova sozinha, pois as fontes de informação, conhecimentos e inovação podem estar tanto dentro, como fora dela” (LEMOS, 2000).

### 3. Estudo de caso

Esta pesquisa foi desenvolvida no âmbito do Centro de Ciência e Tecnologia (CCT) da Universidade Católica de Brasília (UCB), no período compreendido entre 2003 e 2006. Adicionalmente, esclarece-se que a pesquisa foi delimitada às áreas de Tecnologia da Informação (TI), Gestão do Conhecimento (GC), Meio Ambiente (MA) e Recursos Hídricos (RH), ou seja, aos Centros de Excelência do CCT (GCTI e MARH).

Na atual gestão da UCB a estrutura de Centros deixou de existir, contudo, a experiência descrita neste artigo foi absorvida pela nova estrutura acadêmica, especialmente na Pró-reitoria de Pós-graduação e Pesquisa (PRPGP), na Diretoria de Desenvolvimento e Inovação (DDI) e no Núcleo de Inovação (NI).

#### 3.1. O Centro de Ciência e Tecnologia (CCT)

Através de processos de consolidação de seus Centros de Excelência nas áreas de Gestão do Conhecimento e Tecnologia da Informação e de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, o CCT empenhou-se na construção de um desenvolvimento sustentável, por meio da geração de Inovação Tecnológica. Fomentando parcerias com a sociedade, o setor produtivo e o governo, o CCT planejou alcançar seu ideal promovendo atuações inovadoras no mercado baseadas em estudos prospectivos (UCB, 2006).

Desde sua criação, por meio de longo e amplo processo de negociação que envolveu desde seus colegas acadêmicos até a esfera mais elevada de gestão da UCB, o CCT empreendeu esforços para estruturação e implantação de sua política de inovação tecnológica. Para tanto, assumiu o pressuposto de criar parcerias que pudessem alavancar suas estratégias e, por conseqüência, priorizar sua integração com outros centros de área da UCB, e com o Núcleo de Inovação (NI) e o Escritório de Negócios.

O CCT considerava fundamental a definição de estratégias para a implantação de uma cultura de inovação com o objetivo consolidar e desenvolver continuamente a política de Centros de Excelência, focada no conceito *lato* de inovação.

À época, os objetivos específicos do processo de implantação da cultura de inovação foram (NEHME, 2006):

- Trazer diferencial competitivo para a UCB/CCT.

- Gerar modelo de desenvolvimento de competência por meio da Gestão do Conhecimento, da Inteligência Organizacional e da Teoria da Complexidade que promova a inovação.
- Gerar modelo de gestão pedagógica com base no conceito e na prática da interdisciplinaridade e da criatividade.
- Posicionar os estudantes da UCB/CCT em um cenário econômico, social e ambiental que promova a sustentabilidade pessoal, regional e nacional.
- Posicionar a UCB/CCT como fonte e provedora de formadores de opinião nos temas estratégicos de sua competência para a sociedade.

O panorama inicial para elaboração das estratégias foi analisado segundo três pontos de vista que se desdobram em considerações (NEHME, 2006), a saber:

- Considerações de essência acadêmica para o Tema Inovação:
  - Sinergia entre os vários níveis acadêmicos intracentros de excelência.
  - Acolhimento e apoio na integração e fortalecimento das áreas acadêmicas em incubação.
  - Sinergia entre GCTI e MARH nas interfaces de possibilidades de ação estratégica.
  - Sinergia entre o CCT e os outros centros de área da UCB nas interfaces de possibilidades de ação estratégica.
  - Modelo de gestão de relacionamento baseado nos conceitos de aprendizagem organizacional, dinâmica complexa de equipes, cognição e raciocínio de processos para geração de competência.
- Considerações metodológicas:
  - Desenvolvimento e/ou acompanhamentos de estudos prospectivos recentes.
  - Gestão estratégica de inovação por meio do conceito de Plataforma de Inovação.
  - Desenvolvimento das estratégias do CCT pela ótica de parcerias com os setores produtivos privado e público.
  - Gestão de P&D, considerando gestão de projetos, de portfólio, e processos avaliativos.
- Considerações de implementação:
  - Escolha de P&D estratégicas.
  - Capacitação de líderes/coordenadores de projeto de P&D em gestão de projetos.

- Elaboração de Planos de Negócio para setores/projetos/produtos de competência do CCT, alinhados aos mercados público e privado.
- Adoção de ferramentas de gestão para acompanhamento e avaliação de convênios, projetos e *portfolios*.
- Relacionamento sinérgico com Núcleo de Inovação e com o Escritório de Negócios.

## 4. Metodologia da pesquisa

A base desta pesquisa foi realizada no âmbito da dissertação de mestrado de Ribeiro (2006). Os principais elementos metodológicos adotados serão sucintamente apresentados.

### Objetivo geral:

Investigar o processo de aprendizagem organizacional em equipes que tenham por objetivo o desenvolvimento de inovação em uma organização de conhecimento, com o intuito de tornar o processo de aprendizagem uma ação sustentável.

### Objetivos específicos:

- Identificar características do processo de inovação que demandam continuamente processos de aprendizagem organizacional.
- Identificar processos de aprendizado em equipes orientadas aos desafios, metas e características do processo de inovação.
- Definir parâmetros de um modelo para gestão dos processos de aprendizado que favoreçam a construção de equipes de alto desempenho.

Diante dos objetivos apresentados, a compreensão do raciocínio de desenvolvimento da pesquisa pode ser obtida a partir do **Mapa de Investigação**.

### 4.1. O Mapa de investigação

Após análise das fontes primárias, entrevistas foram realizadas com o Diretor do Centro de Ciência e Tecnologia (CCT), líder do processo de implantação de uma cultura de inovação nessa área de conhecimento. Os elementos relevantes vinculados ao processo de aprendizagem foram mapeados e agrupados, considerando os objetivos desta pesquisa e os processos políticos, estratégicos e operacionais, onde o CCT assumiu o papel de agente político. A Tabela 1 essa Matriz de Investigação.

Tabela 1. Matriz de Investigação

Objetivos		Elementos
(GERAL) Investigar o processo de aprendizagem organizacional em equipes que tenham por objetivo o desenvolvimento de inovação em uma organização de conhecimento, com o intuito de tornar o processo de aprendizagem uma ação sustentável.	P r o c e s s o	Político Visão Externa do CCT Diferencial Competitivo Sustentabilidade de Estudantes: Níveis Pessoal, Regional e Nacional Identidade e Princípios Organizacionais
		Estratégico CCT Formador de Opinião Parcerias Internas e Externas Escolha P&D Estratégica para o Mercado Auto-organização Plasticidade Adaptação da Estrutura Inteligência Organizacional
(ESPECÍFICO – E1) Identificar características do processo de inovação que demandam continuamente processos de aprendizagem organizacional.	P r o c e s s o	Político Ambiência Conexão Centros de Excelência <i>Triple-loop</i>
		Estratégico Planejamento Avaliação Desempenho e Produtividade Pensamento Organizacional
		Operacional Gestão
(ESPECÍFICO – E2) Identificar processos de aprendizado em equipes orientadas aos desafios, metas e características do processo de inovação.	P r o c e s s o	Político Desenvolvimento de Competências (OE2P1, OE2P2, OE2P3) Sinergia (OE2P4) Pesquisa Interdisciplinar (OE2P4) Sonhos (OE2P5) Aprendizagem de Contexto (OE2P6) Couraças (OE2P7) Pensamento Organizacional (OE2P8) Meta-aprendizagem (OE2P9)
		Estratégico Interdisciplinaridade (OE2E10) Criatividade (OE2E11) Estudos Prospectivos (OE2E12) Gestão de Portfólio (OE2E13) Capacitação em Gestão Projetos (OE2E14) Planos de Negócio (OE2E15)
(ESPECÍFICO – E3) Definir parâmetros de um modelo para gestão dos processos de aprendizado que favoreçam a construção de equipes de alto desempenho.	P r o c e s s o	Político Gestão de Relacionamentos (OE3P16) Rede de Competências (OE3P17) Cooperação & Competição (OE3P18) Co-responsabilidade (OE3E19)
		Estratégico Plataforma de Inovação (OE3E20) Comunicação (OE3E21) Memória Organizacional (OE3E22)

Fonte: Ribeiro (2006).

Os elementos referentes ao objetivo geral foram observados ao longo de toda a investigação da dissertação, por ser inerente ao próprio estudo de caso. O objetivo E1 foi explorado ao longo da pesquisa documental e das entrevistas do levantamento preliminar. Já os elementos dos objetivos E2 e E3 foram inquiridos por meio de questionário e representam a última etapa de coleta de dados.

## 4.2. Questionário de coleta de dados

A confecção do questionário de coleta de dados considerou dois públicos distintos. O primeiro, interno à organização pesquisada, professores das áreas de Gestão do Conhecimento e Tecnologia da Informação, e Meio Ambiente e Recursos Híbridos. Já o segundo abrange especialistas em inovação e uma consultora de marketing e desenvolvimento de parcerias, familiarizada com o tema.

Os especialistas externos que participaram dessa pesquisa foram contatados a partir de fóruns de inovação ou de contatos direcionados, considerando a relevância das atividades de P&D, gestão de inovação, marketing e desenvolvimento de parcerias em empresas públicas e privadas. São exemplos de fóruns de inovação aos quais a pesquisa foi encaminhada: 1) Fórum de Inovação da FGV-EAESP (Fundação Getúlio Vargas – Escola de Administração de Empresas de São Paulo), 2) Fórum Brasil-França de Inovação e Cooperação Tecnológica da UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), 3) Núcleo de Política e Gestão Tecnológica (PGT/USP). São instituições vinculadas às consultorias especializadas e desenvolvimento de parcerias: 1) Monitor Group e 2) Natura.

Essa consulta externa teve por intuito avaliar a conexão entre a visão de mercado e a realidade interna. A identificação nominal foi optativa. Entretanto, foi possível classificar os participantes por nível de conhecimento (especialista, conhecedor, familiar), uma vez que escolheram o anonimato apenas 12,25% dos respondentes, percentual que não inclui especialistas e conhecedores do tema inovação. Mesmo sendo realizada tal classificação, manteve-se preservado o anonimato dos participantes desta pesquisa.

## 5. Análise de dados e resultados da pesquisa

Estatísticas descritivas básicas e coeficientes de correlação foram os dois produtos gerados a partir dos dados capturados no questionário de pesquisa. Sequencialmente analisados, eles forneceram evidências para caracterizar o cenário de aplicação e corroborar a obtenção dos resultados esperados.

Quando analisadas as estatísticas descritivas básicas, observou-se o consenso entre os participantes quanto à relevância dos elementos abordados nas questões do questionário de pesquisa (variáveis estatísticas). Pode ser constatada a convergência das respostas, considerando os valores apresentados após o cálculo da mediana e da média por questão. Ambos se apresentam próximos de 4,0, destacando que a escala de relevância que varia de 1 a 5, a saber: (5) Total; (4) Alta; (3) Média; (2) Baixa ; (1)Nenhuma.

Considerando os valores obtidos, concluiu-se que todos os elementos apresentaram alta relevância no cenário de pesquisa. E uma vez que todas as variáveis estatísticas obtiveram destaque, prosseguiram-se as investigações – através da análise de correlações – buscando elementos que concentrem características de representatividade sistêmica.

### 5.1. Coeficientes de correlação

Uma vez que as estatísticas básicas evidenciaram que todos os elementos são significativos ao contexto, utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson para identificar o grau de dependência entre os elementos da pesquisa. E, a partir de critérios de seleção, capturar elementos que pudessem se distinguir como potenciais aportes ao processo de gestão, com aplicabilidade diferencial no processo de aprendizagem por ter impacto sistêmico e que, por outro lado, pudessem favorecer a redução dos esforços necessários a obtenção de êxito no contexto institucional da organização pesquisada (político, financeiro, infra-estrutura e competências instaladas).

O questionário de pesquisa foi respondido por 49 colaboradores. Para avaliação das respostas, duas visões de análise foram criadas. A primeira, denominada geral, engloba todos os respondentes. A segunda, denominada especialista, reúne apenas especialistas e conhecedores do tema inovação. Tal agrupamento corresponde a 36,7% do número total de participantes.

Quatro mapas de correlações foram gerados, considerando as duas visões de análise e os elementos agrupados de acordo com as suposições e os objetivos específicos 2 e 3, conforme demonstrado na matriz de investigação desta pesquisa. A Tabela 2 descreve os mapas gerados.

Tabela 2. Mapas de Correlações

Mapa	Visão	Descrição
Mapa Geral de Correlações	Geral	Apresenta as correlações – maiores que 0,48 – entre as respostas de todos os participantes
Mapa de Correlações OE2	GERAL e ESPECIALISTA	Apresenta as correlações – maiores que 0,48 – entre as respostas vinculadas aos elementos que compõem o referido objetivo <sup>1</sup>
Mapa de Correlações OE3	GERAL e ESPECIALISTA	Apresenta as correlações – maiores que 0,48 – entre as respostas vinculadas aos elementos que compõem o referido objetivo <sup>2</sup>
Mapa de Suposições Correlacionadas	GERAL e ESPECIALISTA	Apresenta as correlações entre as repostas das perguntas que englobam as suposições.

Fonte: Ribeiro (2006)

Considerando que a busca é por elementos com potencial de representatividade sistêmica, há interesse em relações positivas mais próximas de 1. Quanto mais próximos de 1, mais correlacionados estão os dados. Então, o primeiro critério de seleção foi estabelecido (valor de corte): coeficiente de correlação maior ou igual a 0,49.

A análise das correlações foi bastante rica, complexa, exaustiva e detalhada. As limitações de espaço não permitem apresentar a completude desta análise. A versão completa está disponível em Ribeiro (2006). Serão apresentados apenas os gráficos sínteses que elucidam as análises finais.

No Mapa de Correlações OE2, referente ao objetivo de identificar processos de aprendizado em equipes orientadas aos desafios, metas e características do processo de inovação, quando considerados os elementos apresentados no Mapa Geral de Correlações, os elementos OE2P3 (Política desenvolvimento competências em relacionamentos), OE2P9 (Ambiente ampla conexão e alta positividade de gestão) e OE2E10 (Projeto pedagógico desenhado com a abordagem da interdisciplinaridade) são representados na visão geral. Mas, na visão especialista, apenas o elemento OE2P9 é evidenciado. O Mapa Geral de Correlações não pode ser apresentado neste artigo devido sua grande dimensão, detalhes estão disponíveis em Ribeiro (2006).

Há convergência entre as visões geral e especialista apenas em duas relações de interdependência: 1) OE2P5 com OE2P6 e 2) OE2P2 com OE2P13. Apesar dos diferentes coeficientes de correlação,

1 Objetivo específico E2: Identificar processos de aprendizado em equipes orientadas aos desafios, metas e características do processo de inovação.

2 Objetivo específico E3: Definir parâmetros de um modelo para gestão dos processos de aprendizado que favoreçam a construção de equipes de alto desempenho.

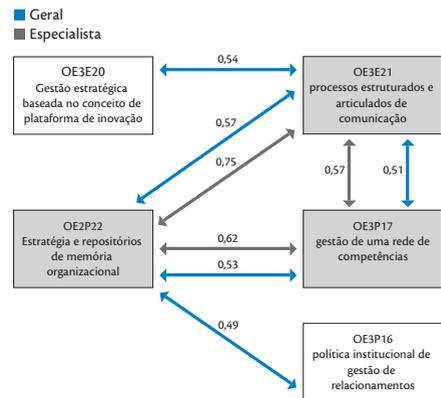


Essas discrepâncias são inerentes às visões de análise: a geral reflete o processo de aprendizagem de uma cultura de inovação em construção e a especialista – que reúne apenas especialistas e conhecedores do tema inovação – demonstra a efetividade de estratégias e políticas para inovação. A visão geral exhibe ainda elementos internos coesos à natureza da instituição pesquisada, sem evidência de adequação a outras realidades, a saber: OE2E10 (Projeto pedagógico desenhado com a abordagem da interdisciplinaridade), OE2E11 (Projeto pedagógico desenhado com a abordagem da criatividade) e OE3E15 (Planos de negócio).

No Mapa de Correlações OE3, referente ao objetivo de definir parâmetros de um modelo para gestão dos processos de aprendizado que favoreçam a construção de equipes de alto desempenho, quando considerados os elementos destacados no Mapa Geral de Correlações, os elementos OE3P16 (Política institucional de gestão de relacionamentos), OE3P17 (Gestão de uma rede de competências), OE3E20 (Gestão estratégica baseada no conceito de plataforma de inovação) e OE3E22 (Estratégias e repositórios de memória organizacional) são representados na visão geral. Mas, na visão especialista, apenas os elementos OE2P17 e OE2P22 são evidenciados.

Há convergência entre as visões geral e especialista em três das cinco relações de interdependência representadas, apesar dos diferentes coeficientes de correlação. As divergências estão nas correlações do elemento OE3E22 (Estratégias e repositórios de memória organizacional), que – segundo a visão geral – mantém relações de interdependência com os ele-

mentos OE3P16 (Política institucional de gestão de relacionamentos) e OE3E20 (Gestão estratégica baseada no conceito de plataforma de inovação). Não são apresentados elementos distintos dos exibidos no Mapa Geral de Correlações. A Figura retrata o Mapa de Correlações OE3. Nela, as correlações entre os elementos são representadas em azul, quando considerada a visão geral, e, em vermelho, quando considerada a visão especialista. Já as convergências são representadas por elementos destacados na cor cinza.

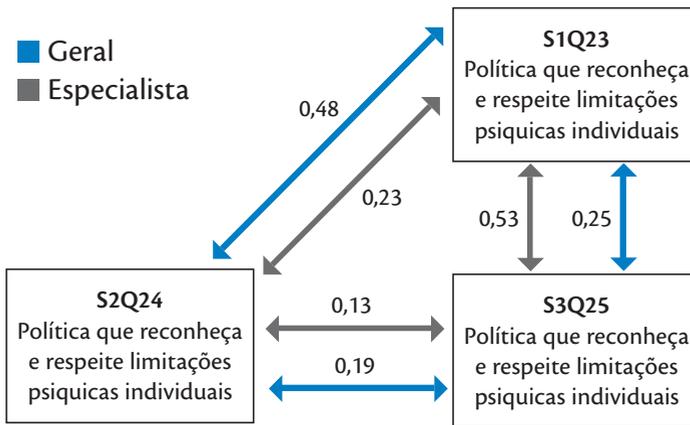


Fonte: Ribeiro (2006)

Figura 3. Mapa de Correlações OE3

Quando observadas as suposições desta pesquisa, um último mapa de correlações foi gerado. Isolando os elementos vinculados a tais premissas, todas as correlações estabelecidas são demonstradas na Figura, independentemente do critério de corte. Em azul, são representadas as interdependências entre as suposições, segundo a visão geral. E, em vermelho, quando considerada a visão especialista.

Quando assumido o valor de corte, não são observadas convergências entre as duas visões de análise. E considerando tal critério, na visão especialista, apenas uma correlação se destaca. Com coeficiente de correlação igual a 0,53, observa-se a interdependência entre os elementos S1Q23 (Processo de inovação requer equipes de alto desempenho) e S3Q25 (Processo de inovação sustenta um processo de AO). Se desconsiderado o valor de corte, os elementos mantêm os mesmos relacionamentos, entretanto, com coeficientes que assumem valores entre 0,13 e 0,53.



Fonte: Ribeiro (2006)

Figura 4. Mapa de Suposições Correlacionadas

Após análise das correlações, oito variáveis de investigação foram selecionadas, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Elementos de investigação eleitos

Elementos de investigação eleitos	
Identificador do elemento	Descrição do elemento de investigação
OE2P3	Política desenvolvimento competências em relacionamentos
OE2P8	Política de gestão que compartilhe raciocínio das estratégias de inovação
OE2P9	Ambiente ampla conexão e alta positividade de gestão
OE2E12	Estudos prospectivos
OE3P16	Política institucional de gestão de relacionamentos
OE3P17	Gestão de uma rede de competências
OE3E21	Processos estruturados e articulados de comunicação
OE3E22	Estratégias e repositórios de memória organizacional

Fonte: Ribeiro (2006)

Os elementos OE2P3, OE2P9, OE3P16, OE3P17, OE3E22 foram selecionados por apresentarem quantidade significativa de conexões com outros elementos no Mapa Geral de Correlações e por manterem correlações representativas no Mapa de Correlações OE2 ou no Mapa de Correlações OE3.

Quanto ao elemento OE2E10 (Projeto pedagógico abordagem da interdisciplinaridade), cabe destacar que – apesar de ser um dos elementos do agrupamento alvo e estabelecer coeficientes de correlação significativos no Mapa de Correlações OE2 – ele foi desconsiderado por representar questões internas à instituição pesquisada, uma vez que o objetivo está em representar elementos que possam ser aplicados a contextos genéricos. Entretanto, seis dos oito elementos eleitos com ele se relacionam. Conseqüentemente, sua exclusão não descaracteriza a representação dos processos internos institucionais.

O Mapa de Correlações OE2 determinou a seleção de outros dois elementos: OE2P8 e OE2E12. Na visão especialista, tais elementos contribuem na tradução das práticas da inovação: efetividade de suas estratégias e políticas. A visão geral também corrobora essa escolha ao estabelecer a correlação entre os dois elementos, definindo um coeficiente de correlação igual a 0,50. Entretanto, a visão geral está focada no processo de aprendizagem, com maior ênfase nos processos internos do cenário institucional (OE2E10, OE2E11 e OE2P15) e em suas políticas (OE2P3, OE2P7 e OE2P8).

Quanto ao elemento OE3E21, ele foi selecionado por, indiretamente, favorecer as correlações dos elementos que mantêm interdependência com outros evidenciados pela visão especialista, asso-

ciados às práticas da inovação, por exemplo, OE2EP8, OE2P12, OE2P13 e OE2P1 (associadas ao objetivo OE2). No Mapa Geral de Correlação, esse elemento também mantém correlação direta com OE2P1 e, indiretamente, também favorece correlações de outros elementos com OE2E12 e OE2e13.

Quando considerada a representatividade sistêmica dos elementos eleitos, os oito elementos estabelecem 149 correlações, ou seja, 49,66% do total de correlações da visão geral. Dos 68 relacionamentos que atendem ao critério do valor de corte, 47 permanecem representados. Dos 21 relacionamentos não contemplados nas correlações dos oito elementos eleitos, 11 referem-se aos elementos OE2E10, OE2E11 e OE2P15 (descartados por caracterizarem questões institucionais internas), 7 são correlações associadas as suposições da pesquisa e apenas 3 são – efetivamente – não representados (duas correlações entre o elemento OE3E20 com os elementos OE2P4 e OE2P7 e uma correlação entre os elementos OE2E13 e OE2P2).

## 5.2. Quanto às questões subjetivas do questionário de pesquisa

As contribuições das questões subjetivas versaram basicamente sobre o espaço de convivência: uma política organizacional que amplamente fomente a interação entre suas comunidades, com atenção aos processos de comunicação, estimule o ato de inovar e o desenvolvimento de competências para atuar em ambientes de incerteza e reconheça os esforços e resultados dos seus membros, coletivos e individualmente.

As sugestões para implantação dessa política consideraram desde a criação de rotinas de compartilhamento de realidade (divulgação de problemas, idéias e lições aprendidas, com captura de contribuições e *feedbacks*) até cursos de formação para o desenvolvimento de competências técnicas, negociais e de relacionamento, tais como capacitação em gestão de projetos, planejamento estratégico e formação de *coach* organizacionais.

Cabe destacar que todas as contribuições subjetivas estão conectadas às questões objetivas e acabam por – novamente – validar o projeto político de inovação do CCT e de consolidação de seus centros de excelência. Entretanto, primordialmente, elas se caracterizam ou por explicitar práticas operacionais para arraigar uma política organizacional que privilegia a convivência entre os membros de suas comunidades ou por citar estratégias que devam ser contempladas para se obter sucesso em sua implantação.

Considerando a amostra que respondeu ao questionário de pesquisa, 42,85% registraram suas contribuições nas questões subjetivas.

## 6. Conclusões

Considerando que a implantação de uma cultura de inovação no CCT foi um amplo processo de aprendizagem, portanto foi possível identificar processos de inovação que demandam continuamente processo de aprendizagem organizacional e processos de aprendizado para equipes orientadas aos desafios, metas e características do processo de inovação. Enfim, a sinergia entre os processos de inovação, aprendizagem organizacional e equipes de alto desempenho é sugerido como proposição para suportar um modelo de gestão dos processos de aprendizado que favoreçam a construção de equipes de alto desempenho sob as perspectivas da inovação.

