

Technological Foresight – Um instrumento para política científica e tecnológica¹

MAURO ZACKIEWICZ
SÉRGIO SALLES-FILHO

Este texto tem por objetivo apresentar a abordagem de *technological foresight*², crescentemente utilizada em vários países como instrumento para a alocação de fundos públicos de C&T, para definição de prioridades de pesquisa e para melhorar a articulação das organizações de pesquisa com as redes de inovação e o setor produtivo. São discutidas suas bases teóricas, suas principais características e dificuldades. Também é apresentada uma tipologia para classificar suas diferentes possibilidades práticas, de modo a evidenciar a vasta gama de aplicações e direcionamentos possíveis dentro da abordagem. Ao final, são descritos alguns casos recentes de aplicação.

O *foresight*, como instrumento para a Política Científica e Tecnológica, pode se beneficiar de sua grande flexibilidade metodológica, de sua capacidade de negociar conflitos e de atuar incrementalmente no trato das tendências que moldam o desenvolvimento da ciência e da tecnologia em conjunto com outros atributos da sociedade. Um exercício de *foresight* pode fortalecer a legitimidade e favorecer a implementação de prioridades, a reorganização institucional, a comunicação e comprometimento entre distintos atores sociais e o fortalecimento e a coordenação de redes técnico-econômicas.

A abordagem se identifica mais com a intenção de conceber coletivamente os avanços tecnológicos futuros, sob a perspectiva dinâmica dos sistemas de inovação e das estruturas sócio-econômicas, que propriamente com um instrumental prospectivo bem definido e pronto para ser aplicado. Trata-se de buscar uma visão compartilhada de quais seriam as mais importantes demandas e campos promissores de pesquisa em um futuro próximo de modo que se possa estabelecer prioridades,

¹ Elaborado a partir da dissertação de mestrado “A definição de prioridades de pesquisa a partir da abordagem de technological foresight” (ZACKIEWICZ, 2000).

² Uma tradução para o termo *foresight* é antevisão, mas também poderia ser usado simplesmente prospecção. Entretanto, preferiu-se manter o termo em inglês para marcar sua raiz teórica, advinda da abordagem evolucionista da Teoria Econômica.

mas também articular diversos atores em torno da problemática de um futuro incerto e dos condicionantes da competitividade e da melhoria da qualidade de vida da sociedade. Isto seria facilitado, nas palavras de Martin *et al.* (1998), a partir do momento que existir comunicação, consenso, concentração, coordenação e compromisso entre as diferentes partes envolvidas no desenvolvimento científico e tecnológico. Em síntese, *foresight* implica em negociar demandas e campos promissores de investigação, mas também em atuar nas condições do ambiente no qual estão inseridos os atores, promovendo uma macrocoordenação.

Conduzir um *foresight* é, ao mesmo tempo, entender os processos competitivos e as trajetórias tecnológicas subjacentes a eles e elaborar estratégias para concretizar inovações e melhorar a capacitação dos atores para superar os desafios científicos e tecnológicos identificados.

Assim, não faz sentido pensar linearmente em um planejamento de fases bem definidas. Primeiro, a identificação dos problemas, em seguida o desenho de soluções ótimas e, finalmente, a implementação. O que a abordagem de *technological foresight* propõe é a ênfase na comunicação e o entrelaçamento de todas essas etapas em um grande processo, sistemático e continuado de interações, abrangendo vários níveis das atividades de inovação, desde as instituições até os sistemas internacionais de inovação, passando pelas cadeias produtivas, redes de inovação e todos que participam, com suas especificidades, da busca por soluções tecnológicas. Sob esta ótica, a partir do momento que os atores são envolvidos na identificação de desafios tecnológicos e se estabelece uma comunicação coordenada entre os diversos pontos de vista e as diversas demandas existentes, também emerge desta percepção coletiva um melhor entendimento das possibilidades e oportunidades efetivamente existentes e dos espaços de negociação possíveis, o que automaticamente expõe e delimita as soluções para os desafios identificados e prepara um terreno de consenso e comprometimento³ mínimos que favorecem a implementação e revisão de ações institucionais, governamentais e de cooperação internacional.

