

Ciência, Tecnologia e Engenharia: Opções para a Indução de Padrão Brasileiro de Industrialização com Inovação até 2020

MARCO AURÉLIO CABRAL PINTO*

RESUMO O presente trabalho tem por objetivo discutir desafios para gestão da política integrada Industrial, Científica e Tecnológica e de Comércio Exterior para o Brasil até 2020. Para tanto, assumiram-se premissas de ordem interna e outras de ordem externa ao país. Em conjunto, determinam envoltórias de possibilidade para implementação da política anunciada no BNDES em maio de 2008. Entre as premissas externas citam-se: a) crescentes restrições para a continuidade da industrialização dentro do paradigma tecnológico forjado pela combinação de eletricidade, metalurgia e química; e b) crescentes restrições para elevação da segurança/soberania das estratégias brasileiras público-privadas. As opções defendidas podem ser divididas entre: a) aceleração no ritmo de adensamento das cadeias produtivas localizadas no Brasil; b) surgimento de novas cadeias produtivas, resultantes da aplicação combinada de tecnologias fundadoras de paradigma tecnológico emergente *biotech-digitech*; c) formação e valorização de competências inovadoras no Brasil; e d) compromisso com aspectos sociais, ambientais, urbanos e regionais na industrialização nacional.

ABSTRACT *This paper aims at discussing the challenges for the management of the Industrial, Scientific, Technological and Foreign Trade integrated policies in Brazil until 2020. Notwithstanding, some domestic and foreign premises were taken into account. Altogether, they determine some possibilities to implement the policy released by BNDES on May 2008. Indeed, these external premises may include: a) expanding restrictions to the processing continuity within the technological paradigm forged by the combination of electricity, metalworking and chemistry; and b) expanding restrictions to enhance the safety/sovereignty of the public-private Brazilian strategies. These options may be divided into: a) acceleration in the adhesion of production chains located in Brazil; b) establishment of new production chains, resulting from the combined application of developing technological paradigm *biotech-digitech*; c) formation and appreciation of innovative competences in Brazil; and d) commitment with social, environmental, urban and regional aspects in the national processing.*

* Engenheiro do BNDES e professor adjunto da Escola de Engenharia da UFF e da Faculdade de Economia do Imbec.

O autor agradece os valiosos comentários de Waldimir Pirró y Longo e de Fabio Stefano Erber, sem implicá-los em qualquer tipo de responsabilidade pelo conteúdo escrito. O presente trabalho revisa e atualiza Nota Técnica encomendada pela Federação Nacional dos Engenheiros (FNE) para integrar capítulo sobre Ciência, Tecnologia e Engenharia em documento apresentado à sociedade em fins de 2006.

1. Introdução

O presente trabalho tem por objetivo geral alimentar o debate sobre desafios para gestão da política integrada Industrial, Científica e Tecnológica e de Comércio Exterior para o Brasil até 2020.

Para tanto, partiu-se da premissa de que duas condições estruturais no ambiente externo se somam na conjuntura para restringir as possibilidades para a implementação de estratégias brasileiras público-privadas.¹

A primeira condição, que abrange a totalidade do sistema internacional, reúne restrições à continuidade da industrialização dentro do paradigma tecnológico forjado pela combinação de eletricidade, metalurgia e química. A saturação dos mercados centrais para produtos de consumo durável observada desde os anos 1970, somada ao aumento tendencial de custos para oferta de petróleo e ao avanço acelerado da degradação ambiental, tornou o avanço da “velha indústria” progressivamente mais dependente da ação indutora do Estado.

A segunda condição estrutural admitida como premissa no presente trabalho fundamenta-se em restrições estabelecidas desde os anos 1990 para elevação da segurança/soberania das estratégias brasileiras público-privadas. Essas restrições reportam-se à complexidade e à multiplicidade de competências exigidas para garantir plena resposta a amplo espectro de ameaças aos territórios econômico e político brasileiros. Limites para acumulação de inteligência e de instrumentos dissuasórios, que vão desde rapidez e capacidade na produção de vacinas até sistemas e materiais aeroespaciais, colocam-se, entre outros, como restrições para formulação e implementação de estratégias brasileiras no longo termo.

Assume-se, ainda, no período de estudo um aumento de convergência entre interesses públicos e privados internos quanto à estratégia de aceleração da industrialização fundamentada na produção de conhecimento autônomo.

Dadas as premissas externas, quanto a dificuldades para avanço da industrialização no curso do paradigma vigente e de crescentes restrições à soberania, assim como a interna, que presume convergência entre interesses

¹ Para interessante discussão a respeito de restrições à industrialização pelos países centrais, ver Chang (2005).

públicos e privados, o objetivo do presente trabalho é contribuir para a reflexão sobre opções para implementação de novo padrão de industrialização.

Para a discussão das propostas apresentadas, partiu-se da constatação de que as diversas ações atualmente em curso no âmbito do sistema nacional de inovação podem e devem ser mantidas ou, em muitos casos, fortalecidas. Dessa maneira, a presente discussão visa aprimorar as ações atualmente em curso, sem implicar qualquer tipo de exclusão, ainda que se defenda que a ênfase proposta no presente trabalho potencializará a elevação da taxa de acumulação de poder e de riqueza, relativa a outras nações, pela sociedade territorial brasileira.

Apesar de tomar as políticas atualmente em curso como ponto de partida, as sugestões apresentadas no presente documento trazem implicitamente uma ruptura com as práticas públicas dominantes entre 1990 e 1997. Essa ruptura se dá na medida em que implica a retomada, por parte do Estado brasileiro, do laborioso esforço coordenado de planejamento e de liderança necessário a novo impulso industrializante.

Destaca-se ainda que, nas propostas de ações apresentadas a seguir, a ênfase recaiu sobre estruturas percebidas como passíveis de implementação dentro do marco legal e institucional existente hoje, sem que necessitem de revisões profundas ou que coloquem em risco a operacionalização das estratégias propostas.² Essa escolha se deu em face da urgência para o aproveitamento das oportunidades percebidas como disponíveis em ambiente de incerteza internacional (escassez do petróleo, bioinsegurança, degradação ambiental, intervencionismos militares etc.).

No presente trabalho, não houve preocupação de fundamentar quaisquer hipóteses com dados empíricos, procedimento que o tornaria longo demais para apresentação como artigo na *Revista do BNDES*. Com isso, acredita-se aproximá-lo de texto para discussão, o qual pode ser útil ao momento atual, em que se depara com o desafio de implementação do Plano de Desenvolvimento Produtivo apresentado pelo governo federal em maio de 2008.³

2 *Que passa a depender do compromisso dos executivos das autarquias públicas e da administração direta com a urgência e a direção das ações. Em casos em que se verifique resistência à operacionalização, cumpre-se induzir a mudança organizacional, usualmente com emprego de novas tecnologias.*

3 *Ver Dieese (2008).*

Na seção 2, procurou-se aprofundar as premissas sobre o ambiente externo, justificando-se a importância do binômio industrialização/segurança como objetivo da política científica e tecnológica.

Na seção 3, tentou-se recuperar sinteticamente o histórico das políticas de ciência, tecnologia e inovação nos últimos 35 anos no Brasil.

Na seção 4, apresentaram-se sugestões para que a sociedade territorial brasileira potencialize a realização dos objetivos de aceleração da industrialização e de conquista de soberania, por meio de ações para: a) aceleração no ritmo de adensamento das cadeias produtivas localizadas no Brasil; b) surgimento de novas cadeias produtivas, resultantes da aplicação combinada de tecnologias fundadoras de paradigma tecnológico emergente *biotech-digitech*; c) formação e valorização de competências inovadoras no Brasil; e d) compromisso com os aspectos sociais, ambientais, urbanos e regionais na industrialização nacional.