Admite-se que uma política de gestão que conecte processos organizacionais políticos, estratégicos e operacionais pode favorecer a sustentabilidade da aprendizagem organizacional à medida que:

- Promova a construção de uma identidade organizacional coletivamente.
- Aproprie essa identidade através da contínua compreensão intelectual de políticas e princípios institucionais.
- Estabeleça construções sociais de realidade institucional, promovendo a conexão e o compartilhamento entre seus membros.
- Impulsione o engajamento emocional através da conexão entre os sonhos individuais e as aspirações institucionais.
- Mantenha as práticas coerentes com princípios e políticas definidas.
- Favoreça processos de liderança e comprometimento.
- Mensure seus resultados.
- Forneça retroalimentação aos seus membros.
- Reavalie continuamente suas condutas, estratégias e políticas.

Se uma das restrições metodológicas é o próprio contexto organizacional, uma perspectiva de pesquisa futura é a validação dos resultados obtidos em outros cenários institucionais. Por consequência, essa abordagem poderá corroborar a construção de um modelo de gestão estratégica de inovação que se conecte à sustentabilidade do processo de aprendizagem organizacional.

## Referências

- ADIZES, I. É preciso mudar antes. In: **Coletânea HSM Management. Inovação e Mudança: autores e conceitos imprescindíveis**. São Paulo: Publifolha, p.33-40, 2001.
- ARGYRIS, C. A boa comunicação que impede a aprendizagem. In: **Aprendizagem Organizacional**. Harvard Business Review. Rio de Janeiro: Campus, p.84-104, 2001.
- \_\_\_\_\_. **Enfrentando defesas empresariais: facilitando o aprendizado organizacional**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1992.
- ARGYRIS, C. SCHÖN, D.A. **Organizational learning: a theory of action perspective**. Reading, MA: Addison-Wesley, 1978.
- BANDEIRA, L.C. **Equipes estratégicas: uma estrutura de alto desempenho**. 120 p. Dissertação de (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2002.
- BATESON, G. **Pasos hacia una ecologia de la mente**. Buenos Aires: Carlos Lohlé: Lumen, 1998.
- \_\_\_\_\_. **Mind and nature: a necessary unit**. USA: E.P. Dutton, 1979.
- CAMILLO, R.P. **Análise da aprendizagem organizacional: contribuições para o processo de mudança**. 149 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2003.
- CAPRA, F. **As conexões ocultas: ciência para uma vida sustentável**. São Paulo: Cultrix, 2003.
- ECHEVERRÍA, R. **Ontologia del lenguaje**. Chile: Dolmen Ediciones, 1997.
- FERREIRA, A.B. de H. **Dicionário Aurélio Eletrônico**. Editora Nova Fronteira, 1994.
- FLEURY, A.; FLEURY, M.T.L. **Aprendizagem e inovação organizacional**. São Paulo: Atlas, 1995.
- FOUCAULT, M. **Estratégia, Poder-Saber**. Coleção Ditos & Escritos IV. Forense Universitária, 2003.
- \_\_\_\_\_. **A Arqueologia do saber**. Forense Universitária, 2004.
- JACKSON, B. G. A fantasy theme analysis of Peter Senge's learning organization. **The Journal of Applied Behavioral Science**; Jun, 2000.
- KOFMAN, F. **Metamanagement: princípios**. v. 1. São Paulo: Willis Harman House, 2002.
- LEMOS, C. Inovação na era do conhecimento. **Parcerias Estratégicas**, n.8, Maio, 2000.
- LOSADA, M.F. The complex dynamics of high performance teams. **Journal Mathematical and Computer Modelling**, 1998.
- LOSADA, M.F.; HEAPHY, E. The role of positivity and connectivity in the performance of business teams. **American Behavioral Scientist**, v. 47, n. 6, 2004.
- MATURANA, H.R.; VARELA, F.J. **A árvore do conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana**. 3 ed. São Paulo: Palas Athenas, 2001.

- NEHME, C.C. **Políticas do Centro de Ciência e Tecnologia – CCT para inovação**. Universidade Católica de Brasília. Brasília-DF, 2006. (Apresentação em slides em MAI/2006).
- OCDE. **Manual Oslo: proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre Inovação Tecnológica**. Trad. Paulo Garchet. Paris: Depto. Estatístico, 2004. Disponível em: [http://ftp.mct.gov.br/estat/ascavpp/publicacoes/Manua%20de%20Oslo\\_port.pdf](http://ftp.mct.gov.br/estat/ascavpp/publicacoes/Manua%20de%20Oslo_port.pdf). Acesso em: 31 maio 2006.
- REICH, W. **O Éter, Deus e o Diabo, seguido de a superposição cósmica**. Martins Fontes. São Paulo: Martins Fontes, 2003.
- RIBEIRO, D.L. **Aprendizagem organizacional e equipes de alto desempenho: o processo de inovação como uma proposta de aprendizagem sustentável**. 2006. 158 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Gestão do Conhecimento e da Tecnologia da Informação, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2006.
- ROBBINS, S.P. **Comportamento Organizacional**. São Paulo: Prentice Hall, Inc., 2002.
- ROCHA-NETO, I. **Gestão de Organizações de Conhecimento**. Brasília: FUNADESP, UCB/Universa, 2004.
- \_\_\_\_\_. **Gestão de Organizações**. São Paulo: Editora Atlas, 2003.
- SENGE, P.M. **A Dança das Mudanças**. 5 ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1999.
- \_\_\_\_\_. **A Quinta Disciplina**. São Paulo: Editora Best Seller, 1998.
- UCB. **Universidade Católica de Brasília**. Disponível em: <http://www.ucb.br/>. Acesso em: 31 maio 2006.



# Tecnologias emergentes e indústrias do futuro

---

## **Apresentação**

Nesta seção, três artigos se situam na ampla temática de tecnologias emergentes e indústrias do futuro, na perspectiva do desenvolvimento sustentável. No primeiro, traça-se paralelo entre a evolução dos paradigmas de gestão tecnológica e marcos institucionais desta gestão em empresa brasileira de energia, com atuação ambiental e socialmente responsável. Busca-se entender a dinâmica do aprendizado organizacional da empresa em função de mudanças recentes associadas à adoção de práticas de responsabilidade social corporativa (RSC).

O segundo, de natureza conceitual, apresenta a metodologia adotada no desenvolvimento de três projetos da Iniciativa Nacional de Inovação, respectivamente INI-Biotecnologia, INI-Nanotecnologia e INI-Tecnologias de Informação e Comunicação. Esses três projetos foram desenvolvidos pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) para a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), no decorrer de 2008. E, finalmente, o terceiro artigo apresenta a visão de futuro da Química Verde no Brasil e a proposta de criação da Rede e da Escola Brasileira de Química Verde, no contexto de uma estratégia nacional para o desenvolvimento desta área no país e considerando-se um horizonte de vinte anos (2010-2030).



# Gestão da tecnologia e aprendizagem organizacional: evolução das práticas de uma empresa brasileira de energia na direção do desenvolvimento sustentável<sup>1</sup>

Maria Fatima Ludovico de Almeida<sup>2</sup> & Maria Ângela Campelo de Melo<sup>3</sup>

## Resumo

Traça-se um paralelo entre a evolução dos paradigmas de gestão tecnológica no mundo e os marcos das práticas de gestão da tecnologia de uma empresa brasileira de energia com atuação internacional, ao longo do período de 1974 a 2008, com o objetivo de entender a dinâmica do aprendizado organizacional nessa área. Contrasta-se a evolução dos modelos de gestão tecnológica preconizados por Roussel (1991), Rothwell (1994) e Miller (2001) com a trajetória da gestão tecnológica da empresa, segundo a perspectiva da aprendizagem organizacional (AO). Mais especificamente, explora-se a aplicação dos conceitos de aprendizagem de “ciclo simples” e de “ciclo duplo”, enunciados por Argyris e Schön (1974, 1978 e 1996) e as abordagens de planejamento adaptativo, que pressupõem o planejamento como um processo contínuo de aprendizagem, com ênfase na participação efetiva dos membros das unidades organizacionais envolvidas. Entre essas aborda-

## Abstract

*This article explores the parallel between the evolution of technological management paradigms and the technological management practices adopted by a Brazilian energy company, covering the period from 1974 to 2008. It aims to understand the dynamics of organizational learning in this area following a deductive guideline and using a case study as empirical evidence. The evolution of technological management models proposed by Roussel (1991), Rothwell (1994) and Miller (2001) was compared with the company's technological management trajectory, in the light of Organizational Learning (OL) conceptual approach. More specifically, this work illustrates the application of the concepts of 'single-loop learning' and 'double-loop learning' developed by Chris Argyris and Donald Schon (1974, 1978 and 1996). It also reinforces the contributions of the Innovative Planning introduced by Melo (1991, 2003) which encourages participation, ownership and cre-*

1 Trabalho publicado nos Anais no XIII Seminário de Gestión Tecnológica. ALTEC 2009. Cartagena, 2009.

2 Doutora em Engenharia de Produção (PUC-Rio), professora adjunta da Programa de Pós-graduação em Metrologia, Qualidade e Inovação, e consultora do CGEE e Petrobras. Email: fatima.ludovico@gmail.com.

3 Doutora em Ciências do Sistema Social (Universidade da Pensilvânia, USA), professora associada do Instituto de Administração e Gerência (IAG/PUC-Rio), e consultora do CGEE. Email: angelacampelo@iag.puc-rio.br; macm@puc-rio.br.

gens, as principais contribuições vieram do Planejamento Inovador (MELO, 1991, 2003).

**Palavras-chave:** Gestão da tecnologia. Empresa. Planejamento. Aprendizagem organizacional. Energia.

*ativity by all those involved in an ongoing planning and management learning processes.*

**Keywords:** *Technological management. Company. Planning. Organizational Learning. Energy.*

---

## 1. Introdução

No contexto produtivo, o conceito de desenvolvimento sustentável engloba práticas de desenvolvimento que atendem às necessidades presentes sem comprometer as condições de sustentabilidade das gerações futuras. Nos últimos anos, esse conceito vem sendo assimilado por lideranças empresariais como uma nova forma de produzir economicamente, com responsabilidade social e ambiental, estendendo-se essa cultura a todos os níveis da organização. Formalizam-se processos de identificação do impacto dos processos produtivos das empresas no meio ambiente e nos contextos socioprodutivos em que atuam, segundo uma perspectiva que alia crescimento econômico, preservação ambiental e equidade social.

Partindo-se do pressuposto de que futuras tecnologias e inovações tecnológicas impulsionarão negócios mais sustentáveis, propiciando às empresas novas opções de criação de valor, o desafio é descobrir maneiras como empresas que atuam em ambientes cada vez mais complexos possam incorporar a visão de sustentabilidade econômica, social e ambiental – igualmente complexa - em suas estratégias tecnológicas.

As tecnologias que impulsionarão negócios bem sucedidos e sustentáveis serão aquelas que incorporarem os princípios do desenvolvimento sustentável, desde a formulação da estratégia tecnológica até as etapas finais do processo de pesquisa e desenvolvimento - P&D e de inovação tecnológica. Como assegurar que a cultura da sustentabilidade faça parte do processo de P&D, desde a formulação da estratégia tecnológica? Que novas tecnologias e inovações tecnológicas deverão integrar as futuras soluções para reverter quadros econômicos e socioambientais insustentáveis? Como as empresas deverão atuar e gerenciar seus processos para que as inovações tecnológicas tenham de fato um impacto positivo sobre as tendências observadas e, ao mesmo tempo, criem valor para as partes interessadas e benefícios para a sociedade em geral?

À luz dessas questões, o presente artigo traça-se um paralelo entre a evolução dos paradigmas de gestão tecnológica no mundo e os marcos das práticas de gestão da tecnologia de uma empresa brasileira de energia com atuação internacional, ao longo do período de 1974 a 2008, com o objetivo de entender a dinâmica do aprendizado organizacional nessa área., segundo a ótica do desenvolvimento sustentável. A Petrobras é reconhecida como uma das 20 maiores compa-

nhas mundiais do segmento de petróleo e gás e uma das sete empresas brasileiras mais sustentáveis, de acordo com o Índice Dow Jones Mundial de Sustentabilidade (DJSI, 2009), que avalia os desempenhos econômico, ambiental e social de mais de 2.500 empresas em 57 setores, em todo o mundo.

Neste artigo, contrasta-se a evolução dos modelos de gestão tecnológica preconizados por Roussel (1991), Rothwell (1994) e Miller (2001) com a trajetória da gestão tecnológica da empresa, segundo a perspectiva da aprendizagem organizacional (AO). Mais especificamente, explora-se a aplicação dos conceitos de aprendizagem de “ciclo simples” e de “ciclo duplo”, enunciados por Argyris e Schön (1974, 1978 e 1996). O redesenho e a implementação do novo modelo basearam-se nas abordagens de planejamento adaptativo que tratam o planejamento como um processo contínuo de aprendizagem, especialmente o Planejamento Inovador (MELO, 1991,2003a).

A partir da visão histórica, identificam-se, para a empresa em foco oportunidades de desenvolvimento e aplicação de novas ferramentas de gestão tecnológica que tratem questões como risco tecnológico e comercial, impactos ambiental e social das tecnologias e balanceamento da carteira de P&D, pautando-se nos princípios do desenvolvimento sustentável.

## 2. Desenvolvimento sustentável, gestão tecnológica e aprendizagem organizacional

Conceitua-se, inicialmente, desenvolvimento sustentável na perspectiva de negócios, destacando-se o papel das inovações tecnológicas como impulsionadoras-chave de negócios sustentáveis. Apresenta-se, na sequência, a abordagem de planejamento adaptativo, que pressupõe o planejamento como um processo contínuo de aprendizagem, com ênfase na participação efetiva dos membros das unidades organizacionais envolvidas. Incluem-se nessa apresentação a aplicação dos conceitos de aprendizagem de “ciclo simples” e de “ciclo duplo” (ARGYRIS e SCHÖN, 1974, 1978 e 1996). Finalmente, discute-se a evolução dos modelos genéricos de gestão tecnológica preconizados por Roussel (1991), Rothwell (1994) e Miller (2001), sob a ótica da transição dos sistemas tecnológicos corporativos para o paradigma de desenvolvimento tecnológico sustentável.

### 2.1. Desenvolvimento sustentável e inovação tecnológica

O conceito de desenvolvimento sustentável tem suas raízes nas preocupações que emergiram no início dos anos 1970 com a explosão demográfica e os impactos causados pelo crescimento econômico, mais especificamente com a utilização indiscriminada dos recursos naturais. Nos anos 1980, aumentaram as pressões de diversos atores contra o avanço do processo de degra-

dação socioambiental, difundindo-se mais rapidamente a necessidade de: 1) preservação ambiental e equidade social; 2) uma maior interação entre o desenvolvimento econômico e o meio ambiente; 3) adoção de práticas empresariais mais sustentáveis com a efetiva incorporação das variáveis sociais e ambientais nas estratégias empresariais.

Em 1987, por meio do Relatório Brundtland, divulgou-se amplamente o conceito de desenvolvimento sustentável como “o desenvolvimento que atende às necessidades do presente, sem comprometer as necessidades das gerações futuras” (WCED, 1987). Desenvolvimento sustentável passou a ser então considerado um novo paradigma de desenvolvimento, que busca integrar crescimento econômico, equidade social e preservação do meio ambiente natural, como elementos interdependentes de suporte ao desenvolvimento de longo prazo.

Por ser muito abrangente, o conceito de desenvolvimento sustentável ficou sujeito às mais diversas interpretações, como: uma visão de futuro; uma mudança de valores; desenvolvimento moral; reorganização social ou ainda um processo de transformação orientado para um futuro desejado ou um mundo melhor. No contexto produtivo, desenvolvimento sustentável tem sido denominado também como responsabilidade social empresarial (SER) e sustentabilidade corporativa. Autores como Hedstrom *et al.* (1998) definem sustentabilidade corporativa como uma abordagem capaz de criar prosperidade até horizontes de longo prazo, pela integração de estratégias voltadas para o crescimento econômico, a qualidade ambiental e a equidade social.

Entre as abordagens e modelos de sustentabilidade corporativa desenvolvidos a partir dos anos 1990, destacam-se: a abordagem *Triple Bottom Line* (ELKINTON, 1998; 1999); o modelo *The Natural Step* (THE NATURAL STEP, 2000); a proposta do Capitalismo Natural (HAWKEN *et al.*, 1999) e o modelo da Teoria dos Capitais (PORRITT, 2001; DYLLICK & HOCKERTS, 2002).

A abordagem tríplice de Elkington (1998; 1999) tem sido considerada pelas empresas que a utilizam como uma excelente ferramenta para compreender melhor o conceito de sustentabilidade, segundo a ótica de negócio (*business case*). De acordo com a abordagem *Triple Bottom Line*, ter sustentabilidade significa assegurar o sucesso do negócio a longo prazo e ao mesmo tempo contribuir para o desenvolvimento econômico e social da comunidade, para um meio ambiente saudável e uma sociedade estável. A sustentabilidade segundo esta abordagem abrange três amplos componentes ou dimensões, respectivamente: 1) sustentabilidade econômica, medida pela rentabilidade; acesso a mercados; economia de custos e produtividade; acesso ao capital; gestão de riscos e licença para operar; valor da marca e reputação; 2) sustentabilidade ambiental, avaliada pelo uso eficiente dos recursos naturais ou eco-eficiência; preservação do ambiente natural e melhoria ambiental dos processos, e oferta de produtos e serviços ambientalmente sustentáveis; e 3) sustentabilidade social, medida pelo bem estar das pessoas, dentro e fora da organização; gestão eficaz de recursos humanos de segurança, meio ambiente e saúde; geração de empregos.

A partir da conceituação de sustentabilidade corporativa e considerando-se que as inovações tecnológicas poderão ser impulsionadoras-chave de negócios sustentáveis, define-se desenvolvimento tecnológico sustentável como o desenvolvimento de tecnologias voltadas para atender às necessidades do presente, sem comprometer as necessidades das gerações futuras. As tecnologias desenvolvidas segundo o novo paradigma de desenvolvimento deverão ser avaliadas em relação a parâmetros econômicos, sociais e ambientais, em todo o ciclo de seu desenvolvimento, desde a formulação da estratégia tecnológica, reduzindo-se desta forma os riscos inerentes à P&D e favorecendo-se as oportunidades de negócios sustentáveis de curto, médio e longo prazos.

## 2.2. Planejamento tecnológico como processo contínuo de aprendizagem

O planejamento adaptativo, cujas origens remontam à década de 1960, configura-se como a proposta mais apropriada para responder aos desafios do novo paradigma da sustentabilidade, por ser dotado de propriedades que propiciam a administração da incerteza, da complexidade e da interdependência. Apresenta características ímpares (MELO, 1997): 1) extensão do processo de planejamento para abranger o nível normativo, convertendo a discussão de valores compartilhados em base para o estabelecimento de direções comuns, a serem seguidas pelas diversas partes que se envolvem nesse processo; 2) ênfase na formulação da problemática, focalizando o domínio interorganizacional e buscando entender as interrelações entre as organizações membros e o impacto causado por essas inter-relações em cada componente do domínio; 3) proposição de uma adaptação ativa, adotando a postura pró-ativa, pela qual se procura influir no ambiente de modo que esse se torne mais favorável aos propósitos da organização; 4) busca de um grau ótimo de envolvimento dos membros, os quais, por uma participação ativa, tornam-se co-responsáveis pelos resultados das ações planejadas; 5) flexibilidade, com constante apreciação dos objetivos formulados e contínua avaliação das ações implementadas, permitindo a redefinição de rumos; 6) adoção da metodologia de pesquisa-ação, que possibilita o aprendizado organizacional por meio da reflexão sobre os efeitos das ações realizadas, com a consequente identificação de novos conceitos, caminhos e métodos.

Entre as metodologias de planejamento adaptativo descritas na literatura especializada, destaca-se para efeito do presente artigo, a metodologia de planejamento inovador, introduzida por Melo em 1991 com o objetivo de caracterizar as estratégias de planejamento, processos e métodos, assim como as atitudes e posturas dos membros, apropriadas para uma organização que necessita inovar. Considerando que a necessidade de inovação tecnológica pode resultar tanto de pressões externas quanto internas, uma postura de planejamento ativa reveste-se de fundamental importância. Esse tipo de planejamento deve, necessariamente, iniciar-se no nível normativo, discutindo questões de valores para os *stakeholders*, a organização, seus membros e a comunidade em que atua (MELO, 1991).

O planejamento inovador desenvolve-se por meio de uma postura de pesquisa-ação, que propicia a antecipação e implementação das mudanças técnicas, sociais e gerenciais, capacitando a organização a buscar novas soluções tecnológicas para atender à demanda, sempre em evolução, de um ambiente turbulento. A metodologia prevê cinco estágios, que devem ser realizados de forma interativa e iterativa. São eles: 1) caracterizado o espaço de ação e o sistema de política correspondente, o agente reticulador identifica uma tarefa articuladora apropriada; 2) para garantir a manutenção e o fortalecimento do grau de reticulação atingido, especifica-se um instrumento articulador relacionado com os objetivos da tarefa articuladora; 3) mobilizam-se as partes do sistema de políticas que apresentem maior potencial para a formação do reticulado, envolvendo-as com a tarefa articuladora, por meio de seus autores-chave, que podem ser assistidos por consultores ligados ao agente reticulador; 4) gradualmente, outros componentes do sistema de política são engajados na tarefa articuladora; 5) o processo é mantido com o auxílio do instrumento articulador e os vários passos são reiterados.

A estratégia de aprendizagem, como concebida na proposta metodológica do planejamento inovador, busca facilitar processos de mudança organizacional abrangente, como a transição das empresas para o modo de gestão sustentável. Argyris e Schön (1974; 1978; 1996) definem aprendizagem organizacional como o processo de detectar e corrigir erros e distinguem dois tipos de aprendizagem: aprendizagem de ciclo simples e de ciclo duplo. As situações de aprendizagem de ciclo simples envolvem a detecção de um erro e a sua correção dentro de um certo conjunto de variáveis governantes (valores), sem modificá-las. Já os processos de aprendizagem de ciclo duplo referem-se a mudanças sobre essas variáveis, podendo acarretar mudança fundamental na direção estratégica da organização. As entidades (indivíduos ou grupos) detectam e corrigem os erros, questionando e modificando os valores, premissas e políticas que balizam suas ações.

Os autores postularam dois modelos para explicar comportamentos em um determinado sistema de aprendizagem: 1) Modelo I ou Mod-I, segundo o qual há pouca ou nenhuma aprendizagem de “ciclo duplo” relacionada aos valores e aos pressupostos que motivaram o comportamento de uma ou mais entidades da organização; 2) Modelo II ou Mod-II, caracterizado pela aprendizagem que não se limita a um ciclo simples, uma vez que inclui a aprendizagem sobre as variáveis dominantes que estão por trás de estratégias dominantes. Segundo Argyris e Schön (1974; 1978; 1996), as características do Mod-II e de seu respectivo sistema de aprendizado reforçam a prática de compartilhamento do poder com qualquer pessoa que tenha competência e que possa contribuir para melhores decisões e ações efetivas no contexto organizacional.

Analogamente ao Mod-II, no processo de planejamento inovador constrói-se um reticulado de tomadas de decisões, no qual as contribuições de cada membro são discutidas e testadas e, se novos conceitos emergem, eles são abertos para serem criticados por aqueles que irão usá-los. Nesse sentido, o método de pesquisa-ação tem sido considerado como especialmente apropriado para tratar de mudança organizacional ampla, pois apresenta a vantagem de possibilitar o estudo das ações dos participantes, enquanto a mudança está acontecendo, permitindo-se analisar e remodelar suas crenças, em face de um novo modelo que está emergindo e será consolidado pela organização.

Acredita-se que as organizações social e ambientalmente responsáveis devem direcionar ou re-direcionar suas estratégias para oportunidades potenciais de negócios, produtos e serviços sustentáveis e, ao mesmo tempo, aprender a reduzir e evitar custos e riscos associados a tais oportunidades. Para isto, torna-se fundamental a busca de equilíbrio apropriado entre a exploração de competências e tecnologias e a exploração de novas alternativas (MARCH, 1991). A essência da exploração é o aprimoramento e ampliação de competências e tecnologias existentes em um processo adaptativo. Seus retornos são positivos, previsíveis e acumulativos, como nos casos de inovação incremental. Já a exploração envolve a experimentação de novas alternativas, envolvendo iniciativas de alto risco e de recompensa incerta (ALMEIDA, 2006).

Analogamente, considerando-se os conceitos de aprendizagem de “ciclo simples” e de ciclo duplo, essas empresas deverão aumentar sua capacidade para aprendizagem de do segundo tipo e balancear o uso dos dois processos de acordo com as circunstâncias.