Para a condução de um *foresight*, pode-se lançar mão de diversos recursos metodológicos. Tem-se observado uma intensa utilização do método *Delphi* ou variações de sua forma clássica. Conferências e dinâmicas de grupo com diversos graus de estruturação e ferramentas típicas de estudos de *forecasting* ou de construção de cenários também podem ser conjugadas para promover comunicação e um melhor entendimento das relações e tendências que permeiam o ambiente no qual as tecnologias se desenvolvem.

É importante destacar o papel dos responsáveis pela condução de exercícios desse tipo em adequá-los às especificidades de cada país ou instituição, de modo a garantir que a mesma possa colaborar, por exemplo no caso brasileiro, para a superação de dilemas conhecidos por todos, como o isolamento da comunidade científica, o desinteresse do

empresariado em P&D e a não participação de outros segmentos da sociedade nas decisões acerca das atividades de C&T.

BASES CONCEITUAIS

Em 1985, Coates definiu o *foresight* como “um processo pelo qual pode-se chegar a um entendimento mais completo das forças que moldam o futuro a longo-prazo e que devem ser levadas em consideração na formulação de políticas, planejamento e tomadas de decisão. *Foresight* inclui meios qualitativos e quantitativos para monitorar pistas e indicadores das tendências de desenvolvimento e seu desenrolar, e é melhor e mais útil quando diretamente ligado à análise de políticas e suas implicações. O *foresight* nos prepara para as oportunidades futuras. *Foresight* no governo não define políticas, mas pode ajudar as políticas a serem mais apropriadas, mais flexíveis e mais robustas em sua implementação, em tempos e condições que se alteram.”

Linstone & Grupp (1999) identificam quatro dimensões nas quais esta abordagem pode desempenhar um papel relevante:

- a) Na dimensão sócio-política, para a qual atua como oportunidade de comunicação na negociação dos sistemas sociais;
- b) Na dimensão econômica, como instrumento para identificar *benchmarks* e demandas futuras, dados fundamentais para avaliar os investimentos presentes;
- c) Na dimensão cultural, constituindo-se em um mecanismo privilegiado para identificar e negociar os limites entre as tensões advindas do processo de globalização frente às especificidades regionais;
- d) Na dimensão diplomática, por sua capacidade em negociar as diferenças e apontar rumos consensuais, pode ter importante papel articulador no plano supranacional.

Martin e Johnston (1999) apontam o *foresight* como a melhor abordagem para estabelecer prioridades de pesquisa e desenvolvimento e alinhar os esforços de C&T às necessidades econômicas e sociais dos países. Por meio da comunicação e cooperação entre pesquisadores, usuários e financiadores, a abordagem procura articular a busca por “visões do futuro”, privilegiando conhecer o entorno e estabelecer uma comunicação mais efetiva entre os atores envolvidos nos processos que influenciam o desenvolvimento da ciência e da tecnologia, levando ao fortalecimento e ampliação das redes técnico-econômicas⁴ de que participam.

O *technological foresight* pressupõe um referencial dinâmico, uma vez que surgiu em sintonia com os desenvolvimentos conceituais da eco-

³ Aqui a transparência metodológica e a garantia da efetiva participação dos atores transmite aos participantes a sensação de estarem efetivamente influenciando nos rumos de suas atividades (seja na pesquisa, seja nos setores produtivos), enriquece a percepção coletiva dos processos de mudança e das posições que ocupam nas cadeias inovativas ou produtivas.

nomia evolucionista, no início da década de 80. A prática do *foresight* leva a interações sob o pano de fundo caótico de um período de mudanças, promove o fluxo de conhecimentos entre os diversos atores sociais e estabelece moderação de conflitos. O processo envolve o reconhecimento explícito que os desenvolvimentos tecnológicos e científicos dependem de escolhas feitas pelos atores no presente, isto é, não estão determinados apenas por alguma lógica intrínseca, nem acontecem de maneira independente e aleatória. Em outras palavras, trata-se de um processo social moldado por complexas interações entre institutos de pesquisa, universidades, empresas, governos etc. mas que obedece a trajetórias, no sentido dado ao termo pela economia evolucionista, que dão sentido de direção e irreversibilidade aos avanços do conhecimento científico e tecnológico. O exercício do *foresight* consiste em tentar antecipar-se a estes avanços e posicionar-se de modo a influenciar na orientação das trajetórias tecnológicas, o que do ponto de vista evolucionista significa lançar-se à frente e garantir a competitividade e sobrevivência das instituições de pesquisa e, por extensão, dos usuários de seus resultados.