2. Ciência & Tecnologia e o Progresso das Nações

A relação entre o desenvolvimento de competências em Ciência e Tecnologia e o progresso das nações tem-se mostrado historicamente como em relação de determinação circular.⁴ Quanto maior o ritmo de produção, de difusão e de acumulação do conhecimento, maior a potência para acumulação de riqueza e de poder. De maneira inversa, quanto maior o estoque acumulado de riqueza e de poder, maiores os recursos a serem potencialmente destinados ao avanço no conhecimento. Se invertido o sinal lógico, explica-se exaustivamente o atraso econômico e político dos povos pela insuficiência de geração interna de conhecimento. Em resumo, o subdesenvolvimento.

Conforme se procurou mostrar na presente seção, historicamente as oportunidades abertas pelo avanço técnico fizeram da industrialização um instrumento para a superação da condição atrasada e periférica de EUA, Japão e Alemanha, elevando essas nações à condição de potências mundiais em relativamente curto espaço de tempo.

⁴ Para argumentos convincentes a esse respeito, ver Kennedy (1989) e Landes (1969).

Três Quartos de Século em Oportunidades para Quem Soube Aproveitá-las (1860-1929)

Por volta de meados do século XIX, três tecnologias – eletricidade, metalurgia e (petro) química – encontravam-se em tal ponto de suas trajetórias evolutivas que se fez possível combiná-las.⁵ Dessa combinação, resultou um conjunto imenso de possibilidades para o exercício do engenho humano, seja em produtos, em capital ou em armas.

A industrialização e a urbanização foram as resultantes mais visíveis da evolução em século e meio do paradigma tecnológico eletricidade-metalurgia-química. No entanto, nem todos os territórios econômicos com domínio da vida urbana foram palco da industrialização. Nos casos em que apenas se observou com intensidade o processo de urbanização, obteve-se tão-somente impulso para modernização dos padrões de consumo, desconhecendo-se nessas a proximidade simbiótica entre o avanço científico e tecnológico e a industrialização.

A acelerada urbanização observada desde meados do século XIX correspondeu ao desenvolvimento de condições técnicas e institucionais para a progressiva aglomeração humana. Em consequência, observaram-se adensamento em mercados consumidores, aumento e diversificação de habilidades para a indústria e consolidação dos veículos de comunicação como instrumento para elevação da mercadoria à categoria de objeto cultural, constituindo-se sistema de referências cruzadas para o ordenamento de sociedades urbanas hierarquizadas.

Por outro lado, a organização manufatureira privilegiou a especialização das firmas em setores ligados por longas cadeias de transformação. Essas cadeias desenvolveram-se progressivamente, como ramos de árvore, tendo, na base, firmas produtoras de minérios e de alimentos e, próximos à destruição pelo consumo, inúmeros serviços.

A elevação de produtividade e a modificação nas formas de consumo, sem assimilação concomitante de progresso tecnológico, nos processos produtivos, constituíam em realidade o ponto de partida da formação das estruturas subdesenvolvidas. Se se admite, numa ótica mais ampla, que o progresso tecnológico assume duas formas básicas – transformação dos processos produtivos (o que permite elevar a dotação de capital por pessoa ocupada) e diversificação dos bens e serviços finais – cabe afirmar que o subdesenvolvimento decorre da assimilação prioritária da segunda

5 Para uma discussão sobre a formação do paradigma tecnológico eletricidade-metalurgia-química, ver Pinto (2001).

dessas formas. Não se trata de uma preferência arbitrária, e sim de uma consequência da forma de inserção no sistema de divisão internacional do trabalho que surgiu com a revolução industrial [Furtado (1972, p. 10)].

A exceção se deu com os serviços financeiros, que ocuparam papel central no ritmo de industrialização e de avanço técnico. Tanto a intensidade dos fluxos quanto a expansão dos meios de transformação material requereram historicamente uma oferta de moeda e de crédito em montantes e em prazos compatíveis com a maturação das inversões em giro e em capacidade. Constituiu-se, portanto, requisito fundamental para a observância da industrialização a existência de um sistema de crédito propenso a apostar no futuro daquele território econômico como unidade de acumulação.⁶

Quase tudo o que nos cerca no início do século XXI foi forjado dentro das envoltórias históricas do paradigma tecnológico eletricidade-metalurgia-química. Contudo, seu aproveitamento como campo de oportunidades exigiu das elites novecentistas visão de futuro, sentido de urgência para com seu povo e coragem para o inevitável enfrentamento contra interesses externos dominantes.

Entretanto, apenas três elites e três povos, não alinhados com as elites hegemônicas britânicas, perceberam em meados do século XIX as oportunidades abertas pela industrialização em torno da eletricidade-metalurgia-química.

Na Alemanha, um dos últimos Estados nacionais a se constituir no coração da Europa, a industrialização e o avanço técnico foram direcionados para garantir soberania política e econômica ao território recém-demarcado.⁷

No Japão, por volta de 1860, as elites feudais iniciaram ambicioso processo de transformação cultural que, a despeito de introduzir riscos para sua permanência como elite, levou o povo japonês a conquistar, ao longo do tempo, importância incontestável no tabuleiro ocidental.⁸

Os EUA se afirmaram como exemplar experiência de aplicação da ciência e da técnica como instrumento de acumulação na dimensão do poder e da riqueza.⁹ Nos quatro anos que se seguiram a 1860, as elites nordestinas, ao perceberem as oportunidades abertas pela industrialização, iniciaram guer-

6 Ver Zysman (1983).

7 Ver Braga (1999).

8 Ver Torres (1999).

9 Ver Medeiros (2004).

ra que pôs termo ao pacto político estabelecido desde a independência com as elites agroexportadoras do Sul.¹⁰ Vitoriosas, as elites nordestinas levaram a sociedade norte-americana a expandir, de maneira sem precedentes, pela força das armas e do dinheiro, o território econômico e político até o Havaí, a leste, o Alasca, ao norte, e o Texas, ao sul.¹¹

Já o atraso de sessenta anos experimentado pela industrialização russa foi mais que compensado por inovação institucional capaz de imunizar a economia contra a crise liberal de 1929. O Estado provou-se elemento complementar eficaz para o aumento da confiança das elites sobre a viabilidade das estratégias público-privadas.

A Hegemonia Norte-Americana e a Industrialização na Periferia (1950–1970)

Alemanha, Japão, EUA e Rússia vieram a se constituir nos principais atores das guerras dos 31 anos (1914-1945), e, não por acaso, em razão do sucesso dessas sociedades territoriais no aproveitamento das oportunidades de industrialização abertas pelas combinações do paradigma tecnológico eletricidade-metalurgia-química.

Em século de exercício hegemônico, a Inglaterra manteve como núcleo da estratégia industrial a localização das plantas no espaço territorial das ilhas britânicas. Essa estratégia baseou-se no sucesso de políticas liberalizantes, as quais se apoiaram na crença de benefícios mútuos na troca, em mercados competitivos, de manufaturas por matérias-primas e alimentos com a periferia.

O pós-guerra foi marcado pela construção de uma nova ordem internacional pelos EUA, que passaram a aspirar à condição de *hegemon*. No entanto, as elites norte-americanas perceberam que não a planta industrial, produtora de mercadorias, mas o laboratório, produtor da inovação, deveria ser estrategicamente localizado no território dos EUA.

O surgimento de políticas tecnológicas ativas, complementares ao processo de industrialização em curso, foi marcado nos EUA pelos seguintes elementos principais:

¹⁰ Ver Fiori (2004).

¹¹ Ver Teixeira (1999).

- a) a centralidade do Estado, principalmente por meio do exercício do poder de compra, do planejamento indicativo e da preservação financeira de ativos estratégicos em momentos de crise;
- b) a associação entre grandes empresas e universidades para a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias duais (complexo industrial-militar-acadêmico); e
- c) o desenvolvimento de superestrutura que regulasse a propriedade e a transferência de tecnologia, bem como as exportações de itens sensíveis (produtos aeroespaciais, material nuclear etc.).

Dada a ênfase na segurança da produção científica e tecnológica, a estratégia de transnacionalização dos oligopólios norte-americanos nas décadas de 1950 e 1960 levou a industrialização à periferia do sistema internacional, beneficiando-se as subsidiárias estrangeiras de políticas desenvolvimentistas locais, de mercados cativos protegidos, de mão-de-obra abundante e barata e de segurança sobre fornecimento de matérias-primas.