### 2.3. Evolução dos modelos de gestão tecnológica na direção do desenvolvimento sustentável

O desafio de descobrir como as empresas que atuam em ambientes cada vez mais complexos possam incorporar a visão de sustentabilidade econômica, social e ambiental em suas estratégias tecnológicas fez que com que se analisasse o estado-da-arte dos modelos de gestão tecnológica e as práticas vigentes nas empresas. O Quadro 1 mostra de forma esquemática a evolução desses modelos desde os anos 60, baseando-se na grade analítica apresentada por Roussel *et al.* (1991), com uma expansão para o modo Sustentável, caracterizado a partir da pesquisa-ação realizada na Empresa.

Quadro 1. Evolução dos modelos de gestão tecnológica

Descrição	Modelo de 1ª Geração	Modelo de 2ª Geração	Modelo de 3ª Geração	Perspectiva de desenvolvimento sustentável
<b>Período</b>	1960 - 1974	1975 - 1990	1990 – 1999	2000
<b>Modo</b>	Intuitivo	Sistemático	Estratégico e Intencional	Sustentável
<b>Ênfase</b>	Fomento	Rentabilidade	Rentabilidade e crescimento	Rentabilidade, crescimento, responsabilidade social e ambiental
<b>Estratégia tecnológica</b>	Estratégia tecnológica não explícita	Transição para o alinhamento das estratégias tecnológicas às estratégias de negócio	Forte alinhamento das estratégias tecnológicas às estratégias de negócio, com foco na rentabilidade	Alinhamento das estratégias tecnológicas às estratégias de negócio e espaço estratégico para P&D de alto risco e alta recompensa, de mais longo prazo. Foco na sustentabilidade e visão de longo prazo
<b>Ligação entre P&amp;D e o planejamento estratégico corporativo</b>	Sem ligação	Realimentação não explícita. Normalmente ocorre via conhecimento tácito	P&D influencia o planejamento estratégico das áreas de negócio. Utilização de <i>roadmappings</i> tecnológicos	P&D contribui para o planejamento estratégico corporativo, pela construção de cenários tecnológicos de negócios e <i>technological forecasting</i>
<b>Planejamento tecnológico</b>	Capacitação e infraestrutura	Planejamento, avaliação e controle de projetos	Planejamento estratégico da tecnologia, incorporando as análises de maturidade tecnológica e de impacto competitivo	Planejamento estratégico da tecnologia incorporando as análises de maturidade tecnológica e de impactos competitivo, social e ambiental

Fonte: Almeida (2006). Baseado em Roussel et al. (1992)

Autores que criticam o modelo de 3ª geração, como Miller (1995, 2001), Christensen e Overdof (2000) e Hart e Christensen (2002) apontam para a necessidade de se dispor imediatamente de novas ferramentas que ajudem os gestores a planejar o desenvolvimento tecnológico para horizontes mais longos, além dos horizontes demarcados pelos planos de negócio. Tal mudança de postura estimularia o surgimento de novas plataformas tecnológicas e novas capacidades dinâmicas, assim como reforçaria o necessário balanceamento entre P&D incremental e radical. Embora todas as questões abordadas sejam de extrema importância para a perspectiva de sustentabilidade corporativa, observam-se nos referidos trabalhos lacunas referentes à inserção das variáveis sociais e ambientais no processo decisório de opções tecnológicas.

Já os trabalhos de Vergragt e Jansen (1993), Green e Vergragt (2002) e Moors e Vergragt (2002) e de Partidario e Vergragt (2002) ressaltam a importância da avaliação dos impactos ambientais e sociais das tecnologias, mas não focalizam a problemática empresarial e sim os desenvolvimentos regional e setorial.

### 3. Gestão tecnológica e aprendizagem organizacional: evolução das práticas de uma empresa brasileira de energia

Destacam-se, a seguir, os marcos institucionais da trajetória da gestão tecnológica da Petrobras e seus respectivos ciclos de aprendizado, abrangendo-se o período de 1970 até 2008, passando pelos modos intuitivo e sistemático das gerações de P&D até o modo sustentável. Ressaltam-se os ciclos de aprendizagem identificados no período de 2003-2005, quando a empresa decidiu redesenhar seu processo de gestão estratégica de tecnologia, à luz das diretrizes corporativas de aumentar a capacidade de inovação e direcionar os desenvolvimentos tecnológicos com foco na sustentabilidade econômica, ambiental e social (ELKINGTON, 1997).

#### 3.1. Ciclo 1973 – 1988: Modo Intuitivo

Na década de 1970, a Petrobras experimentou o chamado modelo de primeira geração, em que as lideranças de seu centro de pesquisas cativo definiam a carteira de projetos de P&D da empresa, baseando-se nas necessidades de capacitação e de infra-estruturar e nas demandas tecnológicas específicas das unidades organizacionais voltadas para suas atividades-fim. Em 1980, criaram-se os Comitês Tecnológicos, que tinham como objetivo assessorar o planejamento e acompanhamento das atividades anuais, de curto prazo.

Passados cinco anos, o Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes), reconheceu a importância de melhorar o planejamento de suas atividades, tanto de curto, médio, como, principalmente, de longo prazo. No decorrer do período, a demanda por conhecimentos tecnológicos por parte das unidades clientes aumentou de forma acentuada, bem como o avanço do processo de aprendizado tecnológico na Petrobras, levando a uma identificação mais clara de inúmeras oportunidades de inovações radicais ou de caráter incremental. Por essas razões, o Cenpes buscou ampliar a visão de planejamento tecnológico para horizontes mais longos, elaborando seu primeiro Plano Estratégico em 1985 e propondo um Sistema de Planejamento e Administração Tecnológica, que redefinia os Comitês Tecnológicos como instrumentos de gestão e de integração formal com os demais órgãos da Empresa envolvidos com pesquisa, desenvolvimento, engenharia, adaptação e uso da tecnologia (STOLLENWERK *et al.*, 1994).

Embora tivessem importância marcante no Sistema de Planejamento que estava sendo implantado, os Comitês funcionaram nos dois primeiros anos com algumas dificuldades, por terem atribuições mais voltadas para o nível operacional, enquanto sua composição era mais estratégica. Com o objetivo de atualizar os Comitês para as novas conjunturas vividas na época e corrigir dissonâncias observadas na utilização prática desses instrumentos, o Cenpes redesenhou o Sistema de Planejamento em 1988, reorganizando os Comitês Tecnológicos em dois níveis e com

funções diferenciadas: Comitês Tecnológicos Estratégicos (CTEs), com a função de propor diretrizes tecnológicas e de gestão, e Comitês Tecnológicos Operacionais (CTOs), responsáveis pela seleção e priorização de projetos de P&D e de suporte nos diversos segmentos e respectivas áreas tecnológicas. Buscava-se, com essa iniciativa, uma visão integrada e global da gestão de todo o processo da função tecnologia na Empresa (PETROBRAS, 1989).

A implantação do Sistema de Comitês Tecnológicos e a institucionalização dos processos de formulação da estratégia tecnológica e de seleção e priorização de projetos de P&D constituíram marcos que fizeram com que a Empresa pudesse caminhar incrementalmente na direção do modo sistemático de gestão tecnológica.

### 3.2. Ciclo 1989 – 1995: Modo Sistemático

O Sistema de Comitês e o processo de planejamento tecnológico apoiaram-se conceitualmente nos princípios da administração estratégica preconizados por Ansoff (1983), entre os quais se destacam o processo participativo e a monitoração constante do ambiente no qual a organização atua. Planejamento tecnológico foi entendido na época como “o conjunto de eventos e atividades que passam desde o momento em que é identificada uma necessidade ou oportunidade tecnológica da Petrobras, até que os conhecimentos desenvolvidos para esse fim sejam utilizados e avaliados” (PETROBRAS, 1989, p.1). Estabeleceu-se como premissa básica a co-participação dos órgãos que atuam na pesquisa, desenvolvimento, aperfeiçoamento e adaptação no planejamento e gestão da tecnologia para atender as demandas das atividades-fim da Empresa, além da necessidade de monitoração e prospecção permanentes dos ambientes de negócios e tecnológico.

Nesse ciclo, o Sistema Tecnológico Petrobras passou efetivamente para o modo sistemático, experimentando um aprendizado de ciclo duplo, no qual as práticas e valores adotados nos anos 1970 e início dos anos 1980, fortemente centrados na capacitação e na criação da infra-estrutura de laboratórios e instalações piloto, evoluíram para práticas inovadoras na época, fundamentadas em princípios como visão sistêmica, visão estratégica de longo prazo, processo participativo e monitoração do ambiente externo.

Em 1992, os Comitês foram novamente reorganizados e passaram a enfatizar a atuação matricial e a multidisciplinaridade, a fim de aumentar a integração entre o Cenpes e as demais unidades do Sistema Tecnológico, bem como orientar melhor as atividades tecnológicas para os objetivos e metas da Empresa. Tais proposições vinham sendo implementadas, quando em 1993, a então Superintendência de Pesquisa Industrial do Cenpes, hoje Gerência de Pesquisa e Desenvolvimento do Abastecimento (PDAB), reuniu representantes das demais unidades dessa área para discutir o modelo de gestão tecnológica e criar laços de comprometimento e parcerias (Cenpes e unidades), propondo-se melhorias que seriam implantadas de comum acordo. O foco das dis-

cussões foi o Sistema de Comitês Tecnológicos e as conclusões e recomendações apontaram para necessidade de modelagem e sistematização dos CTEs e CTOs. Essas proposições foram implantadas no decorrer de 1994-1995, como descrito a seguir.

A institucionalização dos dois processos-chave – a formulação da estratégia, pelos Comitês Tecnológicos Estratégicos e a seleção e priorização de projetos de P&D, pelos Comitês Tecnológicos Operacionais – pode ser caracterizada por um aprendizado de ciclo duplo, uma vez que uma das variáveis dominantes mudou: a visão de curto para longo prazo. Esse aprendizado, por sua vez, gerou inúmeros ciclos de aprendizado do tipo simples na fase de institucionalização propriamente dita, todos, porém dentro do Mod-II, como comentado na Seção 2.2.

### 3.3. Ciclo 1996 – 2002: Modo Estratégico e Intencional

O processo de gestão estratégica da tecnologia foi redesenhado e sistematizado no final de 1995, por um grupo de trabalho sob a coordenação do Cenpes, que envolveu a participação de dez representantes das diversas gerências do Centro de Pesquisas e dezessete representantes das demais unidades do Sistema Tecnológico Petrobras. A partir de 1996, todas as unidades desse Sistema passaram a adotar os conceitos-chave do modelo de terceira geração de Roussel *et al.* (1991): 1) maturidade tecnológica; 2) impacto competitivo da tecnologia; 3) posicionamento tecnológico atual e futuro frente aos concorrentes; e 4) *portfolio* tecnológico estratégico – atual e futuro.

Dentre as inovações organizacionais implantadas durante a condução dos dois Comitês Tecnológicos Estratégicos da época (Comep e Corep) destacam-se: 1) a ampliação da abrangência das diretrizes tecnológicas do âmbito do Cenpes para todo o Sistema Tecnológico Petrobras, direcionadas exclusivamente para as atividades tecnológicas do Cenpes, nos ciclos anteriores; 2) o envolvimento dos clientes em todas as fases do processo CTE e a validação pelos gerentes funcionais dos resultados das etapas-chave; 3) a introdução ou o aperfeiçoamento das metodologias de análise do ambiente tecnológico externo; 4) a análise das tecnologias quanto à maturidade tecnológica e ao impacto competitivo e a construção de dois *portfolios* estratégicos – atual e futuro - nos quais se baseava a definição das diretrizes tecnológicas e de gestão; 5) a redução da subjetividade em todo o processo, em função da aplicação de critérios objetivos de análise e de decisão; 6) a introdução do conceito de “posturas estratégicas”, com o objetivo de refinar a proposição de diretrizes tecnológicas e, por conseqüência, aperfeiçoar o desdobramento e operacionalização das diretrizes nas ocasiões da seleção e priorização dos projetos de P&D pelos Comitês Tecnológicos Operacionais; 7) a priorização das diretrizes, realizada de forma objetiva, em função do grau de impacto competitivo das tecnologias, objetos das análises estratégicas.

Observa-se, neste ciclo, que o modo sistemático iniciado no ciclo anterior só se consolidou, de fato, a partir do esforço conjunto de sistematização dos dois processos-chave, com o envolvi-

mento de 27 gerentes das diversas unidades do Sistema Tecnológico Petrobras e o apoio metodológico desta pesquisadora, que na época trabalhava na antiga Divisão de Planejamento Tecnológico do Cenpes, hoje Gerência de Gestão Tecnológica.

A consolidação das práticas de gestão tecnológica no modo sistemático fez com que o Sistema Tecnológico experimentasse mais uma vez um aprendizado de ciclo duplo, na qual as práticas e valores adotados até então foram revistos à luz dos conceitos de Porter (1989) e do modelo de terceira geração de Roussel *et al.* (1991). Inovações tecnológicas e organizacionais significativas ocorreram nesse ciclo, bem como a efetiva incorporação dos novos conceitos na cultura da comunidade de gestão tecnológica da Empresa, frutos de uma série de ciclos de aprendizado dos tipos simples e duplo, conforme o Mod –II.

No início de 2003, a Petrobras verificou que o modo sistemático poderia limitar a atividade tecnológica a seus negócios atuais e metas de curto e médio prazos, gerando, portanto, uma estratégia tecnológica conservadora e carteiras de P&D cada vez mais direcionadas para P&D incremental. Adicionalmente, surgiram novos desafios empresariais e tecnológicos vinculados a energias renováveis e à responsabilidade social e ambiental. Como consequência, já em 2003, a empresa passa a rever seu processo de gestão estratégica de tecnologia, em busca do modo sustentável, como será descrito a seguir.

### 3.4. Ciclo 2003 – 2008: Modo Sustentável

O Sistema Tecnológico experimentou neste ciclo intensas mudanças organizacionais, como a transição para o modo sustentável de gestão em 2003-2005 e a formação de redes temáticas e núcleos regionais, fortalecendo-se de forma significativa a articulação externa com entidades acadêmicas e governamentais, em resposta a mudanças no marco regulatório de inovação do país, ocorridas no período. Por limitações de espaço, focalizam-se no presente trabalho apenas os principais resultados obtidos com cinco experimentos sociotécnicos realizados no período 2003-2005 com o objetivo de desenhar e implementar um novo modelo de gestão tecnológica baseado no modo sustentável. Os experimentos seguiram a metodologia de Planejamento Inovador (Seção 2.2), tendo como “tarefas articuladoras” a formulação da estratégia tecnológica no modo sustentável e o projeto de pesquisa-ação relacionado a essa proposição. Nesses experimentos, as variáveis ambientais e sociais, além das econômicas, foram incorporadas ao modelo de gestão estratégica da tecnologia na Petrobras e as contribuições das abordagens de planejamento adaptativo e de aprendizagem organizacional foram percebidas pelos participantes do processo como fundamentais para que o modo sustentável de gerenciar tecnologia, como preconizado no início dos experimentos, se tornasse uma realidade na prática atual de gestão tecnológica da empresa (ALMEIDA e MELO, 2004).

Os experimentos sociotécnicos foram conduzidos na seguinte sequência:

- Experimento 1: Formulação da estratégia tecnológica de gás e energia;
- Experimento 2: Formulação da estratégia tecnológica de exploração e produção;
- Experimento 3: Formulação da estratégia tecnológica do abastecimento;
- Experimento 4: revisão da estratégia tecnológica de gás e energia, à luz da revisão do Plano Estratégico Petrobras e da Estratégia de Gás e Energia;
- Experimento 5: Formulação da estratégia tecnológica do Fator Tecnológico 4 – Transformação química do gás natural da área de gás e energia.

A Figura 1 apresenta sinteticamente os saltos qualitativos ocorridos na base de conhecimento da empresa em gestão tecnológica, devido aos resultados obtidos no período 2003-2005.

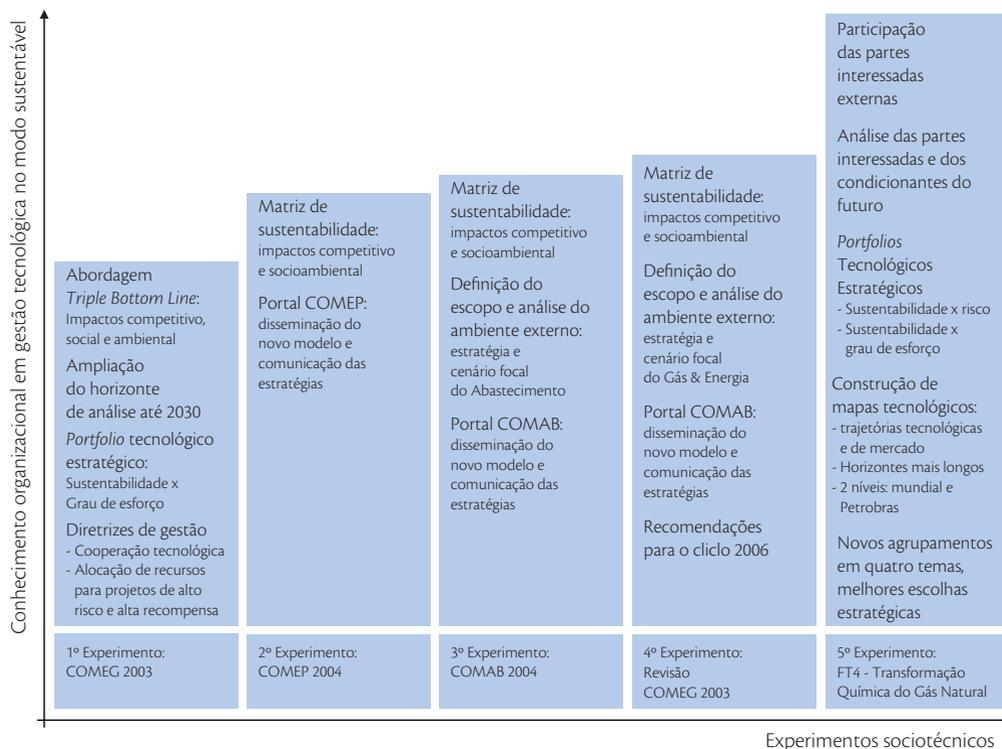


Figura 1. Conhecimento Organizacional da Petrobras em Gestão Tecnológica no Modo Sustentável

A implantação do modelo de desenvolvimento tecnológico sustentável no âmbito do Sistema Tecnológico Petrobras resultou na proposição e na incorporação de importantes avanços metodológicos, reconhecidos como diferenciais em relação às práticas adotadas em ciclos anteriores da gestão tecnológica da empresa: 1) mobilização de redes tecnológicas por área de negócio, com substancial redução dos tempos de análise praticados e maior integração dos participantes; 2) análise da sustentabilidade de 44 agrupamentos tecnológicos, incluindo o impacto ambiental e a contribuição social das tecnologias associadas, além da avaliação do impacto competitivo, que já vinha sendo praticada em todo o Sistema Tecnológico Petrobras, desde 1996; 3) análise da criticidade de cerca de 600 tecnologias, pela análise do alinhamento tecnológico ao Plano Estratégico da empresa, e do grau de esforço que será necessário para desenvolvê-las.

#### 4. Considerações finais

Ao longo dos experimentos do Ciclo 2003-2008, houve aportes significativos das abordagens de planejamento adaptativo e de aprendizagem organizacional para a implantação, na Petrobras, do modelo de gestão tecnológica no modo sustentável. Observaram-se diferentes combinações de ciclo simples e duplo de aprendizagem, conforme os modelos de aprendizagem organizacional de Argyris e Schön (1974; 1978; 1996).

A escolha da metodologia de planejamento foi de fundamental importância para o sucesso do projeto de pesquisa-ação, pela complexidade dos temas envolvidos e do ambiente organizacional no qual o modelo foi implantado. Entre as abordagens estudadas, as principais contribuições originaram-se do planejamento adaptativo, que trata o planejamento como um processo contínuo de aprendizagem, especialmente do Planejamento Inovador (MELO, 1991).

A análise dos ciclos da gestão tecnológica na Petrobras mostra que esses ciclos correspondem às fases de evolução dos modelos genéricos de Gestão Tecnológica identificados na literatura, nos seus. Modos “intuitivo”, “sistemático”, “estratégico/intencional”, tendo-se acrescentado, em decorrência do estudo realizado, o último modo, aqui denominado de “sustentável”.

Os elementos organizacionais “liderança”, “alinhamento tecnológico”, “aprendizagem contínua” e “cultura organizacional” foram determinantes dos processos de mudança requeridos no Sistema Tecnológico da Petrobras. Esses elementos continuam sendo essenciais para as atuais práticas de gestão tecnológica da Empresa e reforçam as premissas básicas do modelo de gestão tecnológica no modo sustentável, propiciando sua disseminação como melhores práticas para outras empresas que desejarem implantar um modelo de gestão estratégica da tecnologia segundo essa perspectiva.

A implantação do modelo, segundo a metodologia de Planejamento Inovador e de acordo com a abordagem *Triple Bottom Line*, permitiu a antecipação e implementação de importantes mudanças técnicas, sociais e gerenciais, refletidos nos saltos qualitativos na base de conhecimento da Petrobras em gestão tecnológica, sumariados no item 3.4. Essa capacitação possibilita que o Sistema Tecnológico Petrobras gere soluções tecnológicas inovadoras capazes de impulsionar negócios mais sustentáveis. Em consequência, oferece à empresa novas opções de criação de valor para as partes legitimamente interessadas no desenvolvimento tecnológico orientado para a sustentabilidade econômica, social e ambiental.

## Referências

- ALMEIDA, M.F.L. **Sustentabilidade Corporativa, Inovação Tecnológica e Planejamento Adaptativo: dos princípios à ação.** 2006. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia Industrial, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2006.
- ALMEIDA, M.F.L.; MELO, M.A.C. Implementing sustainable technology development: an integrative and learning-by-doing strategy. In: ICSTM - INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS THINKING IN MANAGEMENT, 3., 2004, Philadelphia. **Proceedings...** Philadelphia: ACASA, 2004. p. 156-168.
- ARGYRIS, C.; SCHON, D.A. **Theory in practice: increasing professional effectiveness.** San Francisco: Jossey Bass, 1974.
- \_\_\_\_\_. **Organizational learning: a theory of action perspective.** Reading, Mass: Addison Wesley, 1978.
- \_\_\_\_\_. **Organizational learning II: theory, method and practice.** Reading, Mass: Addison Wesley, 1996.
- CHRISTENSEN, C.M.; OVERDORF, M. Meeting the challenge of disruptive change. **Harvard Business Review**, Mar-Apr., p. 66-76. 2000.
- DJSI. **Dow Jones Sustainability Group Indexes.** Disponível em: <<http://www.sustainability-indexes.com>>. Acesso em: 10 jun 2009.
- DYLLICK; HOCKERTS, Beyond the business case for corporate sustainability. **Business strategy and the environment**, v. 11, n. 2, p. 130 - 141. 2002.
- ELKINGTON, J. **Cannibals with forks; The triple bottom line of 21st century business.** Oxford, U.K.: Capstone Publishing Limited, 1997.
- GREEN, K.; VERGRAGT, P.J. Towards sustainable households: a methodology for developing sustainable technological and social innovations. **Futures**, v. 34, n.5, p. 381-400, 2002.
- HART, S.L.; CHRISTENSEN, C. **The great leap: driving innovation from the base of the pyramid.** MIT Sloan Management Review, v.44, n.1, p. 51-56, 2002.
- HAWKEN, P.; LOVINS, A.; LOVINS, H. **Natural Capitalism: creating the next industrial revolution.** New York: Little Brown, 1999, 416 p.
- HEDSTROM, G.; POLTORZYCKI, S.; STROH, P. Sustainable development: the next generation - how real, how soon and who's doing what? **Prism - The Arthur D. Little Journal** v. 4, p.5 -19, 1998.
- MARCH, J. G. Exploration and exploitation in organizational learning. **Organizational Science**, v.2, n.1, feb. 1991.
- MELO, M.A.C. **Articulated incrementalism – a strategy for planning** (with special reference to the design of an information system as an articulated task). 1977. 250 p. (PhD) Dissertation. Wharton School, University of Pennsylvania. Philadelphia. 1977.