De um modo mais amplo, pode-se inferir que o *technological foresight* não só age como ferramenta de comunicação e análise do Sistema Nacional de Inovação, ou parte deste, como também atua como mecanismo fortalecedor de suas conexões, o que já a torna uma prática extremamente valiosa, no mínimo por este aspecto. Um programa de *foresight* atinge uma rede de instituições públicas e privadas cujas atividades e interações iniciam, importam, modificam e difundem novas tecnologias e cujas conexões se beneficiam em grande medida pela oportunidade de compartilhar conhecimento (Martin & Johnston, 1999).

Deve ser destacado que o *technological foresight*:

- é um processo e não somente um conjunto de técnicas;
- concentra-se em criar e melhorar o entendimento dos possíveis desenvolvimentos futuros e das forças que parecem moldá-los;
- assume que o futuro não pode ser cientificamente demonstrado a partir de certas premissas. O ponto central é tratar quais as chances de desenvolvimento e quais as opções para a ação no presente;
- não se espera um comportamento passivo frente ao futuro, mas um posicionamento ativo. O futuro será criado pelas escolhas que forem feitas hoje.

⁴ Para Callon (1992), redes técnico-econômicas são um conjunto coordenado de atores heterogêneos (que podem ser laboratórios públicos, centros de pesquisa, empresas privadas, organizações financeiras, usuários e governos) que participam coletivamente na concepção, desenvolvimento, produção e difusão de tecnologias para a produção de bens ou serviços, que podem no final dar origem a transações de mercado. Estes atores estariam organizados em torno de três pólos de coordenação: científico, técnico e do mercado nos quais ocorreriam as transações que caracterizam a rede, por meio de elementos intermediários, ou seja, sob a forma de textos, artefatos técnicos, comportamento e habilidades humanas (capacitações) e dinheiro (em suas diversas formas). Estes intermediários seriam a materialização das interações entre os componentes da rede, mas isso não significa que o conhecimento desta forma compartilhado esteja totalmente decodificado e igualmente distribuído por todos componentes. Impor-

ALGUMAS DIFICULDADES INERENTES

Pode-se dizer que a imprevisibilidade da pesquisa orientada pela curiosidade, a chamada “ciência básica”, tornaria o *foresight* impraticável para os campos movidos pela curiosidade desinteressada? Sua aplicabilidade estaria desse modo restrita à pesquisa estratégica, aplicada e orientada a objetivos, na qual a escala de tempo para a implementação dos resultados em forma de novos produtos é tipicamente mais reduzida? Não é objetivo deste artigo estender-se na discussão sobre pesquisa básica *versus* pesquisa aplicada, porém cabe lembrar que não faz sentido tratar esta distinção como estanque. Sendo a ciência e a tecnologia processos sociais, as atividades científicas desinteressadas, a pesquisa básica e aplicada arranjadas em processos lineares de inovação etc. se tornam concepções no mínimo ingênuas. Toda pesquisa tem ou pode levar a implicações sócio-econômicas, culturais e/ou ambientais. Neste sentido, o *foresight* pode auxiliar a: 1) identificar áreas tidas como movidas por curiosidade, isto é, da “ciência básica”, que vêm se transformando em pesquisa estratégica ou aplicada; 2) identificar no longo-prazo as perspectivas tecnológicas e sócio-econômicas para diferentes áreas de pesquisa competindo por suporte (ou legitimação); 3) determinar a estrutura de P&D necessária a ser implementada para garantir que os usuários possam usufruir de resultados relevantes no futuro.