Da mesma maneira, beneficiaram-se do movimento de ingresso de capital estrangeiro no período segmentos da elite periférica, valorizadas externamente pelo conhecimento prévio dos territórios econômicos e políticos. Cabe ressaltar, contudo, que essa associação constituiu-se, em alguns casos, como subordinação, medida pelo grau de dependência tecnológica das plantas industriais de controle nacional por tecnologias de produto e de processos introduzidas e testadas primeiramente em mercados centrais, mais maduros e exigentes.¹²

Resultou que a industrialização na periferia evoluiu, em termos relevantes, de forma desvinculada do processo autônomo de geração de conhecimento científico e tecnológico, concentrado no centro capitalista.¹³

Crise e Oportunidade (1970–1980)

Ao longo da década de 1970, o impulso gerador de crescimento, que moveu o capitalismo histórico nos cem anos anteriores, apresentou sinais de esgotamento.¹⁴ A industrialização em torno do paradigma eletricidade-metalurgia-química não parecia reunir condições de avançar com as elevadas

¹² Ver Furtado (1979).

¹³ Ver Furtado (1961).

¹⁴ Ver Coutinho e Belluzzo (1983).

taxas de crescimento observadas no passado. A explicação reside, entre outros argumentos, no esgotamento dos mercados de bens de consumo duráveis e semiduráveis. As famílias do centro capitalista já haviam, nos idos dos anos 1970, equipado suas vidas com boa parte dos artefatos domésticos surgidos no paradigma vigente, e o ritmo de obsolescência, ainda que acelerado, não parecia suficiente para permitir a ocupação da capacidade constituída nos anos anteriores. Desde então, o capitalismo internacional tem dependido da modernização dos hábitos de consumo da periferia (atualmente Ásia) para garantir sobrevida ao processo de industrialização em torno do paradigma tecnológico vigente.

Nos anos 1970, um conjunto de acontecimentos na dimensão financeira¹⁵ concorreu para o esforço de recuperação da competitividade da indústria localizada em território norte-americano. Entre esses, a quebra unilateral do padrão monetário internacional, pelos EUA a partir de 1971, permitiu a desvalorização do dólar diante de outras moedas, melhorando a relação de custos para firmas localizadas em território norte-americano.

Da mesma maneira, as significativas elevações de preço dos derivados de petróleo favoreceram relativamente os territórios econômicos que dispunham de reservas de petróleo em montantes adequados e de energias alternativas em condições de uso em grande escala. Na década de 1970, a produção de petróleo norte-americana sofreu inflexão. O programa de geração elétrica com base em plantas termonucleares encontrava-se em condições de operação em regime permanente e foi importante como recurso disponível para suportar uma potencial aceleração nas taxas de crescimento industrial.

Porém, elites situadas em alguns países periféricos, incluindo o Brasil, perceberam a oportunidade aberta pela crise instalada no centro capitalista e utilizaram-se do Estado como elemento coordenador de esforços na direção de atendimento de interesses voltados para o território econômico nacional. O milagre econômico, seguido da implementação do II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND), permitiu ao Brasil completar o ciclo de industrialização dentro do paradigma eletricidade-metalurgia-química, dotando o país de cadeias produtivas integradas desde a base.¹⁶

¹⁵ Ver Parboni (1981).

¹⁶ Ver Castro e Souza (1985).

Período da Globalização (1980–2001)

Durante os anos 1980 e 1990, a manutenção de políticas monetárias restritivas, implementadas pelo binômio tesouro/sistema de reservas norte-americano, levou à diminuição generalizada da disponibilidade em moeda e do crédito em dólares. O impacto da “diplomacia do dólar forte” sobre as empresas transnacionais da velha indústria norte-americana deu-se em duas dimensões relevantes: a) na percepção de excesso de capacidade instalada, com implicações sobre as estratégias de crescimento e de concentração industrial; e b) como pressões para aumentos de desempenho na gestão dos custos, especialmente na produção, como tentativa de melhoria do desempenho financeiro e conseqüente diminuição dos custos de capital.

Beneficiando-se de bem-sucedida campanha por abertura comercial nos países periféricos, as transnacionais norte-americanas lideraram uma revisão nas práticas de projeto, suprimento de insumos e produção de manufaturas. No que se refere ao suprimento e à produção, promoveu-se revisão das práticas de verticalização, com renovada ênfase na aquisição de tecnologias incorporadas em suprimentos e terceirização de processos de montagem. Esse movimento foi acelerado em função do redirecionamento de processos com menor conteúdo de valor adicionado (conhecimento) para países periféricos que apresentaram mão-de-obra qualificada, boa infra-estrutura logística e baixos impostos para produção e para circulação de mercadorias. Esses processos, por sua vez, estiveram usualmente relacionados à fabricação de partes, peças e componentes, enquanto o conhecimento de engenharia foi sistematicamente concentrado em fornecedores de nível intermediário e alto na hierarquia, com funções de compra e de montagem (sistemistas), usualmente localizados nos países centrais.¹⁷

No que se refere à produção de conhecimento científico e tecnológico, as elites financeiras norte-americanas diminuíram durante o período o apoio dado pelo Estado a grandes empresas industriais para pesquisa e desenvolvimento. Em contrapartida, fomentaram a atuação das universidades diretamente na constituição de pequenas empresas em sociedade com instituições financeiras na modalidade de fundos de capital de risco.

O resultado desse esforço foi a seleção competitiva de firmas com elevado potencial de inovatividade, principalmente voltadas para aplicações de biotecnologia e de tecnologia digital. De maneira a não contaminar a “nova indústria” com a velha, criou-se ainda espaço bursátil específico, conhecido como Nasdaq, e referência territorial comum, o Vale do Silício.

17 Para exemplo derivado de estudo sobre a cadeia aeronáutica brasileira, ver Furtado et al. (2007).

Atualidade dos Fatos

O terceiro milênio cristão se iniciou com a retomada, pela velha linhagem industrial norte-americana, do núcleo de poder nos EUA. Tão logo retornaram aos principais postos de comando do Estado, essas elites promoveram, em curto espaço de tempo, substanciais mudanças em relação ao ambiente vigente no período anterior.

Citam-se:

- a) Reversão na política econômica, que passou de superávits fiscais e em balanço de pagamentos para déficits “gêmeos” cada vez mais expressivos. O resultado geral observado foi a tendência de desvalorização do dólar diante de outras moedas e a queda das taxas de juros para níveis historicamente baixos. Já os investimentos industriais, o emprego e a renda não retornaram aos níveis de outrora, confirmando o esperado na hipótese de esgotamento do paradigma tecnológico vigente.
- b) Envolvimento em longos conflitos com ocupação territorial em regiões estratégicas para o controle da produção do principal combustível da indústria velha – o petróleo. Esses conflitos resultaram em aumento significativo dos gastos canalizados por meio de grandes empresas com interesses em tecnologias de aplicação dual, incluindo sistemas digitais inteligentes e biotecnologia.
- c) Maior liberdade estratégica para sociedades territoriais que não haviam sido cooptadas pela onda de liberalização financeira propagada no período anterior, marcadamente as asiáticas (China, Índia etc.). Nesses termos, essas sociedades beneficiaram-se do afrouxamento das condições de liquidez e de crédito na moeda internacional e negociaram a entrada de capital transnacional segundo estratégia voltada para acelerar o aprendizado científico, tecnológico e industrial.

Apesar das mudanças implementadas, os efeitos de aumento na renda e no emprego não têm sido observados na intensidade e na abrangência esperadas. Ao contrário, o aprofundamento da automação sobre fábricas (robótica) e serviços (informática) tem conduzido à destruição de empregos, reduzindo ou mesmo tornando negativo o efeito multiplicador dos gastos de investimento.

Ainda como desdobramento dos acontecimentos recentes, acentuou-se a percepção generalizada de insegurança, que passou a abranger como ameaça

ça as diferentes formas de organizações informais, entre essas o narcotráfico e o terrorismo. A imbricação entre segurança interna e soberania externa justificou modificações nas estratégias defensivas dos Estados, ampliando a necessidade de preparação para ações dissuasórias em múltiplas formas.