- \_\_\_\_\_. Innovatory planning: anticipating social and technological Innovation. Res. In: CONGRÉS INTERNATIONAL IN FRANCE: LE GÉNIE INDUSTRIEL: FACTEUR DE COMPETITIVITÉ DÉS ENTERPRISES, 3. 1991, Tours. **Analles...** Tours: Groupement de Génie Industriel-GGI, 1991.
- \_\_\_\_\_. O processo de planejamento e as inovações tecnológicas e sociais: uma perspectiva socioecológica. In: SEMINÁRIO DE MODERNIZAÇÃO TECNOLÓGICA, 5. Recife. **Anais...** Recife: FUNDAJ, 1997.
- \_\_\_\_\_. Innovatory planning: methods and techniques. In: GBATA - Global Business Administration and Technology Association, Budapeste, 2003. **Proceedings...** Budapeste: 2003.
- \_\_\_\_\_. Inovação e modernização tecnológica e organizacional nas MPME: um referencial socioecológico. In: LASTRES, H.M.M.; CASSIOLATO, J.E.; MACIEL, M.L. (eds.). **Pequena Empresa: cooperação e desenvolvimento local**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2003.
- MILLER, W.L.A Broader mission for R&D. **Research Technology Management**. Nov. – Dec., p. 21-36. 1995.
- \_\_\_\_\_. Innovation for business growth. **Research Technology Management**, Sep. – Oct., p. 26- 41. 2001.
- MOORS, E.H.M.; VERGRAGT, P.J. Technology choices for sustainable industrial production: transitions in metal making. **International Journal of Innovation Management** v. 6, n.3, Sep., p. 277-299. 2002.
- PARTIDARIO, P.J.; VERGRAGT, P. Planning of strategic innovation aimed at environmental sustainability: actor-networks, scenario acceptance and backcasting analysis within a polymeric coating chain. **Futures**, v.34, p.841-861, 2002.
- PORRITT, J. **The World in context: beyond the business case for sustainable development**. Cambridge: HBR: The Prince of Walles' Business and Environmental Programme for Industry.,2001.
- ROTHWELL, R. Success industrial innovation: critical factors for the 1990s. **R&D Management**, v.22, n.3, p.221-239, 1992.
- \_\_\_\_\_. Towards a fifth-generation process innovation. **International Marketing Review**, v. 11, n.1, p. 7-31, 1994.
- ROUSSEL, P.A.; SAAD, K.N; BOHLIN, N. **Third generation R&D: managing the link to corporate strategy** Boston: Mass: Harvard Business School Press, 1991. 224 p.
- THE NATURAL STEP. **The Natural Step framework guidebook**. 2000. 14 p.
- VERGRAGT, P.L.; JANSEN, L. Sustainable technological development: the making of a long-term oriented technology programme. **Project Appraisal**, v.8 n.3 p. 134-140, 1993.
- WCED – World Commission on Environment and Development. **Our common future**, Oxford: Oxford University Press, 1987.



# Iniciativa Nacional de Inovação: modelo conceitual de prospecção tecnológica para áreas estratégicas no Brasil<sup>1</sup>

Maria Fatima Ludovico de Almeida<sup>2</sup> & Carlos Augusto Caldas de Moraes<sup>3</sup>

## Resumo

No âmbito da “Iniciativa Nacional de Inovação - INI”, articulada por instituições governamentais no Brasil, foram desenvolvidos três estudos prospectivos, abrangendo o horizonte temporal de 2008 a 2025, os quais serviram de base à formulação das agendas que comporão as INI focalizadas nas chamadas áreas estratégicas portadoras de futuro, a saber: nanotecnologia, biotecnologia e tecnologias de informação e comunicação (TIC). Este trabalho tem por objetivo descrever o modelo conceitual de prospecção tecnológica desenvolvido para a construção coletiva da “Visão de Futuro da Área Estratégica (Nanotecnologia ou Biotecnologia ou TIC)”, cuja realização foi conduzida através de respectivas oficinas de trabalho com convidados da indústria, da academia e do governo durante o ano de 2008. A eficácia de um estudo prospectivo está diretamente ligada a um desenho metodológico definido a partir de uma delimitação precisa das questões a serem respondi-

## Abstract

*Within the scope of the National Innovation Initiative (NII) - a multi-year effort engaging governmental, academic and industry sectors in Brazil - three prospective studies had been developed covering the period from 2008 to 2025. Their results will help decision-makers to build up the agendas that will compose the National Innovation Initiative (NII) focusing on emerging and strategic technologies. These technologies include nanotechnology, biotechnology and information and communications technologies (ICT). This work aims to present a conceptual model developed for those prospective studies and respective methodology which encompasses the following stages: 1) definition of technological topics which should be prospected; 2) a delphi survey about general questions on the development of nanotechnology; biotechnology and ICT in Brazil; 3) collective construction of a future vision, including technological and strategic roadmaps of logical*

1 Trabalho publicado nos Anais no XIII Seminário de Gestão Tecnológica. ALTEC 2009. Cartagena, 2009.

2 Doutora em Engenharia de Produção (PUC-Rio), professora adjunta da Programa de Pós-graduação em Metrologia, Qualidade e Inovação, e consultora do CGEE e Petrobras. Email: fatima.ludovico@gmail.com.

3 Doutor em Engenharia de Produção (PUC-Rio), professor adjunto da Universidade Cândido Mendes, e assessor técnico do CGEE. Email: cmoraes@cgee.org.br.

das, da sistematização do processo, da escolha criteriosa dos participantes e especialistas envolvidos e da avaliação e gestão do processo que permita realizar ajustes e correções de rumo com vistas à sua melhoria como um todo. A metodologia de prospecção contemplou as seguintes etapas: 1) definição dos tópicos a serem estudados, com base em análise detalhada de estudos anteriores sobre cada área estratégica e referenciais externos; 2) consulta estruturada para as questões gerais sobre o desenvolvimento da área estratégica no Brasil; 3) construção coletiva da visão de futuro, contemplando o desenho dos mapas tecnológicos e estratégicos dos agrupamentos lógicos de cada área, com indicação das aplicações mais promissoras e oportunidades estratégicas para o país; 4) proposição de ações que integrarão a Agenda INI, segundo seis dimensões: recursos humanos, infraestrutura física, investimentos, marco regulatório, aspectos éticos e aspectos de mercado.

**Palavras-chave:** Prospecção. Inovação. Nanotecnologia. Tecnologias de informação e comunicação. Metodologia. Visão de futuro.

*groupments in each area (nanotechnology; biotechnology and ICT). Those maps indicated the more promising applications and strategic options for the country; 4) proposal of action plans (short, medium and large terms) which should integrate the NII Agenda, according to six dimensions: human resources, physical infrastructure, investments, regulatory landmark, ethical aspects and perception by society and also market aspects.*

**Keywords:** *Prospective studies. Innovation. Nanotechnology. Information and communications technologies (ICT). Methodology. Future vision.*

---

## 1. Introdução

No âmbito da “Iniciativa Nacional de Inovação (INI)”, articulada por instituições governamentais no Brasil, foram desenvolvidos três estudos prospectivos, abrangendo o horizonte temporal de 2008 a 2025, para servirem de base à formulação das agendas que comporão as INI para as chamadas áreas estratégicas portadoras de futuro, a saber: nanotecnologia, biotecnologia e tecnologias de informação e comunicação (TIC).

A cada área estratégica, correspondeu um estudo prospectivo, que teve por objetivo geral fornecer as bases para a estruturação de uma agenda com diretrizes e ações de curto, médio e longo prazos, vinculadas ao desenvolvimento de tópicos associados à respectiva área. Em termos específicos, cada estudo prospectivo buscou:

- analisar documentos de referência sobre políticas e estratégias nacionais de inovação na respectiva área, bem como relatórios internacionais e nacionais sobre o mercado, marcos legal e regulatório, entre outros que se fizerem necessários;

- construir a visão de futuro do desenvolvimento dos tópicos associados à área estratégica no Brasil, a partir do desenho e análise de mapas tecnológicos e estratégicos que permitam a indicação das aplicações mais promissoras e prioridades para as ações de suporte (respectiva Agenda INI);
- definir o marco atual e o da visão de futuro, nas dimensões de análise consideradas, a saber: recursos humanos, infraestrutura, marco regulatório, investimentos, aspectos de mercado e aspectos éticos e de aceitação pela sociedade das novas tecnologias;
- elaborar e validar propostas de diretrizes e ações que comporão a Agenda INI com foco na área estratégica.

O presente trabalho tem por objetivo descrever a metodologia desenvolvida pelos autores para a construção coletiva da “Visão de Futuro da Área Estratégica (nanotecnologia ou biotecnologia ou TIC): 2008-2025”, cuja realização foi conduzida através de respectivas oficinas de trabalho com convidados da indústria, da academia e do governo e os principais atores envolvidos no projeto.

A Figura 1 representa esquematicamente o escopo genérico definido para o estudo prospectivo, a partir da análise detalhada de documentos de referência sobre políticas e estratégias nacionais de inovação em áreas portadoras de futuro, bem como de relatórios internacionais e nacionais cobrindo aspectos de mercado, marcos legais e regulatórios, aspectos éticos e de aceitação das tecnologias emergentes pela sociedade e níveis de investimentos praticados.

Como mostra a Figura 1, o estudo prospectivo compreende agrupamentos lógicos definidos para cada área estratégica, seis dimensões de análise, conforme modelo conceitual comum aos projetos da Iniciativa Nacional de Inovação, setores de aplicação mais impactados pelo desenvolvimento tecnológico de cada área estratégica e os principais agentes mobilizadores para inovação: empresas, governo, instituições de Ciência e Tecnologia (ICT) e universidades.

Apresentam-se no Quadro 1, os focos, agrupamentos lógicos e setores considerados nos três casos: nanotecnologia, biotecnologia e TIC.

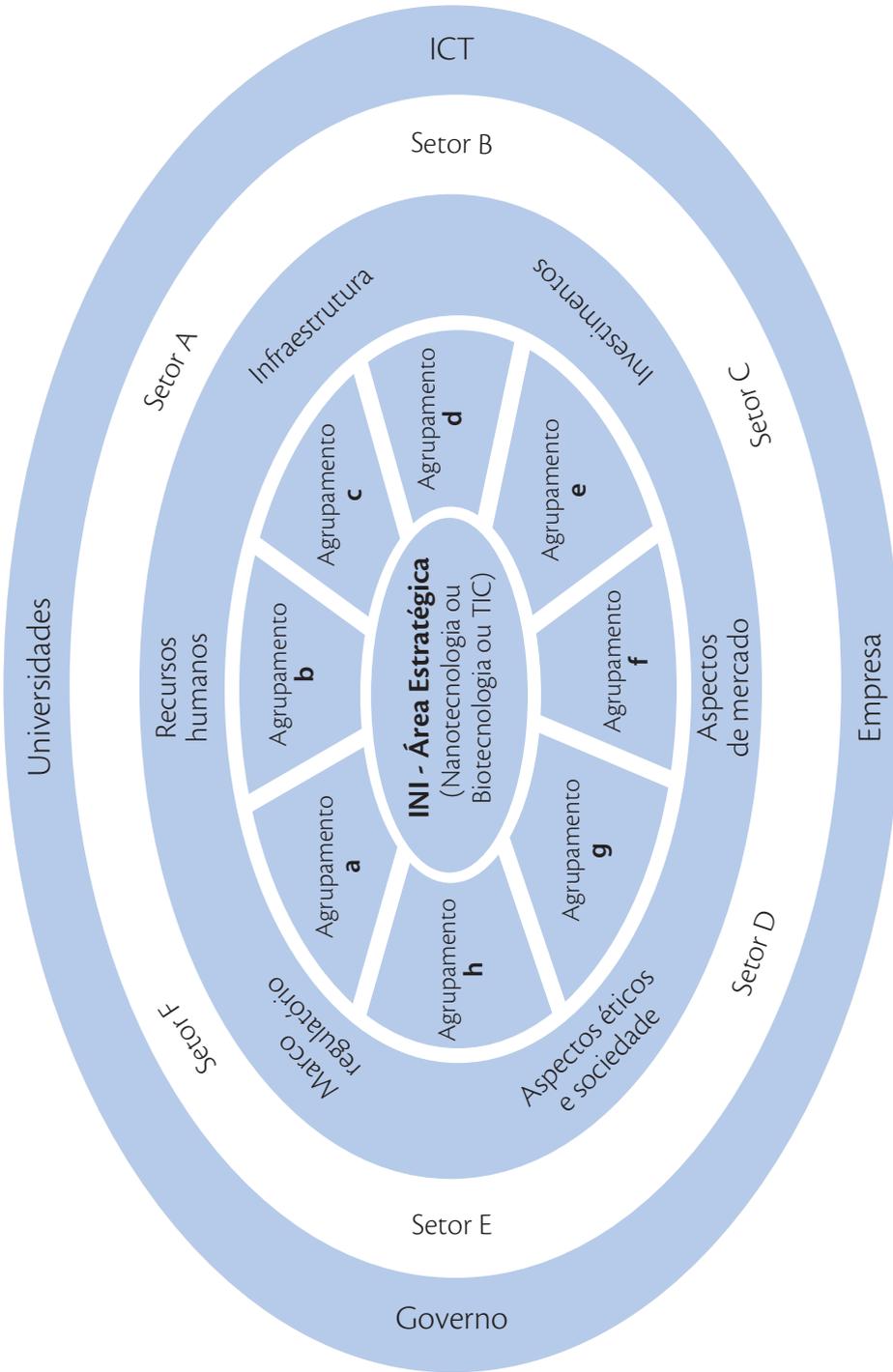


Figura 1. Escopo do estudo prospectivo para os projetos da INI

**Quadro 1.** Agrupamentos e setores considerados nos estudos prospectivos da INI

<b>Área estratégica</b>	<b>Foco</b>	<b>Agrupamentos</b>	<b>Setores impactados</b>
Nanotecnologia	Aplicações mais promissoras	nanomateriais	material eletrônico e pares e equipamentos de comunicações
		nanoeletrônica	medicina e saúde
Biotecnologia	Áreas de fronteira	nanofotônica	higiene, perfumaria e cosméticos
		nanobiotecnologia	petróleo, gás natural e petroquímica
		nanoenergia	aeronáutico
		nanoambiente	biocombustíveis
		genômica, pós-genômica e proteômica	plásticos
		nanobiotecnologia	meio ambiente
		células - tronco	agroindústrias
		clonagem e expressão heteróloga de proteínas	medicina e saúde
		novas tecnologias em reprodução animal e vegetal função gênica, elementos regulatórios e terapias gênicas	biofármacos
		engenharia tecidual	agroindústrias
conversão de biomassa	biocombustíveis e bioenergia		
biodiversidade	meio ambiente		
bioinformática			
Tecnologias de Informação e Comunicação	Aplicações mobilizadoras	serviços convergentes de telecomunicações	telecomunicações, equipamentos eletrônicos e de comunicações
		TV digital interativa	instrumentação e automação
		sistemas aplicados à segurança pública	segurança pública
		sistemas de rastreabilidade de animais, alimentos e madeira	meio ambiente
		sistemas aplicados à saúde humana	agroindústrias
		sistemas aplicados à energia e meio ambiente	educação
		sistemas eletrônicos e de simulação aplicados à navegabilidade	energia
			medicina e saúde
	defesa; petróleo, gás natural e petroquímica		
	aeronáutico		

Na seqüência, o Quadro 2 apresenta as dimensões a serem cobertas pela INI (nanotecnologia ou biotecnologia ou TIC) e seus descritivos, conforme modelo conceitual adotado em todas as Iniciativas Nacionais De Inovação.

Quadro 2. Dimensões da Agenda INI

Ref.	Dimensão	Descrição
RH	Recursos Humanos	Ações de incentivo à formação e capacitação de recursos humanos para o desenvolvimento de C&T e inovação nas áreas da INI.
IE	Infraestrutura	Ações para consolidar e expandir a infraestrutura física das instituições públicas e privadas que tenham com missão o desenvolvimento de P, D & I com foco na indústria; induzir a formação de ambiente favorável a uma maior interação entre o meio empresarial e os centros geradores de conhecimento e estimular o surgimento de novas empresas de base tecnológica.
INV	Investimentos	Ações de fomento, utilizando os diversos mecanismos de apoio disponíveis, de modo a: (i) prover fontes adequadas de financiamento, inclusive de natureza não reembolsável, bem como fortalecimento do aporte de capital de risco, para a formação de empresas ou rede de empresas inovadoras; (ii) avaliar a utilização de instrumentos de desoneração tributária para a modernização industrial, inovação e exportação nos segmentos da INI.
MR	Marco regulatório	Ações para aprimorar a legislação e o marco regulatório com impactos diretos sobre o desenvolvimento da indústria, de forma a facilitar a entrada competitiva de produtos e processos, baseados nas novas tecnologias, nos mercados nacional e internacional.
AE	Aspectos éticos e aceitação pela sociedade	Ações voltadas para os aspectos éticos e socioculturais na dimensão da inovação relacionados à incorporação de novas tecnologias em produtos, serviços e processos e sua aceitação pela sociedade.
AM	Aspectos de mercado	Ações focalizando elementos essenciais para a inserção competitiva das inovações brasileiras no mercado nacional e internacional, cadeias produtivas, redução das barreiras de entrada em mercados e outros aspectos mercadológicos.

## 2. Bases conceituais

A eficácia de um estudo prospectivo está diretamente ligada a um desenho metodológico definido a partir de uma delimitação precisa das questões a serem respondidas, da sistematização do processo, da escolha criteriosa dos participantes e especialistas envolvidos e da avaliação e gestão do processo que permita realizar ajustes e correções de rumo com vistas à sua melhoria como um todo.

Apresentam-se neste Capítulo as bases conceituais da construção da visão de futuro, iniciando-se com uma breve descrição da metodologia de prospecção adotada e as especificidades do contexto de sua aplicação, no caso as áreas estratégicas consideradas no projeto INI: nanotecnologia, biotecnologia e TIC. Discutem-se as abordagens conceituais selecionadas para a construção dos mapas tecnológicos e estratégicos, bem como sua representação gráfica.

Para a análise dos impactos e condicionantes do futuro do desenvolvimento dos agrupamentos selecionados para cada área estratégica no Brasil, foram propostos instrumentos de pesquisa elaborados para cada área e que foram aplicados durante as respectivas oficinas de trabalho.

Para efeito da construção dos mapas tecnológicos da INI (nanotecnologia ou biotecnologia ou TIC), torna-se fundamental deter-se um pouco em torno do conceito de inovação. Conforme

o Manual de Oslo da OECD, “inovação tecnológica de produto ou processo” compreende: 1) introdução de um novo produto ou mudança qualitativa em produto existente; 2) inovação de processo que seja novidade para uma indústria; 3) abertura de um novo mercado; 4) desenvolvimento de novas fontes de suprimento de matéria-prima ou outros insumos; 5) mudanças na organização industrial.

Considera-se que uma inovação tecnológica de produto ou processo tenha sido implementada se tiver sido introduzida no mercado (inovação de produto) ou utilizada no processo de produção (inovação de processo). As inovações tecnológicas de produto ou processo envolvem uma série de atividades científicas, tecnológicas, organizacionais, financeiras e comerciais. A firma inovadora é aquela que introduziu produtos ou processos tecnologicamente novos ou significativamente melhorados num período de referência.

De acordo com o Decreto nº 5.563, de 11 de outubro de 2005, que regulamenta a Lei da Inovação de 2004 no Brasil, o conceito de inovação tecnológica segue a mesma abordagem do Manual de Oslo, porém é definida de forma mais simples como “a introdução de novidade no ambiente produtivo, seja ela produto ou processo, que traga melhoria significativa ou crie algo novo”. Ao longo do desenvolvimento dos três estudos prospectivos, foi adotada esta última definição.

## 2.1. Metodologia de prospecção adotada

A metodologia de prospecção proposta para a construção coletiva da “Visão de Futuro da Área Estratégica (Nanotecnologia ou Biotecnologia ou TIC): 2008-2025”, cuja realização foi conduzida por meio de respectivas oficinas de trabalho com convidados da indústria, da academia e do governo e os principais atores envolvidos no projeto, contempla as seguintes etapas:

- a) definição dos tópicos a serem estudados, com base em análise detalhada de relatórios do CGEE sobre cada área estratégica e em referenciais externos;
- b) consulta estruturada para as questões gerais sobre o desenvolvimento da área estratégica no Brasil, considerando os respectivos focos mostrados no Quadro 1;
- c) construção coletiva da visão de futuro, compreendendo o desenho dos mapas tecnológicos e estratégicos dos agrupamentos lógicos de cada área, com indicação das aplicações mais promissoras e oportunidades estratégicas para o país;
- d) proposição de ações que integrarão a Agenda INI (Nanotecnologia, Biotecnologia e TIC, conforme as seis dimensões apresentadas no Quadro 2).

Em particular, para a etapa (c) – referente à construção coletiva da visão de futuro –, utilizou-se o modelo conceitual proposto por Phaal et al. (2004) para orientar os desenhos dos mapas tecnológicos e estratégicos apresentados em esquemas didáticos nas Figuras 3, 4 e 5 deste trabalho.

O método de construção de mapas tecnológicos foi introduzido há mais de vinte anos pela Motorola como uma ferramenta de suporte ao processo de gestão tecnológica e desenvolvimento de novos produtos (WILLYARD; MCCLEES, 1987). Sua utilização visava garantir que os investimentos em P&D na empresa estivessem alinhados às estratégias de negócio de médio e, principalmente, de longo prazo. Em particular, buscava-se definir metas tecnológicas, atrelando-as à estratégia da empresa, à evolução das características dos produtos e aos custos de desenvolvimento tecnológico.

Ao longo do tempo, porém, a aplicação do método foi difundida entre inúmeras empresas, de forma que hoje ele é utilizado inclusive no auxílio à formulação de políticas públicas. A ampla utilização dos mapas tecnológicos deve-se principalmente à flexibilidade no uso, tanto em termos de arquitetura do mapa, quanto do processo de construção em si.

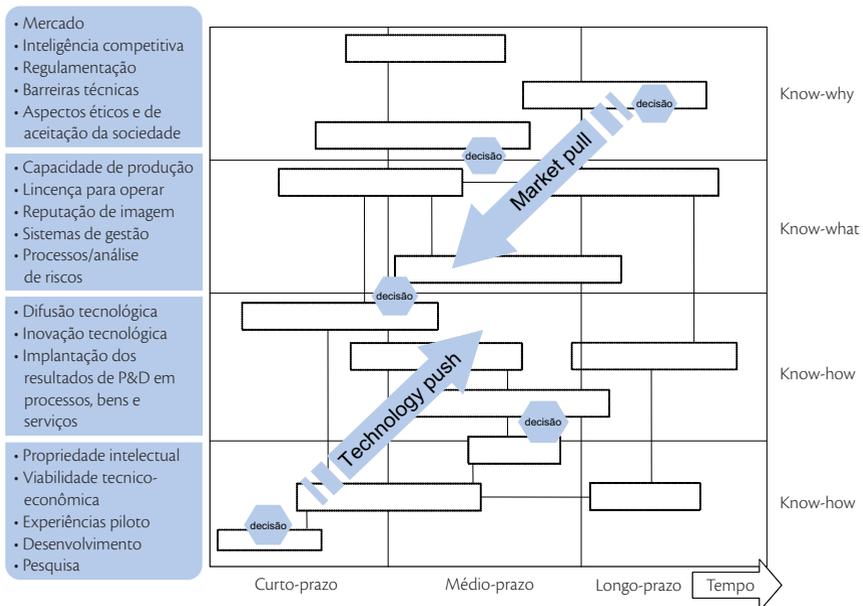
A construção do mapa, através de oficinas de trabalho, permite que os diversos atores capturem um conhecimento organizacional sobre as questões estratégicas em tela, bem como sinais de mudança no ambiente de tecnológico externo que possam impactar tanto os negócios atuais quanto a criação de negócios e mercados futuros.

O processo de construção permite também que se estruture esse conhecimento, sob os aspectos de *know-why*, *know-what*, *know-how* e *know-when*, facilitando posteriormente a identificação de gargalos e áreas críticas de decisão ao longo das trajetórias desenhadas nos mapas tecnológicos, conforme representado na Figura 2.

Um modelo genérico de mapa tecnológico, integrando as abordagens do processo de inovação (*technology push* e *market pull*) é representado esquematicamente na Figura 2.

Ressalte-se que uma das premissas norteadoras da construção dos mapas tecnológicos dos estudos prospectivos – objetos dos projetos INI – é a adoção da abordagem *technology-push*, em detrimento da abordagem mais adotada nesse tipo de exercício, que é a opção *market-pull*. Em geral, inicia-se o processo de construção dos mapas com uma oficina de trabalho voltada para as camadas superiores da Figura 2 – mercado e produtos/serviços (*market-pull*). Na seqüência, completa-se o mapa com a última oficina voltada para as camadas inferiores do mapa (*technology-push*), buscando-se responder que tecnologias e ações de suporte serão necessárias para apoiar o desenvolvimento de novos processos, produtos e mercados. No caso da prospecção para tecnologias portadoras de futuro, pela sua característica disruptiva, propõe-se que a opção

de escolha recaia sobre a abordagem *technology-push*, conjugando-se porém as duas oficinas em um evento único com a participação de representantes da indústria, governo, universidades e ICTs. Iniciar pela alternativa *market-pull* não seria adequada, devido à dificuldade de prever mercados para tecnologias que não foram ainda testadas nos estágios de inovação/implantação em diante (Figura 2).



