

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

Marconi Edson Esmeraldo Albuquerque¹, Maria Beatriz Machado Bonacelli² & Peter Weigel³.

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 ambientais¹. 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

1 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 tecnológicos² 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 aprendizagem³, 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 social⁴.

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 ambientais⁵ 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 ambientais⁶.

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 inovativo⁷. 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 instituições⁸, 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 ambientais⁹. 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 organizacionais¹⁰. 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 agropecuárias¹¹; 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*¹² econômico de diversas nações (MAZZOLENI; NELSON, 2007). As mudanças nas relações econômicas internacionais¹³ 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>. 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.