Da mesma maneira, a posição dos EUA de oposição ao reconhecimento de limites para a poluição industrial introduz incertezas quanto à sustentabilidade do crescimento econômico internacional. A estratégia adotada parece desconsiderar que os diferentes Estados não terão recursos suficientes para proteção da população como um todo, mas apenas das elites, contra efeitos negativos advindos da degradação do meio ambiente.

O Novo Paradigma Tecnológico *Biotech-Digitech*

Em 2000, o presidente norte-americano Bill Clinton anunciou publicamente em Londres, juntamente com o primeiro-ministro britânico Tony Blair, os frustrantes ainda que promissores resultados do projeto Genoma Humano. Àquela ocasião, 98% dos genes humanos haviam sido mapeados, porém com identificação exata de seqüência em apenas 85%. Decorreu que as limitações da “biologia booleana” conduziram a pesquisa para a biologia experimental, o que passou a levantar questões éticas com efeitos sobre o horizonte esperado para os resultados.

A ignição de novo paradigma tecnológico *biotech-digitech* depende da possibilidade de digitalização da vida, por um lado, engendrando-se conjunto enorme de oportunidades para inovações em objetos culturais e técnicas produtivas. Citam-se como exemplos, respectivamente, o *second life* e simulações precisas sobre *mock-ups* digitais. Da mesma maneira, o surgimento do novo paradigma tecnológico depende da possibilidade de controle numérico sobre a manipulação genética, possibilitando o projeto de mercadorias vivas com propriedades especiais. Tal é o caso das espécies ameaçadas de extinção e mesmo extintas, cuja existência e população, como toda mercadoria, seriam condicionadas à lógica mercadológica de oferta e demanda social.

Pouco a pouco, a base instalada em torno do paradigma anterior será possivelmente sucedida pelo novo impulso industrializante *biotech-digitech*. Nesse processo, as longas cadeias de transformação de matéria inanimada, com emprego intensivo de energia não-renovável, serão tendencialmente substituídas por novas cadeias nas quais se transforma matéria animada. Exemplo disponível é a variedade de algodão colorido orgânico, desenvolvido pela Embrapa, que evita o emprego de corantes sintéticos.

3. Evolução da Política Científica e Tecnológica Brasileira nos Últimos 35 Anos

Os últimos 35 anos podem ser divididos em três períodos distintos sob o ponto de vista da evolução das políticas de C, T & I no Brasil.

O primeiro estendeu-se do início da década de 1970 até o final da década de 1980, tendo se caracterizado pela eleição de prioridades tecnológicas coordenadas com projeto nacional-desenvolvimentista de longo alcance.¹⁸ O segundo período iniciou-se em princípio dos anos 1990 e se estendeu até o final da década, tendo sido marcado pela ruptura com o processo de substituição de importações em ambiente de neutralização dos instrumentos de políticas industrial, científica e tecnológica.¹⁹ No terceiro período, que vai de fins dos anos 1990 até a atualidade, prevaleceu a estratégia de apoio à inserção internacional da empresa brasileira por meio de valorização de funções empresariais diferenciadoras e de estratégias inovativas mais ousadas. Essa retomada teve origem na revitalização do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), com a criação dos Fundos Setoriais, e na ênfase no apoio às estratégias empresariais inovativas.²⁰

Planejamento e Ação (1971–1989)

Os primeiros esforços coordenados para explicitação de uma política científica e tecnológica para o Brasil datam do início dos anos 1970 com capítulo dedicado à política de C & T no I PND.

Formulados com base na percepção de crise externa, as três edições do Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PBDCT) que se seguiram (1973/1974, 1976/1979 e 1980/1985) permitiram aos sistemas econômico e político convergir para a implantação de estruturas adequadas ao enfrentamento da ameaça percebida. Em poucos anos, o engenho brasileiro, potencializado pela eficácia na formação universitária de recursos técnicos, forneceu como resposta o eucalipto de fibra curta, o álcool combustível, a exploração em águas profundas, entre muitas outras inovações.

¹⁸ Ver Pinto (2004).

¹⁹ Ver Coutinho et al. (1999).

²⁰ Ver Castro (2002).

Sinteticamente, o planejamento durante o período privilegiou o alinhamento entre constituição de infra-estrutura científica e tecnológica, apoio financeiro público e compras governamentais, com os objetivos de: a) aumento na capacidade de assimilação e de modificação de conhecimento por brasileiros; b) fortalecimento e aumento da competitividade da empresa industrial brasileira; e c) conquista de soberania sobre os territórios político e econômico.

Para atingir os objetivos propostos, elegeram-se tecnologias e setores considerados estratégicos e prioritários em torno dos quais o apoio público deveria estar presente de forma concentrada. Essas prioridades mudaram ao longo do período, sendo, porém, mantida a ênfase em setores e tecnologias “de ponta”, tecnologias com aplicação na agropecuária e aplicações para aumento da oferta confiável de energia, de transportes e de telecomunicações.

A eleição de prioridades não eliminou a necessidade percebida pelos formuladores de integração entre universidades, centros de pesquisa e empresas com o objetivo de promover inovações competitivas na economia como um todo. Ao contrário, a seleção de setores e tecnologias como estratégicos procurou complementar as estratégias empresariais naquilo em que essas usualmente não alcançam: o longo prazo do desenvolvimento nacional.

Reação sem Planejamento (1990–1997)²¹

Com o triunfo das finanças e do capital especulativo nos anos 1990, tanto a política industrial como a científica e tecnológica foram negligenciadas no Brasil em favor da canalização de recursos públicos para pagamento de juros sobre dívida crescente.

No início dos anos 1990, foram implementados programas no contexto da Política Industrial e de Comércio Exterior (Pice), criada como resposta aos interesses industriais temerosos do efeito negativo de rápida e desastrosa abertura comercial. O primeiro foi o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade (PBQP), que buscou incentivar a modernização das práticas de gestão por meio da certificação internacional de procedimentos voltados para qualidade. O segundo e o terceiro foram denominados Programas de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial (PDTI) ou Programas de Desenvolvimento Tecnológico e Agropecuário

²¹ Para mais discussão sobre as políticas públicas em C & T nos anos 1990, ver Erber (2000), Casiolato e Lastres (2000) e Tigre (2002).

(PDTA) e basearam-se na concessão de benefícios fiscais para a capacitação tecnológica de empresas industriais, agropecuárias e de serviços de desenvolvimento de *software*. Porém, esses benefícios somavam-se como dedutíveis aos gastos em vale-transporte até o teto de 4% do faturamento, o que na prática já vinha sendo preenchido pelas empresas apenas com auxílio-transporte.

Para incentivar a entrada de capitais internacionais, implementaram-se ações com o objetivo de garantir a apropriabilidade dos esforços de inovação por meio de mudanças no regime de concessão de patentes no Brasil. Marcou o período a resistência promovida pela indústria farmacêutica nacional diante dos interesses dos oligopólios internacionais no setor.

Ênfase na Inovação e nas Funções Empresariais (1998–2006)

Ao final da década de 1990, os recursos em C, T & I remanescentes da asfixia provocada pelo vácuo de dez anos de neoliberalismo encontravam-se desmotivados e desintegrados. Nova percepção de crise externa permitiu o realinhamento entre interesses públicos e privados e reacendeu a necessidade de implementação de política científica e tecnológica compatível com a necessidade percebida de geração de divisas.

A estratégia proposta baseou-se em duplo movimento, envolvendo aumento de valor do produto da atividade industrial e mudança no modelo de gestão das empresas. Tratou-se de incentivar o fortalecimento do *mix* de funções empresariais, percebido como necessário ao novo relacionamento com o mercado em regime de abertura comercial. A realização de aprimoramentos na capacidade para conceber, produzir e vender produtos, com um perfil próprio de atributos e preços, seria o motor da industrialização brasileira em ambiente de abertura comercial. A esse novo impulso corresponderia a necessidade de acrescentar ou reforçar as funções empresariais situadas à direita e à esquerda da função fabricação (*design*, engenharia, logística e *marketing*, principalmente).²² Percebeu-se ainda como necessário, dentro dessas funções, desenvolverem-se processos de negócio inovadores e competitivos.