Fonte: Adaptado de PHAAL et al. (2004)

Figura 2. Modelo genérico de mapa tecnológico

## 2.2. Representações dos mapas tecnológicos e estratégicos

A Figura 3 mostra a representação dos mapas tecnológicos que foi adotada na confecção do material de apoio às oficinas de trabalho. Destaca-se que, na fase de desenho da metodologia, algumas adaptações em relação ao modelo genérico representado na Figura 2 tiveram que ser feitas para atender aspectos relevantes do contexto específico do projeto da Iniciativa Nacional de Inovação.

Estágios	Mapa tecnológico (título) no mundo e no Brasil		
	2008-2010	2011-2015	2016-2025
Comercialização e assistência técnica em larga escala	Capacidade de comercialização e de assistência técnica em larga escala no horizonte de tempo considerado.		
Produção ou entrada em serviço em larga escala	Para produtos: capacidade de produção em larga escala, com incorporação da tecnologia em questão no horizonte de tempo considerado. Para serviços: capacidade de oferta em larga escala, com incorporação da tecnologia em questão no horizonte de tempo considerado.		
Inovação (implementação de novos produtos, serviços ou processos)	Capacidade de implementação de um novo produto (bem ou serviço) ou processo com incorporação da tecnologia em questão no horizonte de tempo considerado.		
Pesquisa & Desenvolvimento	Capacidade de desenvolvimento científico e tecnológico no período considerado.		

Figura 3. Modelo conceitual de construção dos mapas tecnológicos

Na sequência, apresenta-se na Figura 4 a representação do mapa tecnológico (Brasil ou mundo), no qual foram posicionados os tópicos associados às aplicações das áreas de fronteira em um determinado setor.

Os tópicos são indicados na Figura 4 com referências alfanuméricas e suas trajetórias tecnológicas e de mercado foram desenhadas durante o exercício prospectivo, conforme a evolução esperada ao longo do tempo.

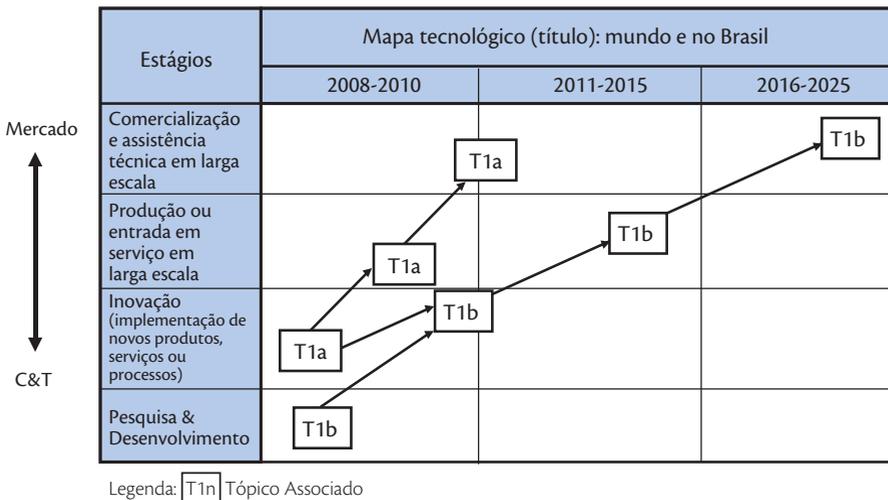


Figura 4. Representação dos mapas tecnológicos: Brasil e mundo

Particularmente no mapa tecnológico do Brasil, foram indicados diretamente no mapa os espaços para tomadas de decisão em relação a gargalos ou aproveitamento de oportunidades tecnológicas e de mercado para o país. A Figura 5 mostra alguns exemplos ilustrativos em vermelho.

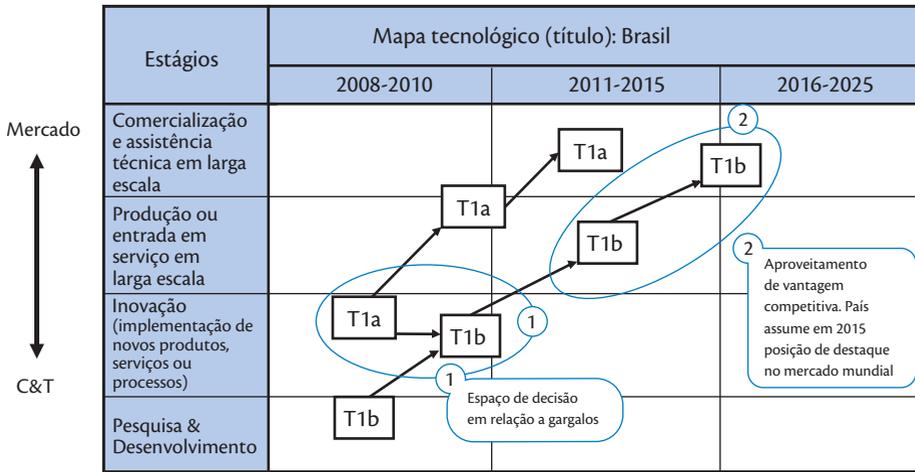


Figura 5. Representação dos mapas tecnológicos: espaços de decisão

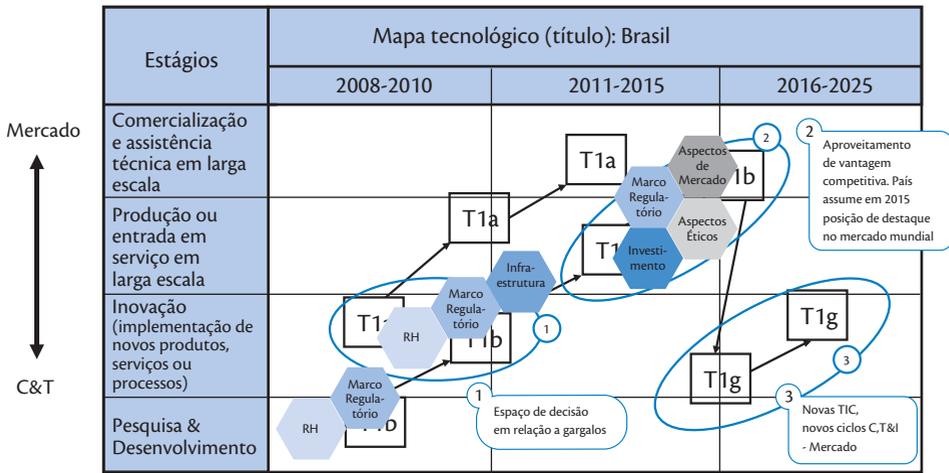


Figura 6. Representação dos mapas estratégicos: prioridades de ações de suporte

O mapa estratégico foi construído com base no desenho do mapa tecnológico mostrado na Figura 5. O exercício prospectivo prevê a indicação naquele mapa dos pontos, nos quais serão necessárias ações de suporte à concretização da visão de futuro representada pelas trajetórias dos tópicos em análise. Na Figura 6, mostra-se a representação do mapa estratégico com a indicação das prioridades de ações que deverão integrar a Agenda INI [Nanotecnologia ou Biotecnologia ou TIC] em cada período da análise: 2008- 2010; 2011-2015; e 2016-2025.

Vale destacar que os gargalos e respectivos hexágonos que indicam a necessidade de uma ação de suporte referem-se às seis dimensões da INI [nanotecnologia ou biotecnologia ou TIC], a saber: recursos humanos, infraestrutura física, investimentos, marco regulatório, aspectos éticos e de aceitação social e aspectos mercadológicos. A descrição das dimensões foi apresentada no Quadro 2.

### 3. Resultados alcançados

Destaca-se um diferencial da metodologia adotada nos estudos prospectivos, que impacta diretamente a formulação das Agendas INI. Refere-se aos mapas estratégicos, que, via de regra, enfatizam ações e diretrizes vinculadas a uma determinada visão de futuro, que são representadas ao longo da linha do tempo em grafos, partindo-se de uma situação inicial até a situação desejada. Nos estudos prospectivos das três áreas tecnológicas estratégicas, as ações e diretrizes que comporão as respectivas Agendas INI vinculam-se diretamente aos tópicos tecnológicos e suas trajetórias em cada tema (nanotecnologia), em cada setor (biotecnologia) e em cada aplicação mobilizadora (TIC), com a indicação dos estágios em que os mesmos se encontram nos respectivos mapas tecnológicos.

Os *portfolios* tecnológicos estratégicos desenvolvidos para os temas (nanotecnologia), setores (biotecnologia) e aplicações mobilizadoras (TIC), permitiram identificar os desenvolvimentos mais promissores, pela classificação dos tópicos segundo dois critérios: 1) sustentabilidade, calculada em função do impacto econômico e socioambiental das aplicações futuras; 2) grau de esforço para atingir o posicionamento desenhado no mapa tecnológico do Brasil, que reflete a existência de barreiras, incertezas e riscos tecnológicos e comerciais.

Desse processo estruturado de análise, destacaram-se nos estudos prospectivos aquelas aplicações consideradas estratégicas para o país em quatro níveis: 1) “apostas”, referentes a tópicos que foram classificados como de alta sustentabilidade e cujos desenvolvimentos requerem alto grau de esforço, na grande maioria dos casos devido ao estágio embrionário em que se encontram; 2) “situação ideal”, quando os tópicos são de alta sustentabilidade e seus desenvolvimentos requerem menor esforço, em termos comparativos; 3) “situação desejável”, quando os tópicos são de alta sustentabilidade e seus desenvolvimentos irão exigir um esforço médio; e 4) “situação

aceitável”, quando os tópicos são de média sustentabilidade e seus desenvolvimentos irão exigir um esforço médio, na maioria dos casos por meio de parcerias e de cooperação internacional.

Cabe ressaltar que os estudos prospectivos reuniram os resultados de um esforço coletivo, envolvendo cerca de 180 representantes de instituições acadêmicas, de centros de P&D, da indústria e do governo que atuam diretamente nos campos das áreas tecnológicas em foco. Com base nos resultados dos estudos, serão consolidadas, com o comprometimento de todos, as Agendas que servirão de base para as etapas posteriores de implantação das Iniciativas Nacionais de Inovação, respectivamente nas áreas de nanotecnologia, biotecnologia e TIC.

## 4. Conclusões

Neste trabalho, buscou-se apresentar uma metodologia comum de construção da visão de futuro para formulação das Agendas INI [nanotecnologia, biotecnologia e TIC], cuja elaboração foi direcionada para atender aos objetivos dos projetos INI em curso no Brasil.

A metodologia proposta baseou-se na abordagem conceitual desenvolvida pelo Centre for Technology Management da University of Cambridge (Inglaterra), que é consagrada em nível internacional. A construção coletiva da visão de futuro das áreas estratégicas, focos dos projetos INI, foi conduzida em oficinas de trabalho, com convidados da indústria, da academia e do governo e os principais atores envolvidos nos projetos.

Finalmente, ao longo da descrição da metodologia, destacam-se seus diferenciais em relação às práticas correntes de estudos da mesma natureza, mais precisamente a inclusão das variáveis sociais e ambientais na avaliação de impactos e a vinculação direta das ações de suporte que compõem as Agendas INI com as trajetórias tecnológicas e de mercado, preconizadas nos respectivos mapas tecnológico e estratégico de cada área analisada.

## Referências

- CENTRE for Technology Management. **Roadmapping – Resources**. University of Cambridge. Disponível em: <<http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/ctm/trm/resources.html>>. Acesso em out. 2008.
- MoRST. **Biotechnology to 2025**. Serie Future Watch. New Zealand: Ministry of Research, Science and technology, 2005.
- OCDE. **Manual Oslo: proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre Inovação Tecnológica**. Trad. Paulo Garchet. 2 ed. Rio de Janeiro: FINEP, 2004. 136 p.
- PHAAL, R.; FARRUKH, C.; PROBERT, D.R. Customizing roadmapping. **Research Technology Management**, Mar – Apr, p. 26-37. 2004.
- WILLYARD, C.H.; MCCLEES, C.W. Motorola's technology roadmap process, **Research Management**, Sept.-Oct., p. 13 -19, 1987.

# Química Verde no Brasil: visão de futuro e estratégia nacional para o período 2010-2030

José Osvaldo Beserra Carioca<sup>1</sup>, Peter Seidl<sup>2</sup>, Eduardo Falabella Sousa-Aguiar<sup>3</sup> & Maria Fatima Ludovico de Almeida<sup>4</sup>

## Resumo

O movimento relacionado com o desenvolvimento da Química Verde teve início nos anos 1990, principalmente nos Estados Unidos, Inglaterra e Itália, com a introdução de novos conceitos e valores para as diversas atividades fundamentais da Química e setores correlatos da atividade industrial e econômica. O Brasil encontra-se em uma posição privilegiada para assumir a liderança no aproveitamento integral das biomassas pelo fato de possuir a maior biodiversidade do planeta; possuir intensa radiação solar; água em abundância; diversidade de clima, além do pioneirismo na produção de biocombustíveis. Identificam-se inúmeras oportunidades para o país implementar inovações verdes nos mais diversos segmentos de mercado, pela agregação de valor às matérias-primas renováveis, permitindo assim que se passe de uma economia de exportação de commodities para uma economia de bioprodutos inovadores e de alto valor agregado – a bioeconomia.

## Abstract

*Initiatives concerning the development of Green Chemistry began in the early 1990s, mainly in the United States, Britain and Italy, with the introduction of new concepts and values for the various fundamental activities of Chemistry, as well as for different sectors of correlated industrial and economic activities. Brazil has several competitive advantages to assume a leadership in developing products from biomass, given its megabiodiversity, its solar radiation intensity and climate diversity. Additionally, the country is pioneer in biofuels production from biomass in large scale, especially ethanol from sugarcane. In fact, several opportunities of green innovations by adding value to raw materials have been identified for the country. These opportunities when implemented will contribute to a significant change - from a commodity export economy to an innovative market oriented economy based on high-value bioproducts and bioprocesses - the bioeconomy. In*

- 1 Doutor em Engenharia Química (Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ), professor associado (Universidade Federal do Ceará), e presidente do Centro de Energias Alternativas e Meio Ambiente-CENEA. Email: carioaca@ufc.br.
- 2 Doutor em Química (Universidade da Califórnia, USA), docente do Programa de Pós-graduação em Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química (UFRJ). Email: pseidl@iq.ufrj.br.
- 3 Doutor em Engenharia Química (UFRJ), professor adjunto da Escola de Química (UFRJ) e consultor do Centro de Pesquisas da Petrobras. Email: falabella@cenpes.petrobras.com.br.
- 4 Doutora em Engenharia de Produção (PUC-Rio), professora adjunta da Programa de Pós-graduação em Metrologia, Qualidade e Inovação, e consultora do CGEE e Petrobras. Email: fatima.ludovico@gmail.com.

Nesse contexto, o presente artigo apresenta a visão de futuro da Química Verde no Brasil e a proposta de criação da Rede Brasileira de Química Verde e da Escola Brasileira de Química Verde, no âmbito de uma estratégia nacional para o desenvolvimento desta área no país e considerando-se um horizonte de vinte anos (2010-2030).

Palavras-chave: Química verde; inovação verde; foresight; redes tecnológicas; Brasil.

*this context, this paper presents a future vision for the development of Green Chemistry in Brazil and a proposal for creating the Green Chemistry Brazilian Network and the Brazilian School of Green Chemistry, within the context of a national strategy for developing this area in Brazil covering the period of twenty years, from 2010 to 2030.*

**Keywords:** *Green chemistry; green innovation; foresight; technological networks; Brazil.*

---

## 1. Introdução

Iniciativas relacionadas ao desenvolvimento da Química Verde começaram nos anos 1990, principalmente nos Estados Unidos, Inglaterra e Itália, pelo reconhecimento formal de que a química está no centro de todos os processos que impactam o meio ambiente. Química Verde foi então definida como o desenho, desenvolvimento, produção e uso de produtos químicos e processos para reduzir ou eliminar o uso ou geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente (Anastas, 1998; 2010).

Na perspectiva do desenvolvimento sustentável, espera-se que governos, universidades, empresas e demais atores-chave busquem maximizar a eficiência no uso dos recursos naturais, por meio de atividades associadas ao conceito de Química Verde. Tais atividades incluem conservação de energia e de fontes não-renováveis; minimização de riscos; prevenção da poluição; minimização de rejeitos em todos os estágios do ciclo de vida dos produtos e o desenvolvimento de produtos que sejam duráveis e que possam ser reusados e reciclados.

Química Verde refere-se também a outros dois conceitos – produção limpa e inovação verde. Hoje esses conceitos já estão relativamente difundido em aplicações industriais, particularmente em países com indústria química bastante desenvolvida e que apresentam rigoroso controle na emissão de agentes poluentes. Baseiam-se no pressuposto de que processos químicos com potencial de impactar negativamente o meio ambiente venham a ser substituídos por processos menos poluentes ou não-poluentes. Tecnologia limpa, prevenção primária, redução na fonte, química verde, química ambiental e inovação verde são denominações que surgiram e foram cunhadas no decorrer das últimas duas décadas para traduzir esse importante conceito. A palavra verde é sinônimo de limpo e tem um tom político; a química é o centro da questão ambiental; sustentabilidade ambiental, social e econômica traduz o futuro desejado; e Química Verde reflete a união dessa idéias.

No decorrer das últimas duas décadas, pela atuação da International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e outros organismos nacionais, como a Environmental Protection Agency (EPA), dos EUA, formou-se um consenso sobre doze princípios fundamentais da Química Verde. São eles:

1. prevenção: prevenir é melhor do que remediar áreas poluídas;
2. eficiência atômica: os métodos sintéticos devem ser desenvolvidos de modo a incorporar o maior número possível de átomos dos reagentes no produto final;
3. síntese segura: devem ser desenvolvidos métodos sintéticos que utilizem e gerem substâncias com pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao ambiente;
4. desenvolvimento de produtos seguros: deve-se buscar o desenvolvimento de produtos que após realizarem a função desejada, não causem danos ao ambiente;
5. uso de solventes e substâncias auxiliares seguros: a utilização de substâncias auxiliares como solventes, agentes de purificação e secantes precisa ser evitada ao máximo; quando inevitável a sua utilização, estas substâncias devem ser inócuas ou facilmente reutilizadas;
6. busca pela eficiência energética: os impactos ambientais e econômicos causados pela geração da energia utilizada em um processo químico precisam ser considerados. É necessário o desenvolvimento de processos que ocorram à temperatura e pressão ambientes;
7. uso de matérias-primas renováveis: o uso de biomassa como matéria-prima deve ser priorizado no desenvolvimento de novas tecnologias e processos;
8. formação de derivados deve ser evitada: processos que envolvem intermediários com grupos bloqueadores, proteção/desproteção, ou qualquer modificação temporária da molécula por processos físicos ou químicos devem ser evitados;
9. catálise: o uso de catalisadores, tão seletivos quanto possível, deve ser adotado em substituição aos reagentes estequiométricos;
10. produtos degradáveis: os produtos químicos precisam ser projetados para a biocompatibilidade. Após sua utilização não deve permanecer no ambiente, degradando-se em produtos inócuos;

11. análise em tempo real para a prevenção da poluição: o monitoramento e controle em tempo real, dentro do processo, deverá ser viabilizado. A possibilidade de formação de substâncias tóxicas deverá ser detectada antes de sua geração;
12. química intrinsecamente segura para a prevenção de acidentes: a escolha das substâncias, bem como sua utilização em um processo químico, devem procurar a minimização do risco de acidentes, como vazamentos, incêndios e explosões.

Conscientes de sua importância e urgência, diversos países já criaram iniciativas nacionais de Química Verde, balizando-se pelos princípios acima. Entre elas, destacam-se:

- Green Chemistry Institute, criado em 1997 e afiliado à American Chemical Society em 2001 (EUA);
- Green Chemistry Program, conduzido pela Environmental Protection Agency (EUA);
- Green Chemistry Network, estruturada pela Royal Society of Chemistry em 1998 (Reino Unido);
- Inter-University Consortium of Chemistry for the Environment, criado em 1993 (Itália),
- Canadian Green Chemistry Network, resultante da afiliação ao Green Chemistry Institute em 2001 (Canadá);
- Centre of Green Chemistry of Monash University (Austrália), que opera desde 2001, além de outras iniciativas na Alemanha, Japão, Espanha, Suécia, Rússia e Brasil.

No âmbito internacional, destaca-se a realização do “Workshop on Sustainable Chemistry” em Veneza (Itália), em outubro de 1998. Esse evento foi co-coordenado pela International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) e pela Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) e teve como foco principal a discussão sobre aspectos políticos e programáticos de iniciativas de Química Sustentável (ou Química Verde) no âmbito da OECD. Esse evento internacional foi co-patrocinado pelos governos da Alemanha, Itália, Japão e dos EUA em cooperação com os principais patrocinadores. Uma das principais recomendações que emergiram desse evento de Veneza foi que a OECD deveria estimular os países-membros a desenvolverem atividades de P&D em Química Verde de forma programática e articulada.

Resultados do “Workshop on Sustainable Chemistry” de 1998 e trabalhos da OECD nos anos subsequentes indicaram que um certo número de organizações em diversos países já estavam engajadas nessas atividades e muitas outras estavam interessadas em iniciar pesquisa cooperativa na fase pré-competitiva. Como consequência desses estudos, um segundo workshop internacional realizado em Tóquio, em 2000, teve como objetivo principal estabelecer diretrizes gerais

para o efetivo desenvolvimento de programas de P&D em Química Verde pelos países- membros daquela organização (OECD, 2002).

Tais iniciativas mobilizadoras, tanto em nível nacional, quanto internacional, vêm despertando o interesse de organizações governamentais, não-governamentais e empresas de vários países. Na Europa, Japão e Estados Unidos foram criados prêmios específicos para incentivar pesquisadores de empresas e universidades a desenvolverem tecnologias empregando os princípios da Química Verde (US EPA, 2010).

No caso do Brasil, o sétimo princípio – uso de matérias-primas renováveis – destaca-se como uma grande oportunidade estratégica para o país se inserir e até liderar segmentos relacionados a diversas áreas da Química Verde em nível mundial, como será discutido em capítulos seguintes.

Nesse contexto, em consonância com as diretrizes da Política de Desenvolvimento Produtivo e com as metas do Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação para 2007-2010 13, o Ministério de Ciência e Tecnologia encomendou ao Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) um estudo prospectivo para servir de base a uma proposta de criação da Rede Brasileira de Química Verde e da Escola Brasileira de Química Verde, como pilares organizacionais de uma estratégia nacional de CT&I nesta área.

Este artigo apresenta a visão de futuro da Química Verde no país e a proposta de criação da Rede e da Escola Brasileira de Química Verde, considerando-se um horizonte de 20 anos (2010 – 2030). Inicia com uma breve apresentação das iniciativas em Química Verde em nível internacional e nacional, segundo uma perspectiva histórica, situando o desenvolvimento do referido estudo prospectivo em um contexto mais amplo. Em seguida, apresenta os objetivos, escopo e metodologia do estudo prospectivo e discute as potencialidades e oportunidades estratégicas para o Brasil nesta área. Finaliza com a proposição de cinco estratégias para o desenvolvimento da Química Verde no país, com ênfase na criação da Rede e da Escola Brasileira de Química Verde.

## 1.1. Antecedentes

Na fase inicial deste trabalho, um longo esforço foi desenvolvido com o apoio dos representantes das várias universidades, institutos de pesquisas, federações de indústrias, centros de pesquisas de empresas brasileiras, organizações de classe do setor químico e do Senado Federal, através da Comissão Mista de Acompanhamento das Mudanças Climáticas. Esse grupo de colaboradores contou ainda com a cooperação internacional prestada por representantes das Universidades e Redes de Pesquisas sobre Química Verde de vários países no sentido de dar suporte e ajuda ao desenvolvimento da concepção da estrutura de um Programa de Química Verde no Brasil, nos moldes do que vem sendo conduzido no exterior. Nesse sentido, destaca-se a cooperação com

as Universidades de Urbino e Lecce da Itália, que resultou numa publicação “Química Verde em Latino America” publicada pela IUPAC e INCA, a qual foi incluída na “*Green Chemistry Series*, nº 11”. Também destaca-se o Programa da Unido sobre Tecnologias Limpas, cujo apoio foi recebido através do representante da Petrobras junto a esta entidade..

Em síntese, todo este trabalho foi consequência da proposição feita inicialmente ao CGEE por membros representes da ANP junto ao Fundo Setorial do CTPetro, após a realização da primeira avaliação de projetos de pesquisas realizada na Finep em 2002. A partir desta indicação, um grupo de pesquisadores e representantes das várias entidades acima mencionadas passou a se reunir de forma sistemática sob a coordenação do Instituto Nacional de Pesquisas (INT) no Rio de Janeiro e liderança científica do Cenpes, o qual prestou o imprescindível apoio para o desenvolvimento da concepção do Programa de Química Verde nos moldes aqui propostos.