Funções tais como pesquisa & desenvolvimento e *design* poderiam ser centralizadas em instituições dotadas da escala necessária à diluição de cer-

22 Ver Castro (2001).

tos custos fixos, bem como de substancial poderio financeiro. Para firmas de porte relativamente modesto, haveria a possibilidade de se contar com atributos usualmente associados à grande empresa. Ou seja, a associação surge aqui como o instrumento que lhes permitiria conceber e implementar propostas de valor fora de alcance individual.

No entanto, a falta de explicitação de um planejamento que integre as políticas comercial, tecnológica e industrial tem dificultado a formulação de propostas para C, T & I integradas ao processo histórico brasileiro de industrialização.

Os resultados alcançados não deixam dúvidas quanto à necessidade de comprometimento do Estado brasileiro com a explicitação de um projeto nacional que determine a direção e o montante do esforço público, especificando metas qualitativas e quantitativas que possam ser discutidas com a sociedade brasileira.

A grande mudança com impactos sobre a política científica e tecnológica brasileira durante o período foi a implantação dos Fundos Setoriais de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. A partir da criação desses, a política científica e tecnológica passou a contar com recursos para apoio a setores estratégicos, tais como energia, recursos hídricos, recursos minerais, transportes, petróleo, aeroespacial, informática, telecomunicações, infra-estrutura e biotecnologia.

Entretanto, até o presente momento o contingenciamento de recursos e a complexidade para a coordenação dos projetos a serem apoiados pelos Fundos Setoriais têm restringido as ações públicas de apoio ao desenvolvimento científico e tecnológico em escala compatível com o desafio brasileiro.

4. Propostas de Ação para a Política de Ciência, Tecnologia e Inovação Brasileira até 2020

Conforme se procurou mostrar até aqui, o diagnóstico para o ambiente externo aponta para uma crise estrutural decorrente de: a) impasses para o avanço da industrialização dentro do paradigma tecnológico vigente, cujas principais manifestações são escassez de petróleo, degradação ambiental e dificuldades para criação de empregos e de renda; e b) multiplicação das potenciais ameaças às nações, manifestando-se em dificuldades para alcançar níveis adequados de segurança e de soberania nacional.

Como diagnóstico para a situação do sistema nacional de inovação, percebe-se que o sistema encontra-se dotado de instrumentos institucionais satisfatórios para suporte ao esforço de superação dos atuais desafios brasileiros. Reconheceu-se, no entanto, a necessidade de identificação e de promoção de lideranças empreendedoras e de revigoração e renovação nos recursos humanos e materiais, esgotados por longo e árido período de supremacia dos interesses financeiros no Brasil.

Dada a maturidade institucional do sistema nacional de inovação, as propostas apresentadas buscam potencializar um salto na acumulação do conhecimento científico e tecnológico necessário para a retomada de aceleração no processo de industrialização e para a progressiva conquista de segurança/soberania pela sociedade territorial brasileira.

Aspectos Gerais da Política Científica e Tecnológica

As condições prevalentes nas empresas nacionais privadas e a posição assumida pelas empresas estrangeiras podem constituir limitador do desenvolvimento de conhecimento científico e tecnológico no país. As empresas de capital nacional não se encontram, em geral, dotadas de capacidade financeira e gerencial que as habilitem a suportar, por si sós, atividades de pesquisa e de desenvolvimento de maior significado. Da mesma maneira, as empresas multinacionais não contemplam usualmente a realização sistemática de investigações mais complexas em subsidiárias localizadas na periferia, ainda que essa realidade esteja mudando e exceções possam ser contadas.

Por outro lado, a existência de “campeões nacionais”, estatais e privados, enseja formas complementares de atuação público-privada que permitem potencializar domínio compartilhado de tecnologias, ampliação e aprofundamento de mercados para exportadores e transnacionalização da empresa brasileira. Ancorado nesses “campeões nacionais”, antecipa-se um conjunto de opções estratégicas no nível da firma para a conquista de papel relevante tanto na integração sul-americana como em maior inserção internacional em geral da economia brasileira.

Embora tal configuração seja o resultado da dinâmica própria da formação econômica brasileira, postula-se, como objetivo de política científica e tecnológica, a contraposição à tendência natural ao aprofundamento das características negativas citadas por intermédio do fortalecimento da empresa nacional. Quanto às multinacionais, além do papel de internalizar recursos para investimento, de transferência de tecnologia e de capacidade

empresarial, será necessário criar incentivos para induzi-las a aumentar o componente de engenharia local e transformar sua base produtiva local em plataforma exportadora.

Independentemente do contexto empresarial em que se aplique, a estratégia para a implementação da política científica e tecnológica pauta-se nas seguintes diretrizes gerais:

I) Transferência de Tecnologia

- a) mapeamento da disponibilidade de tecnologias-chave e de competências internas, associando critérios de esforço e de impacto à alternativa de produção interna com apoio governamental;
- b) seleção de tecnologias a importar: dadas as trajetórias percorridas, a competência nacional e as prioridades industriais;
- c) fortalecimento da capacidade de negociação da empresa nacional, com apoio do INPI e do MRE; e
- d) atração de cérebros como alternativa para transferência de conhecimento científico e tecnológico.

II) Produção Interna de C & T

- a) coordenação da atuação e da modernização gerencial das principais instituições governamentais e de pesquisa científica e tecnológica;
- b) fortalecimento dos incentivos financeiros públicos e fiscais voltados para a inovação empresarial, com destaque para o apoio a estratégias que resultem em aprimoramento de funções empresariais à esquerda e à direita da função de transformação (*design*, engenharia, inteligência de mercado, logística, *marketing* e atendimento pós-venda);
- c) apoio à engenharia de projeto nacional, principalmente por meio de incentivos para exportação de serviços e para direcionamento de encomendas públicas e privadas a empresas de consultoria nacionais em projetos de engenharia reversa;
- d) apoio à implantação de centros de pesquisa nas empresas de maior porte ou em fomento, seguido de apoio para iniciativas que resultem em convergência de interesses em P & D (vertical ou horizontal); e
- e) fortalecimento e criação de novos mecanismos de difusão de conhecimento científico e tecnológico.

III) Fortalecimento da Infra-Estrutura Científica e Tecnológica Brasileira

- a) consolidação de infra-estrutura tecnológica de suporte à atividade industrial, conhecida como Tecnologias Industriais Básicas (TIB), por intermédio de incentivos à padronização e à certificação industrial, compreendendo metrologia, normalização e qualidade, e propriedade intelectual; e
- b) revigoramento das carreiras de Estado ligadas diretamente ao esforço de acumulação de conhecimento no Brasil.

As Cadeias Produtivas como Foco das Estratégias de Desenvolvimento Científico e Tecnológico no Brasil

As cadeias produtivas são freqüentemente utilizadas como unidade de análise porque permitem que se reconstitua o processo de geração de valor desde os segmentos primários – mineração e alimentos – até o consumo final. Ao mesmo tempo, percebe-se que os segmentos responsáveis por saltos de acumulação são invariavelmente segmentos intensivos em tecnologia.

Considera-se que as opções estratégicas podem ser avaliadas segundo dois tipos fundamentais de cadeias produtivas: aquelas responsáveis pela transformação de matéria inanimada e as outras voltadas para a transformação de matéria viva.

Entre as cadeias formadas sob as envoltórias do paradigma tecnológico vigente nos últimos 150 anos, algumas se oferecem, em face da natureza dos desafios que enfrentam, como *loci* de inovações tecnológicas de largo alcance. Citam-se aquelas associadas ao surgimento de novos materiais e aquelas associadas à substituição de fontes energéticas, principalmente.

No que se refere a novos materiais, o domínio e a aplicação da nanotecnologia apresentam-se como prioritários ao lado dos materiais desenvolvidos para aplicação na conquista do aeroespço. Quanto à energia, o desenvolvimento da cadeia alcoolquímica coloca-se na atualidade como prioridade do ponto de vista de oportunidades tecnológico-industriais para o Brasil.

Quando examinadas as cadeias produtivas associadas à “nova indústria”, encontram-se o cultivo e a manipulação de plantas, fungos e bactérias, insetos, peixes, moluscos, crustáceos etc. Portanto, em certa medida, trata-se de atividades presentes no Brasil há muito e que agora se colocam na iminência de grande impulso como consequência da progressiva imbricação entre a tecno-

logia digital e a biotecnologia. Ainda hoje essas cadeias produtivas contam com reduzido nível de especialização industrial, o que só acontecerá com o avanço do conhecimento e da técnica de manipulação da vida.

Portanto, admite-se a necessidade de separação das opções estratégicas segundo as duas categorias de cadeias de produção citadas, de forma a examinar: a) os desafios tecnológicos necessários para a substituição competitiva de importações em segmentos das cadeias de produção já existentes no Brasil; e b) o esforço necessário para que o Brasil aproveite oportunidades advindas de aplicações que combinem avanços na tecnologia digital e na biotecnologia.

Opções Estratégicas para Cadeias de Produção já Existentes no Brasil

A estratégia científica e tecnológica para fortalecimento de segmentos industriais já presentes no Brasil contempla uma nova fase de substituição competitiva de importações, assegurando-se à empresa privada nacional um papel importante nesse processo de consolidação. Tal orientação visa aumentar o poder de comando das empresas brasileiras em suas respectivas cadeias de produção, por meio de:

- a) estabelecimento de um processo de planejamento integrado com eleição de segmentos-chave e mapeamento das cadeias produtivas associadas a esses segmentos no Brasil e no exterior;
- b) identificação dos condicionantes do poder de comando de segmentos instalados no Brasil;
- c) identificação dos desafios tecnológicos a serem enfrentados no processo de adensamento competitivo;
- d) participação acionária minoritária do Estado em associação com o capital privado para o desenvolvimento no Brasil de segmentos intensivos em tecnologia das cadeias de produção eleitas como prioritárias. Nos casos em que seja vantajosa a transferência de tecnologia, o Estado deve promover *joint ventures* entre os interesses públicos, privados nacionais e estrangeiros; e
- e) operação do sistema financeiro público para o desenvolvimento científico e tecnológico, compreendendo maior utilização dos fundos setoriais e de linhas de financiamento para a inovação do BNDES.

Defende-se no presente documento que se realize um amplo esforço para inventário para superação de desafios tecnológicos comuns às empresas constituintes de setores estabelecidos. Os desafios levantados devem se

voltar para os estoques de competência, que têm de ser criados para aumentar a segurança sobre o fornecimento em condições competitivas, beneficiando as empresas estudadas de maior poder de comando sobre a sua rede de suprimentos. Uma vez levantados os desafios tecnológicos, o Estado deve atuar na criação de soluções institucionais e financeiras que favoreçam a integração público-privada.

Tais indicações de política acarretam a expectativa de um acréscimo expressivo da demanda de tecnologia por parte do parque manufatureiro do país. Esse fato ocorre não só porque, entre os fatores condicionantes das importações que se pretende substituir, destaca-se exatamente a carência de conhecimentos técnicos relativos a esses produtos e aos seus processos de fabricação, mas também porque a possibilidade de conquista de mercados internos e externos para a produção nacional e a necessidade de evitar que as novas substituições de importação se façam a custos excessivamente elevados introduzem uma preocupação permanente com a eficiência da atividade produtiva e com a redução dos custos de produção.

Evidentemente, a natureza das ações requeridas em cada segmento das cadeias de produção é distinta. Em alguns casos, trata-se apenas da difusão de conhecimentos tecnológicos já existentes no país; em outros, da importação de conhecimentos técnicos, da sua absorção e da sua adaptação às especificidades nacionais; em outros ainda, da realização de pesquisas mais complexas e da criação de novas tecnologias como condição indispensável para a viabilização de determinadas atividades produtivas.

Em todos os casos, mesmo quando a transferência de conhecimentos técnicos externos se apresenta como a solução mais viável e conveniente a curto prazo, o que ocorrerá certamente na maioria das vezes, faz-se necessário que essa importação de tecnologia seja acompanhada de um esforço efetivo de assimilação interna, uma vez que esse processo de transferência não deve ser encarado apenas como uma maneira de superar obstáculos interpostos à expansão econômica do país, mas também como a aquisição de um insumo a ser elaborado e utilizado no processo de capacitação do país para a criação científica e tecnológica.

Bens de Capital

A posição peculiar que assumem as cadeias de produção de bens de capital no contexto da política para desenvolvimento científico e tecnológico deve ser destacada. Em primeiro lugar, porque aí, mais do que em qualquer outro

segmento, a importação de tecnologia é uma alternativa de eficácia limitada e substitui mal o domínio da engenharia de processo, de produto e de fabricação, notadamente no segmento produtor de bens de capital sob encomenda.

De fato, parece situar-se na carência de conhecimentos técnicos um dos principais obstáculos a uma participação mais efetiva da indústria nacional no atendimento à demanda interna e externa. Depois, porque a indústria de bens de capital constitui-se em elemento estratégico para a difusão do progresso técnico no âmbito do sistema produtivo, uma vez que, como fornecedora de meios de produção para os demais setores de economia, esse segmento recolhe solicitações de inovações provenientes dessas fontes e, ao incorporar o progresso técnico aos seus produtos, o difunde entre seus compradores.

Nesse sentido, a promoção do desenvolvimento tecnológico da indústria de bens de capital, por meio do apoio à atividade de pesquisa e à engenharia de produto e fabricação, em complementaridade à importação e assimilação de conhecimentos técnicos, merece alta prioridade na implementação da política de desenvolvimento de conhecimento tecnológico.

Energia

No que se refere à política tecnológica para apoio ao desenvolvimento de infra-estrutura energética, emergem como objetivos principais, em cenário de elevação dos preços internacionais do petróleo e de degradação ambiental, o aumento da oferta de fontes de energia menos poluentes e o melhor aproveitamento de recursos energéticos existentes no Brasil.

Destaca-se a prioridade no desenvolvimento tecnológico necessário ao fortalecimento das cadeias de produção localizadas no Brasil e dedicadas ao aproveitamento do biodiesel, do álcool combustível, do petróleo em águas profundas, da energia nuclear, do carvão, do hidrogênio etc.

Quanto ao desenvolvimento tecnológico voltado para aumento e diversificação da oferta de energia, contempla-se implementar programas maciços de pesquisa para viabilização e aumento de eficácia de fontes alternativas, ao lado da adoção de incentivos públicos para o projeto e a produção automobilística de modelos com reduzido consumo de combustível no Brasil.

No que diz respeito à diversificação das fontes internas de energia, ao mesmo tempo em que se observa a necessidade de avanços técnicos para aproveitamento do álcool e do biodiesel, enfatiza-se ser imprescindível o uso

“limpo” do carvão nacional para fins de geração de energia, além de programas de pesquisa de outras fontes e formas não-convencionais de energia.

Ademais, a execução do programa de energia elétrica e a ação programada no campo da energia nuclear acrescentam-se às questões anteriores como fatores de estímulo e como desafios à engenharia e à capacidade científica e tecnológica do país.

Comunicações e Logística

Devem-se considerar ainda como prioritárias as cadeias de produção associadas à constituição de infra-estrutura de comunicações e de transportes, assim como as que impliquem aspectos relevantes do desenvolvimento econômico, social, urbano, ambiental e regional, e que oferecem, a par disso, oportunidades consideráveis para uma ação nacional própria de pesquisa e desenvolvimento experimental.

No que se refere ao potencial transformador das tecnologias digital e aeroespacial sobre os serviços públicos de telecomunicações, será necessário elevado esforço de pesquisa e de desenvolvimento para possibilitar uma contribuição mais efetiva da engenharia e da indústria nacionais no suprimento de insumos e de equipamentos requeridos no futuro.