Como fruto deste esforço, foi formalizada simultaneamente ao Ministro de Ciência e Tecnologia (MCT), em agosto de 2007, a proposição de apoio governamental à criação da Rede e da Escola Brasileira de Química Verde pelo vice-governador do Estado do Ceará, Francisco Pinheiro, e pelo Senador Inácio Arruda, durante a realização do 1º Workshop Internacional de Química Verde realizado em novembro de 2007, em Fortaleza, CE. Uma audiência pública foi realizada pelo Deputado Roberto Cláudio, da Assembléia Legislativa do Ceará, em apoio ao Programa.

O empenho e o esforço dos colaboradores foram materializados através da “Carta do Rio de Janeiro”, assinada em abril de 2009, em favor da estruturação do Programa Nacional de Química Verde. Os Anais do Workshop Internacional de Química Verde e a edição recente pelo CGEE do estudo prospectivo “Química Verde no Brasil, 2010–2030”, consubstanciam de forma inequívoca todos estes esforços e cooperações, bem como, exaltam as vantagens e as oportunidades do governo brasileiro em favor da criação da Rede e da Escola Brasileira de Química Verde como aqui proposta.

A International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) e a United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization (Unesco) estabeleceram o ano de 2011 como o “Ano Internacional da Química”, tendo a biodiversidade sido considerada como tema central. Este fato mostra a importância e a oportunidade da criação da Rede e da Escola Brasileira de Química Verde para a formação de pessoal qualificado nesta área, desenvolvimento de inovações verdes, formação de uma consciência nacional sobre a Química Verde e a inserção do país em uma iniciativa global dessa magnitude.

Com a criação da Rede Brasileira de Química Verde e da Escola Brasileira de Química Verde, buscar-se-á: 1) inovar processos já existentes, tornando-os mais eficientes e sustentáveis nos diversos setores industriais; 2) desenvolver novos produtos e processos limpos; 3) contribuir para a forma-

ção de pessoal especializado nos diversos níveis, dando assim um forte estímulo ao crescimento da pós-graduação nacional em Química Verde. Em nível institucional, buscar-se-á mobilizar os atores-chave (governo, empresas, instituições de C&T, universidades, organizações não-governamentais e associações profissionais) em torno desses objetivos principais e promover a cooperação internacional com redes e iniciativas congêneres em nível internacional.

Levando-se em conta esses antecedentes, o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) desenvolveu juntamente com uma efetiva representação da comunidade científica e tecnológica nacional, inclusive empresas, um amplo estudo prospectivo sobre os principais temas correlacionados com a Química Verde, tendo como foco, a experiência nacional nesta área; bem como, as potencialidades da nossa biodiversidade e a estreita cooperação com a indústria nacional para compor uma proposta de desenvolvimento da Química Verde no Brasil.

## 2. Objetivos, escopo e metodologia do estudo prospectivo

O objetivo geral do estudo prospectivo foi examinar o ambiente futuro de desenvolvimento da Química Verde no país e elaborar uma proposta de criação da Rede e da Escola Brasileira de Química Verde, que contemplasse planos de ação para três períodos: 2010 – 2015 (curto prazo); 2016- 2025 (médio prazo) e 2026 – 2030 (longo prazo).

A partir da análise detalhada de documentos de referência sobre iniciativas e estratégias de outros países nessa área<sup>1</sup>, definiu-se o escopo do estudo prospectivo que compreendeu:

- oito temas estratégicos;
- seis dimensões de análise para a formulação de ações de curto, médio e longo prazo, conforme modelo conceitual proposto pelo CGEE;
- seis áreas socioprodutivas consideradas as mais impactadas pelas novas tecnologias no horizonte temporal de 2010 a 2030;
- seis atores-chave: governo, empresas, universidades, instituições de C&T, associações profissionais e organizações não-governamentais.

Apresentam-se, na seqüência, cada um dos componentes do estudo prospectivo, iniciando-se pelos temas estratégicos (Quadro 1).

<sup>1</sup> U.S. Environmental Protection Agency. Twelve Principles of Green Chemistry. EUA (1992); Interuniversity Consortium Chemistry for Environment. Itália (1993); Green Chemistry Institute. EUA (1997); Green Chemistry Network. Reino Unido. (1998); Anastas, P. T.; Warner, J. C. Green chemistry: theory and practice, Oxford University Press: New York, (1998).

### Quadro 1. Temas prioritários de Química Verde no Brasil

Tema estratégico	Descrição
Biorrefinarias: rota bioquímica	Refere-se ao uso de matérias-primas renováveis e de seus resíduos, de maneira integral e diversificada, para a produção por rota bioquímica, de biocombustíveis e outros produtos tradicionais do refino tradicional do petróleo, com a mínima geração de resíduos e emissões de gases poluentes.
Biorrefinarias: rota termoquímica	Compreende as instalações e os processos, através dos quais, a partir de matérias-primas renováveis e de seus resíduos, são produzidos biocombustíveis, produtos químicos de alto valor agregado e energia pela rota termoquímica.
Alcoolquímica	Refere-se à utilização de álcool etílico como matéria-prima para fabricação de diversos produtos químicos, em particular o eteno, matéria-prima para resinas, além de produtos hoje importados derivados do etanol, como os acetatos e o éter etílico.
Sucroquímica	Refere-se à utilização da sacarose - matéria-prima de fonte renovável e de baixo custo, na síntese de derivados sacaríneos de maior valor agregado, como surfactantes não-iônicos, polímeros, adoçantes, emulsificantes, entre outros.
Oleoquímica	Compreende processos de transformação de óleos vegetais em produtos de alto valor agregado e biodiesel. Os óleos vegetais são fontes renováveis, são biodegradáveis e apresentam-se na forma de substratos diversificados e de baixo custo. Em geral, são ésteres, cujas aplicações dependem das famílias de oleaginosas: láuricos, oléicos, polinsaturados, ricinoleicos, graxos, dentre outras.
Energias renováveis	Refere-se ao desenvolvimento de processos que visam à produção e à utilização de energias renováveis em substituição a energias tradicionais, tais como utilização de energia solar nas suas diversas formas, notadamente a produção biológica de hidrogênio, além da cogeração.
Conversão de CO <sub>2</sub>	Compreende o desenvolvimento de processos para conversão de CO <sub>2</sub> , particularmente redução química, reações de condensação com CO <sub>2</sub> , produção de uréia, bicarbonato, carbonatos e policarbonatos orgânicos, além da produção de gás de síntese, considerada rota fundamental para a indústria química de base.
Fitoquímica	Consiste no levantamento e estudo de componentes químicos, como princípios ativos, aromas, pigmentos e moléculas da parede celular. As aplicações desses estudos podem se ramificar para a área médica, farmacêutica, cosmética e de higiene.

Na perspectiva da construção da visão de futuro do desenvolvimento da Química Verde no país, os temas foram desdobrados em tópicos, perfazendo-se um total de 57 tópicos associados (Tabela 1).

Tabela 1. Escopo do estudo prospectivo: temas e tópicos associados

Tema	Tópicos	Total
Biorrefinarias: rota bioquímica	T1a – Pré-tratamento da biomassa. T1b – Produção de celulases. T1c – Biologia molecular. T1d – Produção de biocombustíveis de segunda geração e outras moléculas. T1e – Integração energética de processo.	5
Biorrefinarias: rota termoquímica	T2a – Gaseificação para síntese química. T2b – Pirólise. T2c – Fischer-Tropsch. T2d – Obtenção de metanol. T2e – Obtenção de dimetil éter (DME) por rota direta. T2f – Obtenção de etanol e outros alcoóis de alto peso molecular. T2g – Processo HBio. T2h – Hidrocrackeamento catalítico (HCC). T2i – Hidroisodesparafinação (HIDW). T2j – Síntese de amônia. T2k – Síntese de uréia. T2l – Síntese de metanol a partir de CO <sub>2</sub> . T2m – Obtenção de dimetil carbonato (DMC). T2n – Geração de energia. T2o – Intermediários para química fina.	15
Alcoolquímica	T3a – Obtenção de propeno via etanol. T3b – Obtenção de acetato de etila a partir de etanol via oxidativa. T3c – Obtenção de acetato de etila a partir de etanol via desidrogenativa. T3d – Obtenção de ácido acético a partir de etanol. T3e – Obtenção de 1-butanol a partir de etanol. T3f – Obtenção de 1,3 butadieno a partir de etanol.	6
Sucroquímica	T4a – Obtenção de ácido láctico. T4b – Obtenção de polihidroxibutirato (PHB). T4c – Obtenção de ácido succínico. T4d – Obtenção de ácido itacônico. T4e – Obtenção de sorbitol. T4f – Obtenção de ácido cítrico.	6
Oleoquímica	T5a – Glicerina. T5b – Matérias-primas oleaginosas convencionais. T5c – Matérias-primas oleaginosas não convencionais. T5d – Matérias-primas oleaginosas especiais. T5e – Gorduras animais. T5f – Microalgas. T5g – Extração e processamento de oleaginosas. T5h – Aproveitamento de co-produtos. T5i – Produção agrícola. T5j – Caracterização de derivados oleoquímicos. T5j – Caracterização de matérias-primas para oleoquímica. T5kl – Processos de biotecnologia em oleoquímica.	12
Energias renováveis	T6a – Produção biológica de hidrogênio. T6b – Biogás. T6c – Eficiência energética. T6d – Energia eólica. T6e – Energia solar fotovoltaica. T6f – Energia hidráulica.	6
Conversão de CO <sub>2</sub>	T7a – Redução química do CO <sub>2</sub> . T7b – Reações de condensação com CO <sub>2</sub> . T7c – Produção de uréia. T7d – Produção de bicarbonato. T7e – Produção de carbonatos e policarbonatos orgânicos. T7f – Produção de gás de síntese. T7g – Absorção/fixação de CO <sub>2</sub> por microalgas.	7
Total		57

Cabe ressaltar que o tema “fitoquímica” foi incluído no estudo por recomendação dos participantes do Workshop. Pela complexidade do tema e magnitude das possibilidades de desenvolvimento de produtos fitoquímicos frente à megabiodiversidade brasileira, optou-se por apresentar no estudo prospectivo somente um quadro atual da produção científica, propriedade intelectual e aspectos de mercado, recomendando-se para uma etapa posterior a construção da visão de futuro referente a este tema.

Pelo seu caráter transversal e importância estratégica para o desenvolvimento da Química Verde no país, os temas “catálise” e “modelagem, simulação e escalonamento de processos” e seus impactos foram considerados nas trajetórias tecnológicas referentes a cada um dos oito temas apresentados no Quadro 1.

A seguir, no Quadro 2, apresentam-se as dimensões a serem cobertas na estruturação do Programa da Rede Brasileira de Química Verde (RBQV) e seus descritivos.

**Quadro 2.** Dimensões de análise da Rede Brasileira de Química Verde

<b>Dimensão</b>	<b>Descritivo</b>
Orientação estratégica para P,D&I	Esta dimensão compreende a orientação estratégica de P,D&I fornecida pelos mapas tecnológicos dos temas no Brasil e <i>portfolios</i> estratégicos, os quais indicam as oportunidades e os gargalos referentes a cada tema de Química Verde.
Infraestrutura	Esta dimensão compreende a infraestrutura física das instituições, públicas e privadas, que tenham como missão o desenvolvimento de P,D&I com foco nos temas estratégicos da Química Verde; a formação de ambiente favorável a uma maior interação entre o meio empresarial e os centros geradores de conhecimento que integram a Rede, além do estímulo ao surgimento de novas empresas de base tecnológica ( <i>spin-offs</i> ).
Recursos humanos	Capacidade de formar e qualificar recursos humanos conforme a orientação estratégica da Rede, focalizando particularmente a formação de massa crítica em temas emergentes e a consolidação de grupos de pesquisa em temas estratégicos que já se encontram em desenvolvimento.
Processo de inovação em rede	Capacidade da Rede de gerar conhecimento e inovação em rede. Para efeitos da formulação e avaliação futura do Programa da Rede Brasileira de Química Verde, esta dimensão de análise deverá considerar de forma integrada: competência em rede: habilidades para identificar potenciais parceiros, explorar e usar as relações colaborativas entre organizações; cooperação tecnológica em rede: cooperação entre pesquisadores intra e interuniversidades que integram a Rede e cooperação entre pesquisadores das universidades e de empresas; governança da Rede e instrumentos gerenciais de apoio: refere-se à estrutura administrativa da rede, aos mecanismos de coordenação internos, às políticas internas e ao sistema de gerenciamento da Rede (planejamento e avaliação).
Transferência tecnológica e científica	Compreende diversos mecanismos utilizados pela Rede com o objetivo de transferir o conhecimento e as tecnologias inovadoras para o mercado. Os mecanismos podem ser tanto diretos quanto indiretos. São diretos quando as universidades e institutos de pesquisa formam suas empresas de base tecnológica ( <i>spin-offs</i> ). São indiretos em situações em que as universidades e centros de pesquisa utilizam diversos agentes para fazer chegar o conhecimento gerado à indústria (entidades de transferência tecnológica, núcleos ou agências de inovação, escritórios de advocacia, parques tecnológicos, dentre outros).
Percepção de valor pela sociedade	Compreende os aspectos éticos e socioculturais na dimensão da inovação relacionados à incorporação de novos conhecimentos e tecnologias geradas pela Rede em produtos, serviços e processos e sua aceitação pela sociedade.

Os setores considerados os mais impactados pelas novas tecnologias no horizonte temporal de 2010 a 2030 foram identificados no contexto de cada um dos oito temas prioritários. Enquadram-se nas seguintes áreas socioprodutivas:

- produção de energia;
- produção industrial (diversos setores);
- preservação do meio ambiente;
- produção agrícola e florestal;
- sistema habitacional e sistema terciário.

A metodologia de prospecção proposta para a construção coletiva da visão de futuro foi desenvolvida de forma customizada para atender as necessidades específicas do CGEE e instituições parceiras e contemplou as seguintes etapas:

- definição dos tópicos a serem estudados por tema estratégico, seus descritivos, grau de maturidade no mundo e setores impactados no país;
- construção dos mapas tecnológicos no mundo e no Brasil para cada tema estratégico e definição do *portfolio* estratégico de cada tema, com indicação das aplicações mais promissoras e oportunidades estratégicas para o país;
- proposição e hierarquização das ações da Agenda da Rede Brasileira de Química Verde segundo as dimensões definidas no Quadro 2;
- consolidação do *Roadmap* Estratégico da Rede Brasileira de Química Verde, com planos de ação para três períodos: 2010-2015; 2016-2025; e 2026-2030.

Os 57 tópicos tecnológicos apresentados na Tabela 1 foram avaliados com o auxílio de ferramentas avançadas de construção de mapas tecnológicos, mapas estratégicos e *portfolios* tecnológicos. Em particular, para a etapa 2 – referente à construção coletiva da visão de futuro, utilizou-se o modelo conceitual proposto por Phaal et al (2004) para orientar os desenhos dos mapas tecnológicos e estratégicos que se encontram publicados no livro “Química Verde no Brasil: 2010-2030 (CGEE, 2010). Cabe ressaltar um diferencial da metodologia adotada neste estudo prospectivo em relação às práticas adotadas em estudos de mesma natureza, o qual impactou diretamente a formulação do *Roadmap* Estratégico da Rede Brasileira de Química Verde (RBQV). Os mapas estratégicos, via de regra, enfatizam ações e diretrizes vinculadas a uma determinada visão de futuro, que são representadas ao longo da linha do tempo em mapas tecnológicos, partindo-se de uma situação inicial até a situação desejada. O diferencial deste estudo é que as ações e diretrizes que compõem o *Roadmap* Estratégico da RBQV vinculam-se diretamente aos tópicos tecnológicos e suas trajetórias em cada tema. Desse modo, os *portfolios* tecnológicos estratégi-

cos desenvolvidos para cada tema prioritário permitiram identificar os tópicos mais promissores, pela sua classificação segundo dois critérios:

- sustentabilidade, calculada em função do impacto econômico e socioambiental das aplicações futuras;
- grau de esforço para atingir o posicionamento desenhado no mapa tecnológico do Brasil, que reflete a existência de barreiras, incertezas e riscos tecnológicos e comerciais.

Já a construção coletiva do *Roadmap* Estratégico da Rede focalizou as cinco dimensões descritas no Quadro 2: infraestrutura; recursos humanos; processo de inovação em rede; transferência tecnológica e científica; percepção de valor pela sociedade.

A proposição de ações foi conduzida em duas etapas distintas, porém complementares: na primeira, foram definidas ações por dimensão analítica, cobrindo os três períodos do estudo prospectivo (2010-2015, 2016-2025 e 2026-2030) e na segunda, as ações propostas na primeira etapa foram analisadas por período e de forma sistêmica.

Finalmente, vale destacar que o contexto institucional dos sistemas nacionais de inovação contempla três componentes vitais para o processo de inovação em rede como preconizado para a Rede Brasileira de Química Verde, ou seja, proporciona: (i) o desenvolvimento do conhecimento básico nas instituições de pesquisa; (ii) o fluxo do conhecimento entre instituições de pesquisa e a indústria; e (iii) o desenvolvimento do conhecimento pelas empresas.

### 3. Potencialidades e oportunidades estratégicas para o Brasil em Química Verde

Neste Capítulo, discutem-se inicialmente as potencialidades brasileiras em relação a cada um dos temas abordados no estudo prospectivo, para em seguida apresentar as oportunidades de desenvolvimento referentes ao conjunto dos 57 tópicos tecnológicos, que foram objeto da análise de *portfolio* realizada durante a etapa de construção da visão de futuro.

#### 3.1. Potencialidades em relação aos temas prioritários

O Brasil se encontra em uma posição privilegiada para assumir a liderança no aproveitamento integral das biomassas pelo fato de possuir a maior biodiversidade do planeta; possuir intensa radiação solar; água em abundância; diversidade de clima e pioneirismo na produção de biocom-

bustíveis a partir da biomassa em larga escala. As microalgas despontam como um novo recurso renovável com potencialidades diversas em termos de bioenergia e produtos químicos.

O país reúne, ainda, condições para ser o principal receptor de recursos de investimentos provenientes do mercado de carbono no segmento de produção e uso de bioenergia, por ter no meio ambiente a sua maior riqueza e possuir enorme capacidade de absorção e regeneração atmosférica. Neste contexto, o termo biorrefinarias compreende as instalações e os processos através dos quais as matérias-primas renováveis e seus resíduos são transformados em biocombustíveis, produtos químicos de alto valor agregado, além de energia e alimentos. Neste sentido, as biomassas assumem posição estratégica na era pós-petróleo, uma vez que elas representam a grande fonte de materiais renováveis a serem utilizadas.

A alcoolquímica refere-se à utilização de álcool etílico como matéria-prima para fabricação de diversos produtos químicos. No Brasil, a alcoolquímica, implantada na década de 1920, foi abandonada quando da consolidação da petroquímica. A tendência para uso da alcoolquímica vem se consolidando devido ao interesse crescente das empresas em investirem em negócios sustentáveis do ponto de vista econômico, ambiental e social, além da grande valorização dos produtos químicos produzidos a partir de recursos renováveis e ao baixo custo do etanol brasileiro. Vale destacar que grande parte das atuais iniciativas industriais concentra-se na geração de eteno, oriundo de etanol.

Evidências existem sobre as condições para o surgimento no país de um moderno segmento industrial baseado no etanol como matéria-prima, que compreende não somente a geração de eteno e outros produtos e intermediários químicos de grande interesse comercial. Neste contexto, a alcoolquímica abrange a utilização de álcool etílico como matéria-prima para fabricação de diversos produtos químicos; em particular, o eteno, matéria-prima para produção de resinas; e produtos importados derivados do etanol, como os acetatos e o éter etílico.

A indústria oleoquímica é mais do que centenária e vinha perdendo prestígio frente aos avanços da petroquímica face aos ganhos de escala e preços relativamente mais baixos dos derivados do petróleo, pelo menos até a década de 1970. Com a crescente preocupação com a preservação do meio ambiente e a busca pela sustentabilidade em termos de matérias-primas e processos, a oleoquímica está sendo requisitada por faixas de mercado nos produtos de consumo, começando assim, a disputar algumas aplicações industriais. Dentro deste contexto, a oleoquímica engloba os diversos processos de transformação de óleos vegetais e/ou gorduras animais em produtos de alto valor agregado e biocombustíveis alternativos ao diesel. Estes materiais são fontes renováveis, biodegradáveis e apresentam-se na forma de substratos diversificados e de baixo custo. Em geral, são ésteres, cujas aplicações dependem das famílias de oleaginosas: láuricos, oléicos, ricinoleicos, polinsaturados, entre outras.

Embora a produção de açúcar necessite de vultosos investimentos em plantas industriais para atingir o volume de produção compatível com a escala de mercado, o preço do açúcar refinado é relativamente baixo em função da ampla oferta existente e do pouco valor agregado, ao contrário dos seus derivados químicos. Sendo uma matéria-prima de fonte renovável e de baixo custo, a sacarose vem despertando um crescente interesse como reagente na síntese de derivados de açúcar, área denominada sucroquímica.

Cabe ressaltar que grande parte dos derivados dos açúcares é importada, possuindo alto valor agregado, o que contribui significativamente para o déficit da balança comercial química do país. Simultaneamente, estas rotas industriais constituem excelentes oportunidades de investimento. Neste contexto, o termo sucroquímica refere-se à utilização da sacarose como matéria-prima renovável e de baixo custo, que é utilizada na síntese de derivados sacaríneos de maior valor agregado, como por exemplo: surfactantes não-iônicos, polímeros, adoçantes, emulsificantes, entre outros.

O Brasil detém um dos maiores estoques da biodiversidade do planeta. Os recursos naturais existentes em suas regiões tornam-se gradativamente conhecidos, à medida que as pesquisas científicas se intensificam e os resultados apresentam-se disponíveis para a sociedade. Embora, o Brasil detenha um dos maiores bancos de germoplasma in-situ, constata-se por parte daqueles que habitam os diferentes biomas uma elevada demanda de conhecimentos sobre o aproveitamento sustentável da biodiversidade.

A falta de domesticação dos recursos naturais como as plantas medicinais, aromáticas e detentoras de metabólitos secundários com propriedades biodefensivas, tem levado à subutilização e extinção de inúmeras espécies vegetais, impondo limitações socioeconômicas e ambientais. Além disso, a produção agrícola de alimentos saudáveis tem se confrontado com sérios problemas de contaminações por toxinas e pela dependência do uso de agrotóxicos. Dentro deste contexto, o termo fitoquímica abrange o levantamento e o estudo de componentes químico de vegetais utilizados como princípios ativos, aromas, pigmentos e moléculas da parede celular. As aplicações desses produtos podem se estender para diversas áreas como: médica, farmacêutica, cosmética, de higiene e alimentos.

Dentre as alternativas estratégicas para aumentar significativamente a utilização de  $\text{CO}_2$ , destaca-se o desenvolvimento de novos processos de obtenção de produtos químicos de grande demanda no mercado, nos quais o  $\text{CO}_2$  venha a ser usado como matéria-prima ou como insumo. Acredita-se que a utilização de novas rotas tecnológicas baseadas no uso de  $\text{CO}_2$  possa contribuir para a redução da emissão de gás carbônico na atmosfera. Desde a última década, foram ampliados os esforços de P&D direcionados para o maior uso do  $\text{CO}_2$  como matéria-prima. Atualmente cerca de 100 Mt de  $\text{CO}_2$  são usados anualmente para sintetizar produtos como

uréia, ácido salicílico e carbonatos. Um levantamento realizado nas bases internacionais (*Web of Science* e *Derwent Innovations Index*), sobre a produção científica e as patentes relacionadas com este tema, confirmam o avanço do conhecimento nos diversos tópicos associados no período de 1998-2009. Assim, o termo conversão de  $\text{CO}_2$  compreende o desenvolvimento de processos para a conversão de  $\text{CO}_2$ ; particularmente, a redução química, reações de condensação com  $\text{CO}_2$ , produção de uréia, bicarbonato, carbonatos e policarbonatos orgânicos, além da produção de gás de síntese, considerada rota fundamental para a indústria química de base.

Pode-se afirmar que as energias renováveis estão chegando com força no cenário mundial, constituindo-se em opções reais para participar na expansão da oferta de energia. Merecem destaques a energia eólica, a solar, a biomassa e a própria indústria dos biocombustíveis. Conforme apontado pela IEA (International Energy Agency), a economia de energia é a forma mais rápida e barata para se reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE).

### 3.2. *Portfolio* tecnológico estratégico

Do processo estruturado de análise dos 57 tópicos apresentados no Quadro 2, destacaram-se no estudo prospectivo as oportunidades estratégicas para o país em quatro níveis, conforme representado na Figura 1. Os quatro níveis são:

- “apostas”, referentes a tópicos que foram classificados como de alta sustentabilidade e cujos desenvolvimentos requerem alto grau de esforço, na grande maioria dos casos devido ao estágio embrionário em que se encontram;
- “situação ideal”, quando os tópicos são de alta sustentabilidade e seus desenvolvimentos requerem menor esforço, em termos comparativos;
- “situação desejável”, quando os tópicos são de alta sustentabilidade e seus desenvolvimentos irão exigir um esforço médio;
- “situação aceitável”, quando os tópicos são de média sustentabilidade e seus desenvolvimentos irão exigir um esforço médio, na maioria dos casos por meio de parcerias e de cooperação internacional.