Caberá igualmente promover incentivos para direcionar a política de compras das empresas prestadoras de serviços para a produção interna dos equipamentos, materiais, componentes e sistemas requeridos para a expansão prevista da rede de comunicações.

Quanto à política tecnológica de apoio ao desenvolvimento das cadeias logísticas, aponte-se a intenção de corrigir as distorções presentemente observadas na composição dos fluxos de carga, por meio do deslocamento progressivo do transporte de grandes massas para os setores ferroviário, marítimo e fluvial. Tal reorientação exigirá, em particular, o fortalecimento e a modernização do sistema ferroviário. Essa diretriz deverá manifestar-se também no âmbito dos transportes urbanos, em relação ao qual deverão ser empreendidas iniciativas na área da pesquisa e desenvolvimento, voltadas para a elaboração de novas soluções, além de esforço para manter atualizada a capacidade de absorção da tecnologia emergente em países mais avançados.

As iniciativas no campo dos transportes apontam ainda a necessidade de empreender pesquisas específicas destinadas à busca de soluções para os proble-

mas que afetam as regiões metropolitanas, notadamente no que concerne ao uso do solo, da habitação, do saneamento básico e da poluição ambiental.

Estabelecimento de Novas Cadeias de Produção no Brasil

Quanto ao objetivo de fomento de novas cadeias produtivas no tecido industrial brasileiro, propõe-se no presente trabalho que se privilegie a estratégia de domínio e de aplicação industrial da tecnologia digital e da biotecnologia aplicadas à agropecuária, em face da importância desse segmento na economia nacional.

A escolha sugerida se fundamenta na hipótese de que as tecnologias citadas, uma vez combinadas, constituirão uma “nova indústria”, com processo de transformação de materiais vivos e, portanto, implicando o surgimento de oportunidades em novos segmentos e em novas cadeias de transformação.

Agropecuária

No que diz respeito à estratégia agropecuária, espera-se que, com o desenvolvimento da biotecnologia, se tornará crítica a utilização racional do solo e o estímulo a certa especialização que aproveite as vocações naturais de cada região. Para tanto, sugere-se como unidade de análise o mapeamento do território brasileiro em biomas. Com isso, espera-se que o avanço técnico potencialize a multiplicação nas relações insumos-produtos e a sua integração ao longo de cadeias produtivas.

A viabilização dessa estratégia dependerá, em boa medida, da dinamização do processo de criação e difusão de tecnologia adaptada às peculiaridades regionais. As possibilidades de contribuição de tecnologia importada são limitadas, não dispensando até mesmo a realização de pesquisas que visem adequá-la às especificidades climáticas do país e de cada região.

As necessidades científicas e tecnológicas decorrentes da estratégia de desenvolvimento agropecuário compreendem, principalmente, aplicações da biotecnologia para a manipulação genética e a identificação das variedades agrícolas mais adaptadas às várias condições ecológicas e climáticas; a definição de novas técnicas de manipulação, cultivo e criação, contemplando até mesmo a melhoria das técnicas de conservação e de utilização do solo e o desenvolvimento de fertilizantes e defensivos mais adequados aos diversos solos e culturas, o combate e a prevenção das pragas.

A pesquisa deve ainda buscar a manipulação genética das espécies animais; a prevenção e o combate das moléstias e a produção veterinária; a melhoria da capacidade de suporte dos insumos; a identificação e a difusão de novos métodos de criação animal e de novos produtos de alimentação animal.

Contempla-se a formação de um novo modelo operacional para o setor público no tocante não só aos programas de pesquisa e experimentação agrícola (com programas regionais e por produtos perfeitamente definidos), bem como ao seu indispensável desdobramento, a extensão rural da industrialização.

A constituição de complexos agroindustriais terá papel relevante na difusão de novas tecnologias para outras cadeias de produção, principalmente a farmacêutica e a têxtil.

Resultados positivos estão sendo obtidos por meio da modificação genética de plantas para alterar quantitativamente a produção de um composto de interesse medicinal. A hirudina, poderoso anticoagulante produzido pela sanguessuga, pode ser extraída de sementes de plantas transgênicas. Outro exemplo importante é a alteração do conteúdo de vitamina C (ou ácido ascórbico) em plantas, pela introdução de um gene responsável pela síntese de uma enzima que a recicla. A única fonte dessa vitamina para os seres humanos é a alimentação, já que não é possível produzi-la.

Especificamente, as estratégias agroindustriais voltadas para a criação de novas cadeias produtivas agropecuárias resumem-se em:

- a) desenvolvimento e aplicação da tecnologia genômica, proteômica e de análise bioquímica e biofísica para a identificação de características especiais, como substâncias bioativas, gerando alternativas para a diversificação da produção e produtos de alto valor agregado;
- b) desenvolvimento e aplicação das tecnologias de genoma funcional, proteoma, sistemas de bioinformática e pós-genoma para a determinação da função de novos genes e seus constituintes;
- c) introdução de genes em plantas, animais e microrganismos, gerando eventos-elite de interesse para a agricultura;
- d) caracterização dos mecanismos biológicos, associados à reprodução e desenvolvimento animal e vegetal, visando ao estabelecimento de processos, produtos e inovações tecnológicas;

- e) desenvolvimento de tecnologias biológicas associadas à reprodução animal e vegetal, para conservação, multiplicação e transformação genética;
- f) desenvolvimento de sistemas de expressão gênica em plantas, animais e microrganismos, como biofábricas moleculares, para produção de compostos de alto valor agregado;
- g) desenvolvimento de novas tecnologias de análise molecular para a detecção de pragas e doenças e para garantir a segurança alimentar e ambiental;
- h) desenvolvimento das nanotecnologias associadas à liberação controlada de drogas e antígenos;
- i) estabelecimento de parcerias com as unidades da Embrapa, institutos de pesquisas, universidades e empresas; e
- j) formação de recursos humanos em biotecnologia por intermédio da interação com os programas de pós-graduação, iniciação científica, cursos e estágios de curta duração.

Surgimento de Novas Atividades, Mercados e Produtos

A combinação da tecnologia digital e da biotecnologia tem gerado um conjunto de possibilidades para o impulso da industrialização no futuro próximo. A seguir serão examinadas, sucintamente, algumas possibilidades de desdobramento dos avanços na tecnologia digital e na biotecnologia.

- Oportunidades para Aplicação da Biotecnologia para a Saúde Humana

O Projeto Genoma, que procura mapear e identificar os genes humanos e as causas das principais doenças hereditárias, constitui-se em prioridade no esforço de pesquisa científica para o Brasil, em face dos impactos potenciais positivos sobre a integração de atividades de saúde pública e sobre os métodos de prevenção de doenças.

Da mesma maneira, o avanço nas técnicas de clonagem terapêutica e o avanço no conhecimento a respeito das células-tronco têm potencializado o surgimento de “fábricas” de tecidos e de órgãos humanos para o tratamento de doenças até então sem perspectiva. A biotecnologia está ainda sendo utilizada no desenvolvimento de substâncias que permitem a remediação de áreas com degradação ambiental, entre muitas outras aplicações.

- Oportunidades para Aplicação de Tecnologia Digital sobre a Indústria Cultural

O desenvolvimento de *softwares* e de *hardwares*, relacionados à produção de videogames, recursos de animação e de outras aplicações de realidade virtual de última geração, cumpre o triplo papel de: a) potencializar a penetração dos padrões estéticos e morais da cultura brasileira nos mercados internacionais, com implicações de valorização da marca e do *design* brasileiro; b) fortalecer as cadeias de produção de objetos culturais e de empresas de entretenimento e de comunicação, com provimento de diferenciais competitivos; e c) desenvolver instrumentos para projeto e para simulação de protótipos, que permitam redução do tempo a mercado (*time to market*), aumento de eficácia na fase de projeto e redução dos custos de produção por meio de antecipação de problemas na manufatura e na montagem.

Sinteticamente, sugere-se que o Estado forneça o apoio público à pesquisa de aplicações para a tecnologia digital e a biotecnologia que permita posicionar o Brasil entre os países que darão o salto em direção à industrialização em torno de novo paradigma e, com isso, resgatar para a civilização brasileira o sonho da superação de sua condição de subdesenvolvimento.

O aproveitamento das oportunidades que se abrirão pelo avanço do conhecimento científico e tecnológico depende de um conjunto definido de ações:

- a) mapeamento das competências-chave envolvidas no desenvolvimento da tecnologia digital e da biotecnologia e a disponibilidade dessas competências no país. Essa análise deve resultar em recomendações para engajamento do sistema universitário para formação de corpo técnico;
- b) mapeamento das potenciais aplicações tecnológicas resultantes do novo paradigma, incluindo condicionantes para produção em escala e comercialização de produtos;
- c) fortalecimento da indústria farmacêutica nacional, por intermédio de estruturas que permitam o aporte financeiro, a modernização gerencial e a pesquisa cooperativa;
- d) apoio à formação de arranjos produtivos locais desenhados de maneira a proporcionar sinergia entre firmas especializadas em tecnologia digital e biotecnologia, e entre essas e centros de pesquisa constituídos para este fim; e

- e) Aprimoramento do marco legal que permita comportar a outorga de propriedade, a conformidade e a certificação de novos produtos, bem como proteger a indústria localizada no Brasil de práticas arbitrárias ou desleais.

Acredita-se que, mediante essas sugestões e muitas outras que vierem a se somar, o Brasil possa reunir condições para a construção coletiva de um projeto nacional-desenvolvimentista capaz de diminuir o sofrimento coletivo a que se submetem gerações de brasileiros. Sem nenhuma garantia de sucesso, pode-se afirmar, contudo, que a se observarem por mais vinte anos os baixos níveis de ousadia e de bravura por parte da elite brasileira, se estará pavimentando o caminho para a fragmentação do território e a dissolução da promissora civilização brasileira.

5. Conclusões

No presente trabalho, procurou-se discutir os desafios para gestão da política integrada Industrial, Científica e Tecnológica e de Comércio Exterior para o Brasil até 2020. Para tanto, admitiu-se que o sistema internacional reúne restrições à continuidade da industrialização dentro do paradigma tecnológico vigente. Da mesma maneira, assumem-se restrições para elevação da segurança/soberania das estratégias brasileiras público-privadas no período de interesse. Admitiu-se ainda um aumento de convergência entre interesses públicos e privados internos quanto à estratégia de aceleração da industrialização fundamentada na produção de conhecimento autônomo.

Dadas essas premissas, o objetivo do presente trabalho foi contribuir para a identificação de ações necessárias, ainda que não suficientes, para implementação de um novo padrão de industrialização. Conforme se pretendeu discutir, essas ações podem e devem buscar: a) aceleração no ritmo de adensamento das cadeias produtivas localizadas no Brasil; b) surgimento de novas cadeias produtivas, resultantes da aplicação combinada de tecnologias fundadoras de paradigma tecnológico emergente; c) formação e valorização de competências inovadoras no Brasil; e d) compromisso com os aspectos sociais, ambientais, urbanos e regionais do desenvolvimento nacional. Conclui-se, ainda, no presente trabalho, que a implementação das políticas envolve a necessidade de definição prévia de critérios para a análise de investimento que será operada em relação às oportunidades a serem criadas pela ação pública.

Referências

- BRAGA, J. C. “Alemanha: império, barbárie e capitalismo avançado”. In: FIORI, J. L. (org.). *Estados e moedas no desenvolvimento das nações*. Rio de Janeiro: Vozes, 1999. p.203-219.
- CASSIOLATO, J. E. & LASTRES, H. M. M. “Sistemas de inovação: políticas e perspectivas”. *Parcerias estratégicas n.1*, CEE/MCT, Brasília, 2000.
- CASTRO, A. B. “A reestruturação da indústria brasileira nos anos 90: uma interpretação”. *Revista de Economia Política*, jul./set. 2001.
- CASTRO, A. B. “A rica fauna da política industrial e a sua nova fronteira”. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 1, n. 2, jul./dez. 2002.
- CASTRO, A. B. & SOUZA, F. E. P. *A economia brasileira em marcha forçada*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1985, 112 p.
- CHANG, H. “Kicking away the ladder: ‘good policies’ and ‘good institutions’ in historical perspectives”. In: GALLAGHER, K. (ed.). *Putting development first – the importance of policy space in the WTO and IFIs*. Londres: Zed Press, 2005.
- COUTINHO, L. G. et al. “Desempenho industrial e do emprego sob a política de estabilização”. In: POSTHUMA, A. C. (org.). *Abertura e ajuste do mercado de trabalho no Brasil: políticas para conciliar os desafios de emprego e competitividade*. Brasília: OIT e MTE; São Paulo: Ed. 34, 1999, 472 p.
- COUTINHO, L. G. & BELLUZO, L. G. M. “O desenvolvimento do capitalismo avançado e a reorganização da economia mundial no pós-guerra”. In: BELLUZO, L. G. M. & COUTINHO, R. (org.). *Desenvolvimento capitalista no Brasil: ensaios sobre a crise*. Brasília: Brasiliense, 1983, 255 p.
- DIEESE. “Política de desenvolvimento produtivo: nova política industrial do governo, São Paulo”. *Nota técnica n. 67*, maio de 2008.
- ERBER, F. “Perspectivas da América Latina em ciência e tecnologia”. *Parcerias Estratégicas n.1*, CEE/MCT, Brasília, 2000.
- FIORI, J. L. “O poder global dos Estados Unidos: formação, expansão e limites”. In: FIORI, J. L. (org.). *O poder norte-americano*. Petrópolis: Vozes, 2004, 455 p. Série: Zero à esquerda.
- FURTADO, A. et al. *Adensamento da cadeia produtiva da indústria aeronáutica brasileira*. Rio de Janeiro: BNDES, 2007 (Texto para Discussão).

- FURTADO, C. *A hegemonia dos Estados Unidos e o subdesenvolvimento da América Latina*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1979.
- _____. *Análise do “modelo” brasileiro*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1972.
- _____. *Desenvolvimento e subdesenvolvimento*. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961, p. 272.
- KENNEDY, P. *Ascensão e queda das grandes potências: transformação econômica e conflito militar de 1500 a 2000*. Rio de Janeiro: Campus, 1989, 675 p.
- LANDES, D. S. *The unbound prometheus. Technological change and industrial development in western Europe from 1750 to the present*. Nova York: Cambridge University Press, 1969, p. 575.
- MEDeiros, C. A. “O desenvolvimento tecnológico americano no pós-guerra como um empreendimento militar”. In: FIORI, J. L. (org.). *O poder norte-americano*, Petrópolis: Vozes, 2004, 455 p. Série: Zero à esquerda.
- PARBONI, R. *The dollar and its rivals*. Londres: Verso, 1981.
- PINTO, M. A. C. “Caracterização de valor na nova indústria a partir do enfoque de economia política: um estudo exploratório”. *Germinare - Ambientação de analistas*. Rio de Janeiro: Finep, DRH, 2001, 3 v.
- PINTO, M. A. C. “O BNDES e o sonho do desenvolvimento: 30 anos de publicação do II PND”. *Revista do BNDES*, v. 11, n. 22, p. 51-79, dez. 2004.
- TEIXEIRA, A. “Estados Unidos: a curta marcha para a hegemonia”. In: FIORI, J. L. (org.). *Estados e moedas no desenvolvimento das nações*. Petrópolis: Vozes, 1999, 492 p. Série: Zero à esquerda.
- TIGRE, P. B. “O papel da política tecnológica na promoção das exportações”. In: PINHEIRO, A. C. et al. (org.). *O desafio das exportações*. BNDES, dez. 2002.
- TORRES, E. T. “Japão: da industrialização tardia à globalização financeira”. In: FIORI, J. L. (org.). *Estados e moedas no desenvolvimento das nações*. Petrópolis: Vozes, 1999, 492 p. Série: Zero à esquerda.
- ZYSMAN, J. *Governments, markets and growth: financial systems and the politics of industrial growth*. Oxford, 1983.