Sustentabilidade	alta	Biorrefinarias (rota termo): 1 Sucroquímica: 2 Oleoquímica: 1 Energias renováveis: 1 Conversão de CO <sub>2</sub> : 2	Biorrefinarias (rota bio): 3 Biorrefinarias (rota termo): 4 Alcoolquímica: 4 Sucroquímica: 2 Oleoquímica: 4 Energias renováveis: 1 Conversão de CO <sub>2</sub> : 4	Biorrefinarias (rota bio): 2 Biorrefinarias (rota termo): 3 Alcoolquímica: 2 Sucroquímica: 1 Oleoquímica: 2 Energias renováveis: 3 Conversão de CO <sub>2</sub> : 1
		<b>Ideal: 7</b>	<b>Desejável: 22</b>	<b>Apostas: 14</b>
	média	Biorrefinarias (rota termo): 2	Biorrefinarias (rota termo): 2 Oleoquímica: 2 Energias renováveis: 1	
		<b>Desejável: 2</b>	<b>Aceitável: 5</b>	<b>Indesejável:</b>
	baixa	Biorrefinarias (rota termo): 3 Oleoquímica: 2		
		<b>Aceitável: 5</b>	<b>Indesejável:</b>	<b>Indesejável:</b>
	baixo	médio	alto	
	<b>Grau de esforço requerido</b>			

Figura 1. *Portfolio* tecnológico estratégico da Química Verde no Brasil: 2010-2030

Conforme apresentado na Figura 1, no primeiro nível, denominado “apostas”, situam-se quatorze tópicos, sendo dois referentes a biorrefinarias (rota bioquímica); três associados a biorrefinarias (rota termoquímica); dois em alcoolquímica; um em sucroquímica; dois em oleoquímica; três associados a energias renováveis; e um em conversão de CO<sub>2</sub>, mais especificamente a absorção/fixação de CO<sub>2</sub> por microalgas. Especificamente, as “apostas” referem-se aos seguintes tópicos: “produção de celulases” (T1b), “biologia molecular” (T1c); “gaseificação para síntese química” (T2a); “síntese de metanol a partir de CO<sub>2</sub>” (T2l); “intermediários para química fina” (T2o); “obtenção de propeno via etanol” (T3a); “obtenção de 1-butanol a partir de etanol” (T3e); “obtenção de ácido cítrico” (T4f); “microalgas” (T5f); “processos de biotecnologia” (T5l); “produção biológica de hidrogênio” (T6a); “eficiência energética” (T6c); “energia solar fotovoltaica” (T6e); “absorção/fixação de CO<sub>2</sub> por microalgas” (T7g).

No segundo nível, “situação ideal”, classificam-se somente sete tópicos, sendo um referente a biorrefinarias (rota termoquímica); dois associados à sucroquímica; um em oleoquímica; um

associado a energias renováveis; e dois em conversão de CO<sub>2</sub>. São eles: “processo HBio” (T2g); “obtenção de ácido láctico” (T4a); “obtenção de sorbitol” (T4e); “matérias-primas oleaginosas convencionais” (T5b); “energia hidráulica” (T6f); “produção de uréia” (T7c); e “produção de bicarbonato” (T7d).

No terceiro nível, “situação desejável”, classificam-se vinte e quatro tópicos com a seguinte distribuição: biorrefinarias – rota bioquímica (três tópicos); biorrefinarias – rota termoquímica (seis tópicos); alcoolquímica (quatro tópicos); sucroquímica (dois tópicos); oleoquímica (quatro tópicos); energias renováveis (um tópico); e conversão de CO<sub>2</sub> (quatro tópicos). São eles: “pré-tratamento da biomassa” (T1a); “produção de biocombustíveis de segunda geração e outras moléculas” (T1d); “integração energética de processo” (T1e); “pirólise” (T2b); “Fischer-Tropsch (T2c); “obtenção de dimetil éter (DME) por rota direta” (T2e); “obtenção de etanol e outros álcoois de alto peso molecular” (T2f); “processo HCC” (T2h); “geração de energia” (T2n); “obtenção de acetato de etila a partir de etanol via oxidativa” (T3b); “obtenção de acetato de etila a partir de etanol via desidrogenativa” (T3c); “obtenção de ácido acético a partir de etanol” (T3d); “obtenção de 1,3 butadieno a partir de etanol (T3f); “obtenção de polihidroxibutirato (PHB)” (T4b); “obtenção de ácido itacônico” (T4d); “matérias-primas oleaginosas não convencionais” (T5c); “extração e processamento de oleaginosas” (T5g); “aproveitamento de co-produtos” (T5h); “produção agrícola” (T5j); “energia eólica” (T6d); “redução química de CO<sub>2</sub>” (T7a); “reações de condensação com CO<sub>2</sub>” (T7b); “produção de carbonatos e policarbonatos orgânicos” (T7e); “absorção/fixação de CO<sub>2</sub> por microalgas” (T7f).

No quarto nível – “situação aceitável” – identificaram-se dez tópicos referentes aos temas: biorrefinarias – rota termoquímica (cinco tópicos); oleoquímica (quatro tópicos); e energias renováveis (um tópico). Os tópicos classificados na “situação aceitável” são: “obtenção de dimetil carbonato (DMC)” (T2m); “obtenção de metanol” (T2d); “síntese de amônia” (T2j); “síntese de uréia” (T2k); “aproveitamento industrial da glicerina” (T5a); “produção de biodiesel por matérias-primas especiais” (T5d); “caracterização de matérias-primas para oleoquímica” (T5k); “gorduras animais” (T5e); e “biogás” (T6b).

Vale ressaltar que, dentre os 57 tópicos abordados na visão de futuro do desenvolvimento da Química Verde no país, dois foram classificados na posição “indesejável”: “obtenção de ácido succínico” (T4c); e “caracterização de derivados oleoquímicos” (T5j). Para efeitos da construção do *Roadmap* Estratégico da Rede Brasileira de Química Verde, esses dois tópicos foram excluídos.

## 4. Estratégias para o desenvolvimento da Química Verde no Brasil

Considerando a necessidade de adequar o país aos novos paradigmas da economia da sustentabilidade baseada no uso de matérias-primas renováveis, a visão 2010-2030 derivada do estudo prospectivo conduzido pelo CGEE e instituições parceiras é: “estabelecer uma dinâmica de inovação e competitividade para a indústria brasileira baseada em processos químicos que usam matérias-primas renováveis dentro do contexto da Química Verde”.

Para materializar esta visão de futuro no horizonte de 20 anos, delinaram-se cinco estratégias em nível nacional:

- institucionalizar um programa nacional em química verde, considerando seus avanços e desdobramentos na conjuntura político-econômica internacional;
- estruturar a Rede Brasileira de PD&I em Química Verde;
- criar a Escola Brasileira em Química Verde;
- fomentar o desenvolvimento da bioeconomia no país;
- criar marcos regulatórios no país para permitir o uso ecologicamente correto e socialmente justo dos seus recursos naturais, bem como certificar produtos e processos referentes a inovações verdes.

### 4.1. Estratégia 1: institucionalizar um Programa Nacional em Química Verde

Esse Programa deverá observar as recomendações da IUPAC para obtenção de vantagens em ciência, tecnologia e inovação na utilização sustentável dos recursos naturais. É necessária a formação de parceria com o setor industrial que dinamize a economia e fortaleça a criação de novos mercados por meio de esforço coordenado e multidisciplinar.

O conceito internacional para Química Verde, entendida como o desenho, o desenvolvimento, a produção e o uso de produtos químicos e processos para reduzir ou eliminar o uso ou geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao meio ambiente, deverá sempre nortear ações que institucionalizem um programa nacional em química verde.

Ainda, para esse Programa, deverão ser consideradas:

- a importância da biodiversidade brasileira na biologia, pois a biologia tem se tornando um poderoso vetor de dinamismo da economia mundial, como base da inovação no século 21. A evolução dos conhecimentos em biologia contribui para maior utilização das biomassas, seja na preparação e produção de matérias-primas ou nas tecnologias de

conversão. Novos conhecimentos baseados em engenharia genética, novos processos fermentativos e enzimáticos estarão crescentemente disponíveis.

- a importância do agronegócio brasileiro para a economia nacional, o que levou a proposição de desenvolvimento de temas ligados ao agronegócio, visando dinamizá-lo e fortalecê-lo no sentido de que se passe nas próximas décadas de uma economia de exportação de matérias-primas para uma economia de bioprodutos de alto valor agregado. Seus resultados contribuirão para o desenvolvimento da bioeconomia do país.
- os benefícios da gestão tecnológica para o uso sustentável dos recursos naturais e a redução dos impactos ambientais existentes advindos do esforço desenvolvido pela comunidade científica brasileira para fazer uso da biodiversidade mediante a institucionalização do Programa;
- os impactos ambientais decorrentes do uso de combustíveis fósseis e as conseqüentes mudanças climáticas, que fazem necessário evoluir rapidamente para uma economia baseada no uso de biomassa; que gerará emprego e renda, promovendo de forma estratégica o desenvolvimento rural e diminuindo a evasão de divisas;
- a necessidade de integração dos esforços acadêmicos com a indústria química nacional, visando a incrementar a inovação como fator determinante da promoção de um desenvolvimento sustentável, a integração empresa-universidade se mostra uma estratégia valiosa para se atingir efetividade na inovação industrial.

#### 4.2. Estratégia 2: estruturar a Rede Brasileira de Química Verde

A Rede Brasileira de Química Verde terá como visão de futuro: “ser referência mundial no desenvolvimento de produtos e processos limpos de acordo com os princípios da Química Verde, visando reduzir o impacto dos atuais processos químicos no meio ambiente nacional e contribuindo para que o país tenha um modelo de desenvolvimento industrial sustentável, no médio e longo prazo”.

Sua missão é “assumir o papel e a responsabilidade de mobilizar e desenvolver no médio e longo prazo a competência científica e tecnológica do país para a geração de inovações tecnológicas em Química Verde, visando reduzir impactos ambientais e alcançar a sustentabilidade ambiental, social e econômica”.

Para cumprir sua missão e atingir a visão em um horizonte de 20 anos, foram definidos os seguintes objetivos permanentes:

- promover o desenvolvimento tecnológico e inovação de produtos e processos limpos de acordo com os princípios da Química Verde, pela mobilização de instituições de ensino e pesquisa, empresas do setor industrial ou de serviços, órgãos públicos ou privados;
- consolidar e expandir a infraestrutura de laboratórios e facilidades de pesquisa e suporte técnico em torno da visão estratégica de P,D&I em Química Verde para o país;
- formar e qualificar recursos humanos nos temas estratégicos da Química Verde, capacitando gestores, pesquisadores, engenheiros e trabalhadores para o aproveitamento das oportunidades abertas pela Química Verde;
- transferir o conhecimento e as tecnologias desenvolvidas no âmbito da Rede de Química Verde para as empresas intervenientes e demais instituições que apóiam a Rede;
- estabelecer canais de comunicação que atinjam amplos setores da sociedade para informá-los sobre os impactos e benefícios da Química Verde na qualidade de vida do cidadão, no desenvolvimento local de comunidades e regiões e no aproveitamento das vantagens competitivas do país para o desenvolvimento industrial sustentável.

Na seqüência, propôs-se um sistema de governança para a Rede Brasileira de Química Verde que integra as premissas básicas para a operacionalização e gerenciamento da Rede; a estrutura de governança; o conjunto de atribuições e responsabilidades; e a sistemática de avaliação de desempenho da Rede.

As premissas básicas para a efetiva operacionalização e gestão da Rede Brasileira de Química Verde são as seguintes:

- visão de sustentabilidade e continuidade de atuação da Rede em áreas da Química Verde consideradas estratégicas para o país;
- desenvolvimento de produtos e processos limpos de acordo com os princípios da Química Verde;
- conhecimento e potencialização das competências disponíveis nas universidades, de instituições de ensino e pesquisa, empresas do setor industrial ou de serviços, órgãos públicos ou privados;
- transparência e equilíbrio entre as partes envolvidas, quanto à tomada de decisão no que se refere à disponibilização de recursos e à própria gestão dos projetos;
- auto-gestão, auto-avaliação, prospecção de demandas e divulgação de resultados;
- sistema de acompanhamento e avaliação das metas de curto, médio e longo prazo por parte dos atores envolvidos;

- consolidação das parcerias institucionais e promoção de ações multi- setoriais integradas;
- promoção da cooperação Internacional e a inserção internacional da Química Verde brasileira.

A Figura 2 representa a estrutura de governança proposta para a futura Rede Brasileira de Química Verde.

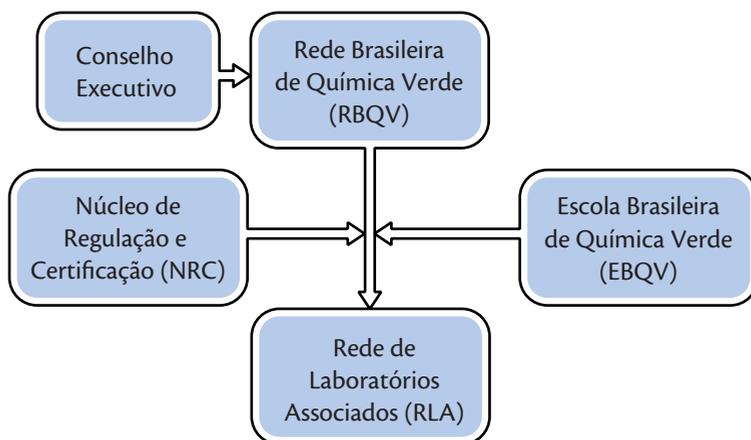


Figura 2. Estrutura de governança da Rede Brasileira de Química Verde

Como mostra a Figura 2, a RBQV compreenderá três unidades organizacionais, a saber: (i) Escola Brasileira de Química Verde (EBQV), cuja instituição gestora será a Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro; (ii) Rede de Laboratórios Associados (RLA); e (iii) Núcleo de Regulação e Certificação (NRC).

A Rede será gerenciada por um Comitê Gestor composto pelo Coordenador Geral da Rede e pelos Coordenadores de suas unidades constituintes. O Comitê Gestor, por sua vez, responderá a um Conselho Executivo integrado por representantes das diversas unidades da Rede e de partes interessadas.

Pelas suas características organizacionais peculiares, a Rede Brasileira de Química Verde requererá métodos de planejamento, monitoração e avaliação que se ajustem a sua estrutura e ao seu *modus operandi*. Apresenta-se sucintamente uma proposta conceitual para a sistemática de avaliação de desempenho da RBQV. Suas principais características são:

- orientação estratégica: a avaliação deve ser feita considerando sempre a perspectiva estratégica e sustentável da Rede, além da perspectiva técnica (Luggen et al, 2005; Germunden, Heydebreck, 1995). Como já abordado em diversas partes deste documento,

a estratégia é considerada elemento fundamental para o desenvolvimento da RBQV de forma sustentável. Compreende os direcionadores estratégicos definidos anteriormente e a visão de futuro expressa nos oito mapas tecnológicos e *portfolios* associados aos temas prioritários - foco do estudo prospectivo;

- abordagem sistêmica: a sistemática deve ser concebida e implementada no contexto de sistemas de inovação, uma vez que as redes, em geral, são consideradas como instrumentos chaves para fortalecer sistemas de inovação. As seis dimensões fundamentais para a estruturação e funcionamento efetivo da futura Rede propostas neste estudo devem ser abordadas na perspectiva sistêmica, isto é, deve-se analisar as interligações entre elas como um todo, evitando-se a avaliação fragmentada, projeto a projeto ou unidade a unidade;
- abordagem dinâmica: deve considerar indicadores dinâmicos inerentes à natureza da rede, segundo uma perspectiva evolucionária, além dos indicadores clássicos para mensurar a inovação, como produção científica expressa em número de publicações indexadas nas bases internacionais; propriedade intelectual avaliada pelo número de patentes, para citar alguns exemplos;
- flexibilidade e transparência: a sistemática deve ser flexível, ou seja deve ser capaz de se adaptar a mudanças nas dimensões decorrentes de mudanças ambientais, e transparente, como estabelecido no conjunto de premissas para operacionalização e gerenciamento da RBQV;
- análise qualitativa e quantitativa: os dois tipos de análise devem ser considerados para avaliar estruturas organizacionais como redes. São especialmente importantes as análises qualitativas, em função da sinergia e colaboração esperada entre os atores da rede (Freeman, 1991; Lundvall, 1992, 1998, 2000; Malerba, 2002; Gregersen, Johnso, 2005; Wasserman; Faust, 1994).

Uma condição indispensável para que a sistemática de avaliação opere de forma satisfatória para todos os atores diretamente envolvidos e as diversas partes interessadas é a existência de um ambiente de inovação apoiado por políticas públicas e estratégias deliberadas por parte do governo que viabilizem o processo de estruturação da Rede e implementação de sua estratégia

### 4.3. Estratégia 3: criar a Escola Brasileira de Química Verde no âmbito da RBQV

Considerando-se a necessidade de promover o avanço das pesquisas e da formação de pessoal de alto nível para permitir a transferência de conhecimentos para a indústria química nacional na área da Química Verde, propõe-se:

que esta Escola seja implantada junto a uma Universidade com vocação para o desenvolvimento da química no Brasil, bem como apresente um quadro de professores e pesquisadores especialistas em Química Verde;

a Escola Brasileira de Química Verde trabalhará como centro de geração e difusão de conhecimentos em consonância com o trabalho da Rede Brasileira de Química Verde e com o Núcleo de Certificação de Produtos e Processos Limpos, haja vista que não se dispõe deste tipo de atividade no país;

a Escola deverá permanentemente acompanhar o estado-da-arte das tecnologias visando a atualização das grades curriculares e o desenvolvimento de novos processos e produtos limpos. O seu trabalho identificará e atenderá demandas tecnológicas da indústria nacional, notadamente aquelas relacionadas com a formação de jovens cientistas, conforme recomendado pela IUPAC;

a Escola desenvolverá atividades na busca de se manter como uma instituição de excelência, realizando de forma continuada o alinhamento do país com os avanços científicos observados no exterior;

Vale ainda salientar que a Escola terá a difícil missão de transferir conhecimentos para as empresas nacionais e, em especial, para o pequeno produtor rural.

#### 4.4. Estratégia 4: fomentar o desenvolvimento da bioeconomia no país

Considerando a necessidade de fortalecer as cadeias produtivas do agronegócio brasileiro, visando torná-lo mais competitivo, os diversos atores (Rede, Escola e empresas) trabalharão no sentido de se agregar valor às matérias-primas nacionais.

A meta estratégica é a criação de uma economia nacional voltada para bioprodutos, diferentemente da situação atual, na qual o foco está voltado para a produção e exportação de *commodities*. Essa meta exigirá pessoal qualificado para tornar o país referência mundial na produção de bioprodutos.

#### 4.5. Estratégia 5: criar marcos regulatórios no país

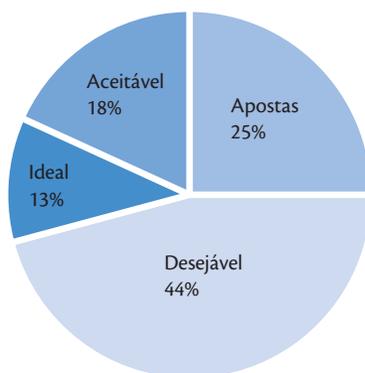
Essa estratégia vai ao encontro da necessidade de se instalar um Núcleo de Certificação de Produtos e Processos Limpos junto à Rede e à Escola Brasileira de Química Verde, considerando-se a

necessidade de se criar marcos regulatórios no país para permitir o uso ecologicamente correto e socialmente justo dos seus recursos naturais, bem como certificar produtos e processos limpos.

O Núcleo acompanhará os desenvolvimentos dos marcos regulatórios no exterior e apoiará o desenvolvimento de legislação nacional aplicável ao desenvolvimento da Química Verde no país. Essas instituições deverão ser capazes de sustentar nova conduta em processos químicos industriais e de implementar ações segundo a legislação de inovação, regulamentação técnica e propriedade intelectual, em apoio às atividades de cadeias produtivas brasileiras.

## 5. Considerações finais

A Figura 3 apresenta a distribuição percentual dos tópicos analisados, segundo sua posição no *portfolio* tecnológico estratégico da Rede Brasileira de Química Verde. Observa-se um excelente balanceamento entre os tópicos considerados como apostas (25%) e aqueles situados nas posições desejável, aceitável e ideal (44%, 18% e 13%, respectivamente).



**Figura 3.** Distribuição percentual dos tópicos tecnológicos no portfólio tecnológico estratégico da Química Verde no Brasil

Como representado nas Figuras 1 e 3, um *portfolio* tecnológico estratégico com essas características favorece significativamente o cumprimento das ações e metas que foram propostas no *Roadmap* Estratégico da Rede e o engajamento oportuno e em tempo hábil dos diversos atores-chave em torno das trajetórias preconizadas nos respectivos mapas tecnológicos representados ao longo do documento.

O *Roadmap* Estratégico contemplou um conjunto consistente de 84 ações, cuja distribuição por período e por dimensão pode ser visualizada na Tabela 2. Os planos de ação não serão aqui com-

partilhadas devido à natureza sensível das informações e a necessidade de serem discutidos em fóruns específicos para a devida mobilização de recursos físicos, humanos e financeiros.

**Tabela 3.** Distribuição das ações do Roadmap Estratégico da RBQV por período e por dimensão

Período/ Dimensão	Infraestrutura	Recursos humanos	Processo de inovação em rede	Transferência tecnológica e científica	Percepção de valor pela sociedade	Total	(%)
Curto prazo	6	4	6	3	7	26	31
Médio prazo	8	5	9	9	8	39	46
Longo prazo	4	2	3	5	5	19	23
Total	18	11	18	17	20	84	100

O conjunto de ações volta-se preponderantemente para o aproveitamento das oportunidades indicadas no *portfolio* tecnológico estratégico (Figura 1), em três níveis distintos de exigências de recursos, e buscará promover a articulação e o engajamento dos mais diversos atores, por meio das ações de suporte propostas para as seis dimensões da Rede. Isso porque, por um lado, os pesquisadores precisam de apoio e orientação desde as fases iniciais mostradas nos mapas tecnológicos (pesquisa pré-competitiva), até a antecipação de oportunidades comerciais e consequente materialização dos resultados de P&D em inovações de produtos e processos, que gerem impactos sociais, ambientais ou econômicos para o país. Por outro lado, as empresas necessitam de uma maior integração com o ambiente acadêmico para gerar novas oportunidades de transferência para o setor socioprodutivo dos promissores resultados, como visto neste estudo, em relação à produção científica nacional. Em síntese, as ações que integram o *Roadmap* Estratégico foram consideradas necessárias para fortalecer o posicionamento do Brasil como um país capaz de desenvolver e aplicar, de modo sustentável, tecnologias de processos e produtos consideradas promissoras segundo a visão de futuro da Química Verde apresentada neste artigo.

O desenvolvimento e a implementação da Química Verde no país dependerá fortemente da ação articulada de diversos agentes mobilizadores: governo, empresas, instituições de C&T (ICT), universidades, organizações não-governamentais e associações profissionais, como por exemplo a Associação Brasileira de Química (Abiquim), a Associação Brasileira de Química Fina (Abifina), a Associação Nacional de Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia das Empresas Inovadoras (Anpei) e a Associação Nacional Incubadoras de Empresas e Parques Tecnológicos (Anprotec).

Entre todos os atores-chave, a colaboração e a troca de conhecimento tornam-se essenciais para que as atividades de educação, capacitação e qualificação de recursos humanos, P&D, inovação e difusão tecnológica possam ser operacionalizadas de forma eficiente e eficaz. Nessa perspectiva, foram definidos com clareza os papéis, objetivos e interesses de cada um dos

atores-chave, conforme orientações gerais da OECD para o estabelecimento de programas de P&D em Química Verde<sup>2</sup>.

Finalmente, cabe ressaltar que o estudo prospectivo congregou os resultados de um esforço coletivo, envolvendo cerca de 30 representantes de instituições acadêmicas, de instituições de C&T, da indústria e do governo que atuam diretamente nos campos abordados neste artigo. Consolidou-se dessa forma, com o comprometimento de todos, programa de ação em três horizontes que servirá de base para as etapas posteriores de implantação da Rede Brasileira de Química Verde.

### **Agradecimentos**

Os autores, em nome de todas as pessoas envolvidas nesta iniciativa, reconhece e agradece a colaboração prestada pelo corpo técnico e diretoria do CGEE à realização da publicação “Química Verde no Brasil, 2010 – 2030”, e de forma especial enaltece a visão estratégica da Dra. Lucia Mello, Presidente do CGEE, na elaboração deste trabalho desde a sua fase inicial.

---

<sup>2</sup> OECD. *Need for research and development programmes in sustainable chemistry* (Series on Risk Management, nº15). 2002. Versão digital ENV/JM/MONO(2002)12. Disponível em: <<http://www.oecd.org>>. Acesso em: set 2010.

## Referências

- ALMEIDA, M.F.L. **Dimensões para o planejamento e avaliação da Rede Brasileira de Química Verde**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2009. Texto para discussão. Mimeo.
- AMERICAN CHEMICAL SOCIETY. ACS. **ACS Green Chemistry Institute**. Disponível em: <<http://portal.acs.org>>. Acesso em: dez 2009.
- ANASTAS, P.T.; EGHBALL, N. Green chemistry: principles and practice. **Chem. Soc. Rev.**, v.39, p. 301–312. 2010.
- ANASTAS, P.T.; WARNER, J. **Green chemistry: theory and practice**. Oxford: Oxford University Press, 1998.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. MCT. **Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação para 2007-2010. PACTI**. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br>>. Acesso em: dez 2009.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Política de Desenvolvimento Produtivo. PDP**. Brasília, maio de 2008. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/pdp/arquivos.destswf1212125941.pdf>>. Acesso em: dez 2009.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Química Verde no Brasil: 2010-2030**. Brasília: 2010.
- CLARK, J.H. Green chemistry: challenges and opportunities. **Green Chemistry**, v. 1999, p. 1-8. 1999.
- FREEMAN, C. Networks of innovators: a synthesis of research issues. **Research Policy**, v. 20, p. 499-514. 1991.
- GERMUNDEN, H.G.; HEYDEBRECK, D.P. The influence of business strategies on technological networks activities. **Research Policy**, n. 24, p. 831-849. 1995.
- GREEN CHEMISTRY NETWORK. **Green Chemistry Network**. Disponível em: <<http://www.greenchemistrynetwork.org>>. Acesso em: dez 2009.
- GREGERSEN, B.; JOHNSON, B. Performance of innovation systems. towards a capability based concept and measurements. In: GLOBELICS CONFERENCE, 3., Pretoria South Africa, 2005. **Trabalho apresentado...** Pretoria South Africa, 2005.
- JACOBIDES, M.G.; KNUDSEN T.; AUGIER M. Benefiting from innovation: value appropriation and the role of industry architectures. **Research Policy**, v.35, p. 1200-1221, 2006.
- LUNDEVALL, Bengt-.Ake. **The convergence and divergence of national systems of innovation**. Draft of contribution to special issue of Research Policy on Innovation Systems, 2000.
- \_\_\_\_\_. Why study national systems and national styles of innovation?. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 10, n. 4, p.407-422. 1998.
- \_\_\_\_\_. **National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning**. Londres: Pinter, 1992.

- MALERBA, F. New challenges for sectoral systems of innovation in Europe. In: *Druid Summer Conference 2002*. Copenhagen, Denmark, June 6-8, 2002. **Trabalhos apresentado...** Copenhagen, Denmark, June 6-8, 2002.
- OECD. **Need for research and development programmes in sustainable chemistry** (Series on Risk Management, No.15). 2002. Versão digital ENV/JM/MONO(2002)12. Disponível em: <<http://www.oecd.org>>. Acesso em: set 2010.
- PHAAL, R.; FARRUKH, C.; PROBERT, D.R. Customizing roadmapping. **Research Technology Management**, Mar – Apr, p. 26-37. 2004.
- U.S ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Green Chemistry**. Disponível em:<<http://www.epa.gov/epahome/topics.html>>. Acesso em: dez 2009.
- \_\_\_\_\_. **Twelve principles of green chemistry**. 1992. Disponível em: <<http://www.epa.gov>>. Acesso em: dez 2009.
- \_\_\_\_\_. **EPA Twelve principles of green chemistry**. EUA.1992. Disponível em: <<http://www.epa.gov/greenchemistry>>. Acesso em: set 2010.
- UN. UNITED NATION ENVIRONMENT PROGRAMME. **Global trends in sustainable energy investment**. 2009. Executive Summary. Disponível em: <[www.unep.org/pdf/Global\\_trends\\_report\\_2009.pdf](http://www.unep.org/pdf/Global_trends_report_2009.pdf)>. Acesso em: dez 2009.
- \_\_\_\_\_. **Towards sustainable production and use of resources: assessing biofuels**. 2009. Disponível em: <[http://www.unep.fr/scp/rpanel/pdf/Assessing\\_Biofuels\\_Full\\_Report.pdf](http://www.unep.fr/scp/rpanel/pdf/Assessing_Biofuels_Full_Report.pdf)>. Acesso em: dez 2009.
- UN. UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. UNFCCC. **Kyoto Protocol**. 2007. Disponível em: <[http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php)>. Acesso em: dez 2009.
- US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **EPA Green chemistry program**. Disponível em: <<http://www.epa.gov/greenchemistry>>. Acesso em: dez 2009
- \_\_\_\_\_. **Presidential Green Chemistry Challenge (PGCC) Awards Program**. Disponível em: <<http://www.epa.gov/greenchemistry/pubs/pgcc/presgcc.html>>. Acesso em set 2010.
- WASSERMAN, S.; FAUST, K. **Social network analysing methods and applications**. New York: Cambridge University Press, 1994.

# Conferência Nacional de CT&I e a criação do CGEE

*Prefácio<sup>1</sup>*

---

A Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, organizada pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e pela Academia Brasileira de Ciências (ABC) em setembro de 2001 colocou, como seu desafio primeiro, a inserção da Ciência, Tecnologia e Inovação na agenda da sociedade brasileira. Aos poucos, isto se torna realidade.

A sociedade brasileira desperta para a importância da pesquisa e desenvolvimento. Como exemplo disto, mencione-se que os grandes jornais do País começam a dar mais relevo às notícias científicas e aos avanços tecnológicos, inclusive àqueles que se originam no próprio Brasil. Nota-se, também, uma efervescência nos meios editoriais, com o surgimento de publicações de divulgação científica – às vezes, infelizmente, pseudocientífica - destinadas ao grande público e a segmentos específicos de leitores, propiciando aos editores essa ampliação de mercado e atuação. Não se edita aquilo que não se crê que as pessoas lerão e o consumidor não compra aquilo em que não está interessado. Ao mesmo tempo, escolas e universidades começam a oferecer cursos de “jornalismo científico” e a profissionalização da divulgação da Ciência e Tecnologia adquire visibilidade, atraindo um número crescente de jovens, tentados por uma nova e fascinante vertente da profissão. Com certeza, a ampla divulgação da Conferência e a presença, durante o evento, de consagrados jornalistas e formadores da opinião nacional contribuíram para estimular este movimento.

A Conferência serviu, simultaneamente, para se fazer um balanço dos progressos alcançados em meio século de apoio institucional à pesquisa e desenvolvimento no Brasil e para se colocarem

---

<sup>1</sup> Prefácio publicado em junho de 2002, no primeiro volume da edição especial da Revista Parcerias Estratégicas, de número 14, referente à Memória da II Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação.

os desafios a serem vencidos para a continuidade de uma trajetória de sucesso. Durante quase um ano, centenas de pesquisadores, empresários, técnicos do setor público e legisladores colaboraram na sua preparação e participaram ativamente da Conferência. Longe de representar a conclusão desse trabalho coletivo, ela foi o marco inicial de um esforço continuado de divulgação junto à sociedade e de discussão no âmbito do Executivo, da Universidade e da Empresa do papel fundamental da Ciência, Tecnologia e Inovação para o desenvolvimento do Brasil. Regiões, estados e municípios trouxeram a sua visão dos desafios do setor, em uma demonstração encorajadora da receptividade do tema em todos os níveis da administração pública brasileira.

O MCT e ABC estão agora disponibilizando, com a colaboração da revista Parcerias Estratégicas, vários documentos que constituem a Memória da Conferência. Eles englobam a transcrição das apresentações plenárias, um resumo das apresentações nas Mesas Redondas dos Simpósios, as sínteses das reuniões regionais, a apreciação dos estudantes que participaram do evento e o documento elaborado pela ABC, de diagnóstico e perspectivas para onze setores da Ciência brasileira. Esta Memória é, assim, um breve retrato da situação atual e das aspirações da Ciência e Tecnologia brasileiras no início de um novo século. Ela servirá, também, como uma referência para os historiadores que se debruçarem sobre esta época tão rica de mudanças, incertezas e desafios para a sociedade brasileira e, em especial, para nossa comunidade científica e tecnológica.

Há quase 40 anos, no lançamento nos Estados Unidos do programa “Grande Sociedade” do presidente Lyndon Johnson, John W. Gardner, Secretário do Departamento de Saúde, Educação e Bem-estar, dizia: “O que temos diante de nós são oportunidades empolgantes, disfarçadas em problemas insolúveis.” Algo não muito diferente poderia ser dito sobre Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil neste início do século XXI. De fato, fazer com que a Ciência, Tecnologia e Inovação contribuam para transformar a sociedade brasileira em uma sociedade do conhecimento, se incorporem ao complexo processo de transformação desse conhecimento em riquezas, e se integrem definitivamente no tecido de sua vida social, política, cultural e econômica, são problemas que se afiguram quase insolúveis, mas que, de fato, escondem oportunidades empolgantes para a Nação. Tempo, pertinácia e um grupo de pioneiros com visão de futuro, somados ao apoio de segmentos cada vez mais amplos da Sociedade, são os elementos que, ao longo do último meio século, como mostrado no Livro Verde da Conferência, trouxeram o Brasil a sua posição atual em Ciência e Tecnologia no panorama mundial. Se este meio século pode ser comparado aos preparativos para uma longa jornada, do sonho inicial e do penoso aparelhamento até os momentos frenéticos que antecedem a partida, o período que se oferece a nossa frente é o do ansioso e ilimitado entusiasmo das grandes aventuras de descoberta.

Recursos humanos adequadamente preparados são a força motriz de qualquer esforço em Ciência, Tecnologia e Inovação. A educação, em seus vários níveis e modalidades - da escola primária à pós-graduação, do treinamento técnico e formação continuada aos centros vocacionais tecno-

lógicos, da divulgação científica popular aos museus e centros de ciência – apareceu, claramente, como o elemento fundamental para o desenvolvimento científico e tecnológico do País. Entre tantos desafios, não há dúvidas de que incrementar a quantidade e qualidade dos engenheiros brasileiros é urgente, como bem colocado durante a Conferência. A engenharia brasileira já alcançou grandes sucessos, impulsionada por programas estratégicos ambiciosos, que ajudaram a construir o Brasil moderno. Esses programas, motivadores e impulsionadores de um novo ciclo de crescimento econômico, formulados em bases inovadoras compatíveis com a realidade atual do País e do mundo, precisam ser retomados, a fim de incentivar jovens talentos a se voltarem para a Engenharia, como o desafio de suas vidas profissionais. Na próxima década, o Brasil terá de dar uma atenção especial à formação e adequado emprego de uma geração de jovens engenheiros plenamente capacitados para os desafios de uma indústria cada vez mais baseada na pesquisa e desenvolvimento. O crescimento sustentado da economia brasileira, o maior investimento privado em pesquisa e desenvolvimento, a solução de muitos e graves problemas sociais e, em última análise, o financiamento da expansão necessária do esforço em Ciência e Tecnologia não serão possíveis sem uma engenharia nacional, renovada e expandida, de classe mundial.

Na Conferência e nas reuniões preparatórias que a antecederam, o desafio que representa para a estabilidade da Nação a continuada existência de regiões menos desenvolvidas e, mesmo no seio das mais desenvolvidas, de imensas desigualdades sociais, recebeu a merecida atenção. O problema não é, em certos casos, meramente de equalizar graus de desenvolvimento econômico entre diferentes regiões, outramente homogêneas. A situação da Amazônia é paradigmática desses casos, tipicamente brasileiros, que irão requerer a formulação de soluções inovadoras e complexas, onde políticas e conhecimento técnico terão de reconhecer a natureza especial das potencialidades da natureza e do ser humano nessa região. Esses desafios ultrapassam – e muito – as fronteiras da Ciência, Tecnologia e Inovação, pois neles se mesclam o conhecimento mais avançado com tradições culturais, sociais e políticas de grande inércia, cujas raízes históricas se estendem por séculos. Contudo, o esforço para trazer todas as regiões do País, no prazo de uma ou duas gerações, a patamares de desenvolvimento que reduzam ou eliminem definitivamente grandes disparidades, respeitando suas especificidades, passa inevitavelmente por investimentos significativos em educação e pesquisa. Mecanismos de financiamento implementados, no âmbito dos Fundos Setoriais e de incentivos fiscais, por si só não serão suficientes para enfrentar esse desafio. A solidariedade e o apoio das regiões mais desenvolvidas, bem como o comprometimento da sociedade brasileira como um todo, em especial nas regiões menos favorecidas, serão fundamentais. A manutenção e expansão de uma política de Ciência, Tecnologia e Inovação que contemple uma efetiva integração nacional é um dos grandes desafios dessa próxima década. As sugestões formuladas pelas várias regiões do País, encontram-se transcritas na íntegra nessa Memória e merecem uma leitura atenta.

A história não permite às Nações “parar para respirar”. Sua dinâmica implacável coloca constantemente novos e crescentes desafios. Ao otimismo de uma globalização salvadora, presidida pelo mercado-rei, pelo domínio do econômico sobre o social e do privado sobre o público, que marcou o final do século passado, inicia-se sombrio e conflituoso do novo século. O Excelentíssimo Senhor Presidente da República, na abertura da Conferência, abordou essa questão com muita propriedade, ainda quando o mundo estava sob o impacto dos ataques terroristas de 11 de setembro de 2001. Que esses ataques teriam conseqüências de longo prazo para a paz e estabilidade mundiais estava imediatamente claro. Entretanto, naquele momento, e ainda hoje, apenas se começam a discernir quais elas serão. Não resta dúvida que a existência de uma única potência hegemônica global, por mais benigna que se imagine ser, é problemática. A tentação do exercício arbitrário do Poder, econômico ou militar, quando não contida por forças que a ela se oponham, torna-se aos poucos e insensivelmente, um irresistível mandato divino. A defesa nacional readquire, nessas circunstâncias difíceis, um caráter extremamente urgente para o Brasil. Não existe defesa nacional moderna sem Ciência, Tecnologia e Inovação. Do domínio da tecnologia de veículos lançadores de satélites à produção doméstica de fármacos, do monitoramento do território nacional ao suprimento de energia para o País, do desenvolvimento equilibrado de regiões e inclusão social de largas parcelas da população ao controle da violência urbana, a defesa nacional vai muito além do desenvolvimento de armamentos modernos e dos meios de empregá-los em campos de batalha cada vez mais dominados pela tecnologia. A defesa nacional, nas suas múltiplas facetas e na sua integração íntima com Ciência, Tecnologia e Inovação é um dos Desafios Estratégicos com os quais a sociedade brasileira terá de se defrontar nesta próxima década.

Em um País recentemente acostumado a ver o financiamento de projetos privados com recursos públicos sob os holofotes de denúncias de falcatruas e escândalos de recursos desviados, uma das maiores barreiras, legais e culturais, a serem vencidas nesta próxima década é, precisamente, a de legitimar o apoio público à pesquisa e desenvolvimento no setor privado brasileiro. Não se constrói um setor privado nacional forte em Ciência e Tecnologia e competitivo internacionalmente sem o apoio do Estado – toda a evidência histórica dos países que se desenvolveram, inclusive a própria experiência brasileira, está aí para mostrar isso. A evolução de uma sociedade democrática, com mecanismos cada vez mais transparentes de fiscalização, avaliação e sanção do relacionamento do setor público com o privado é um avanço significativo no Brasil moderno. Não se deve, entretanto, erigir barreiras intransponíveis entre esses setores, sobretudo porque os grandes investimentos que se farão necessários para criar uma sociedade do conhecimento no Brasil somente serão possíveis por meio de parcerias entre os setores público e privado, inclusive aquelas que estimulem o fluxo de recursos humanos nas duas direções. O poder de compra do Estado, as encomendas de tecnologia, até mesmo o fomento direto de P&D ao setor privado como elemento de estímulo para o equacionamento dos riscos tecnológicos de novos empreendimentos foram enfaticamente abordados em diversas ocasiões, por muitos expositores, durante a Conferência. Energias convencionais e alternativas, transporte público e privado, medi-

camentos, telecomunicações, informática, aeronáutica e espaço, defesa nacional, são alguns dos setores estratégicos nomeados como candidatos para programas nacionais mobilizadores em que o Estado e o setor privado unam esforços para a solução de grandes problemas nacionais. Não resta dúvida de que, na próxima década, com os Fundos Setoriais, a Lei da Inovação, uma nova institucionalização da pesquisa no País e o crescente envolvimento do setor privado em P&D serão encontradas soluções para esses desafios, lembrando sempre que eles transcendem o limitado escopo de uma discussão puramente voltada para Ciência e Tecnologia.

O trabalho pioneiro e pertinaz, de cinco décadas, na formação de recursos humanos e na pesquisa científica e tecnológica, marcado pela atuação de agências como CNPq, Capes, Finep, Fapesp, diretamente pelo próprio MCT e pelos investimentos de outros Ministérios e várias empresas estatais – em aeronáutica e espaço, telecomunicações, energia, exploração de petróleo e petroquímica, agropecuária, saúde, etc. – criou uma invejável infra-estrutura de Ciência e Tecnologia no Brasil. A inserção internacional do País, seja por sua posição de destaque na América Latina, seja pela magnitude do fosso que ainda o separa das nações líderes, é tema de suma importância. A cooperação internacional em Ciência, Tecnologia e Inovação, enfatizada no Livro Verde e na Conferência, como instrumento de ação política do País e de alavancagem de seu desenvolvimento econômico e social, coloca-se como merecedora de atenção prioritária nas diretrizes estratégicas desta próxima década. O desenvolvimento da tecnologia de satélites em cooperação com a China é um exemplo paradigmático onde interesse estratégico nacional e cooperação internacional convergem. Há outros temas, entretanto, de interesse coletivo da humanidade – tais como clima, meio ambiente, mar, Programa Antártico – dos quais o País não pode e não tem se omitido na cooperação internacional em Ciência e Tecnologia. Cabe ainda mencionar a solidariedade brasileira para com as nações menos desenvolvidas, para as quais se podem transferir conhecimentos disponíveis no País, entre tantos outros mecanismos, mediante o treinamento de seus recursos humanos e a facilitação do acesso de seus pesquisadores a nossas instalações de pesquisa. As grandes linhas de atuação e um elenco de parceiros em cooperação internacional, discutidas na Conferência, se encontram indicadas na presente Memória.

Inovação não é uma atividade que tenha lugar apenas em empresas, estabelecidas ou nascentes. O Terceiro Setor, como segmento organizado da sociedade para o atendimento de demandas que nem o setor público nem o mercado suprem com eficiência, é uma fonte de inovações sociais. É, também, exemplo claro da vontade de traduzir C,T&I em soluções para os problemas da sociedade brasileira, bem como em melhoria da qualidade de vida da população. Uma sessão da Conferência foi especialmente dedicada a este tema, não apenas por sua relevância atual, mas, igualmente, pela importância crescente que promete ter na estruturação da sociedade e da democracia brasileiras. Inserir, cada vez mais, a discussão do papel e da relevância da Ciência, Tecnologia e Inovação no Terceiro Setor nas preocupações da comunidade científica e tecnológica é um desafio para a próxima década que a Conferência assinala e essa Memória preserva.

Apesar disso, Ciência, Tecnologia e Inovação invocam na mente de qualquer interlocutor, seja ele favorável ou desfavoravelmente disposto em relação a essas atividades, a imagem imediata da sociedade industrial moderna, com seus sucessos e suas deficiências. A empresa, nascente, pequena, média, grande ou gigante ainda é a maior fonte de inovações, de renda e de emprego da sociedade capitalista contemporânea. Uma nação com uma economia em pleno crescimento necessita, além das condições macroeconômicas e políticas bem conhecidas, de instituições adequadas e do espírito empreendedor e da criatividade de seu povo, sobretudo de seus jovens. O reduzido número de patentes obtidas pelos pesquisadores, engenheiros e inventores brasileiros, no País e no exterior, e o baixo investimento em pesquisa e desenvolvimento no setor privado brasileiro aparecem como pontos em comum de uma economia que encontra dificuldades para crescer, face a obstáculos endógenos e exógenos, que implícita e explicitamente nunca deixaram de balizar as discussões sobre o tema durante a Conferência. A próxima década mostrará, sem dúvida, que é mais fácil incrementar o número de patentes brasileiras do que aumentar os investimentos privados em P&D, pois são dois fenômenos de causas distintas, ainda que com certo paralelismo. Fazer com que a criatividade do brasileiro em Ciência e Tecnologia se expresse e se mesure em patentes requer um esforço muito menor do que o de modernizar a estrutura tributária do País ou reduzir as amarras burocráticas que fazem da abertura e fechamento de uma empresa uma via crucis na qual energias que seriam melhor aproveitadas na criação de riquezas se desperdiçam no enfrentamento de um pesadelo burocrático. Criar instituições amigáveis à Inovação, ao surgimento de novas empresas, à expansão das empresas existentes, aos investimentos em P&D por empresas estrangeiras operando no País são outras tantas oportunidades empolgantes disfarçadas de problemas insolúveis.

A Revolução Nanotecnológica representa uma oportunidade empolgante para o Brasil na próxima década. Uma reflexão sobre o passado nos leva a considerar que, se o País perdeu as oportunidades que a microtecnologia nascente oferecia nos anos 70, não foi pela falta de recursos financeiros, mas sim pela carência de recursos humanos adequadamente preparados. Há 30 anos, a Ciência e Tecnologia brasileiras apenas engatinhavam e não havia como, na ausência de uma concentração maciça e prolongada dos investimentos nacionais, provocar o salto gigantesco de quantidade e qualidade que a microtecnologia exigia. Outras demandas de construção da infraestrutura do País requeriam, igualmente, uma atenção especial. Hoje, a nanotecnologia torna a colocar ao País um desafio de amplitude ainda maior, pois ela não se limita à eletrônica, mas envolve além disso a química, a engenharia de materiais, a física e a biologia. De certo modo, ela o encontra muito melhor preparado em recursos humanos, ainda que o problema nos apareça como insolúvel, a requerer recursos financeiros e materiais de que não dispomos. As cifras dos investimentos combinados em nanotecnologia apenas dos Estados Unidos e Japão superam a barra do bilhão de dólares por ano. Mais similar à nossa condição, em Taiwan, o Instituto de Pesquisa de Tecnologia Industrial investirá, nos próximos cinco anos, 300 milhões de dólares de recursos públicos em um programa focado em nanotecnologias. Confrontado com a magnitude

dos investimentos de seus competidores, como poderá o Brasil ter sucesso na nova revolução nanotecnológica? Problema insolúvel ou oportunidade empolgante? Há condições imediatas para a formulação e implementação de um programa nacional de nanotecnologia, que explore as vantagens competitivas do Brasil e seus nichos de mercado. Dois segmentos de peso na economia nacional, a indústria química e a agroindústria, seriam óbvios beneficiários de um programa deste molde no transcorrer da próxima década.

Os avanços do País em genética, biologia molecular e biotecnologia repercutem diretamente sobre a economia nacional e o bem-estar da população brasileira. Grandes programas de agroindústria, de fontes de energia renováveis, de saúde pública, de meio ambiente, dentre vários mencionados durante a Conferência, já estão sendo concebidos e implementados sobre a base de pesquisa existente. Entretanto, o escopo para Ciência, Tecnologia e Inovação é ainda mais amplo na área das ciências da vida. O mapeamento, conservação e exploração racional da biodiversidade brasileira, terrestre e aquática, oferecem ricas oportunidades para o avanço do conhecimento e para o desenvolvimento econômico sustentado do País. Na intersecção das grandes áreas da ecologia e da engenharia, a preservação e exploração dos mananciais de água para consumo humano (ou das reservas hídricas para geração de energia, com suas múltiplas funções no meio ambiente), bem como o tratamento de rejeitos líquidos urbanos e industriais foram problemas tratados na Conferência, que dizem respeito à qualidade de vida das gerações presentes e ao patrimônio que será legado às futuras gerações. A próxima década, certamente, verá uma rica colheita dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento feitos nessas áreas.

Ao apresentar essa Memória da Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, o Ministério da Ciência e Tecnologia e a Academia Brasileira de Ciências esperam contribuir para a continuidade do debate sobre um dos grandes desafios nacionais de nosso tempo – a inserção da Ciência, Tecnologia e Inovação na agenda da sociedade brasileira.

**Cylon Gonçalves da Silva**

**Lucia Melo**

Coordenadores

Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação

*Setembro 2001*