Uma segunda preocupação: como evitar projeções subjetivas e inconsistentes do futuro? Esta é uma preocupação freqüente dos meios acadêmicos e científicos, centrados na busca “objetiva” do conhecimento. Entretanto, o *foresight* parte da premissa que o futuro não está e não pode ser determinado analiticamente, isto é, não faz sentido uma teoria científica que explique o futuro do desenvolvimento científico. Aqui a perspectiva é outra. Precisão só seria importante se os atores não pudessem influenciar o produto final gerado no processo, o que não é o caso, uma vez que a abordagem prevê a “construção” interativa do futuro em uma sucessão de “visões” e interpretações desse futuro que vão sendo paulatinamente aperfeiçoadas ou mesmo superadas por outras mais adequadas e consistentes com o entorno.

Mesmo que a imprevisibilidade e a subjetividade não sejam verdadeiros limitantes ao processo de *foresight*, algumas características ligadas

tante parcela deste conhecimento permanece tácito, isto é, embutido em artefatos, procedimentos e habilidades cuja transferência ou compartilhamento não é direta nem fácil, dependendo em parte da capacidade do receptor em incorporar estes conhecimentos (os processos de *learning by doing, by using* etc.) e em parte da capacitação tecnológica sistêmica da sociedade. As redes, portanto, apresentam nós, pontos em que determinadas capacidades encontram-se em maior densidade, uma imagem para representar institutos ou grupos de instituições que dominam certos aspectos do conhecimento e da técnica em maior profundidade (principalmente no que se refere a seus elementos tácitos). Um nó articula ao seu redor as demais competências que necessita mas permanece fundamental em relação ao conjunto, é uma referência que não pode ser contornada. Porém, para que as ligações sejam efetivas é necessário certo grau de compartilhamento, de linguagem comum, de aprendizado mútuo entre as partes

ao comportamento dos atores envolvidos normalmente dificultam, na prática, os exercícios de *foresight* (Bright, 1996): 1) conservadorismo, introduzido pela inabilidade ou relutância dos especialistas em assumirem mudanças radicais; 2) dificuldade em conceber novas aplicações para ciências e tecnologias emergentes; 3) o grande otimismo dos cientistas na aplicação de seus resultados e no horizonte de tempo previsto; 4) as subestimativas ou sobrestimativas quanto à rapidez de desenvolvimento das áreas mais dinâmicas da C&T.

Outros aspectos também colaboram para aumentar as dificuldades e a complexidade de se realizar um *foresight*. Coates (1985) identificou nove pontos de tensão nos quais aparecem conflitos que precisam ser administrados caso a caso. Estes pontos de tensão são importantes mediadores na condução de um processo de *foresight* e, ao serem manipulados, podem influenciar decisivamente na qualidade, nos custos e na duração total do processo. Abaixo são apresentados esses pontos e as implicações que podem vir a trazer:

1. A necessidade de grande montante de informações *versus* os custos para adquiri-las. É necessário conhecer o máximo sobre os objetos a serem discutidos e sobre os participantes, articular sua comunicação e garantir-lhes o mínimo de embasamento sobre os assuntos que serão tratados. Tudo isso, evidentemente, apresenta custos crescentes, quanto mais minuciosos forem esses levantamentos.

2. A pressão para a ação e o pragmatismo *versus* a incerteza e o caráter dinâmico dos resultados. A motivação de um processo de *foresight* reside, muitas vezes, no anseio por mudanças e na necessidade de explorar novas oportunidades. Disso decorre a dificuldade de traduzir os resultados alcançados mais em estratégias institucionais do que em ações imediatas, uma vez que esses resultados são fruto de um processo que privilegia mais o apontar direções e tendências do que definir produtos prontos e acabados.

3. O ambiente atual de mudanças rápidas e crescente complexidade *versus* a limitada capacidade de indivíduos pensarem simultaneamente em um grande número de fatores, levando à simplificação ou exacerbação dos impactos possíveis. O equilíbrio entre estas tendências está relacionado com a qualidade das informações existentes sobre os assuntos tratados e com uma boa articulação dos participantes por meio de um desenho metodológico adequado.

4. A pressão para respostas rápidas *versus* a necessidade de mais informações e continuidade. A restrição de tempo aparece também como decorrente da urgência de mudança nas instituições de pesquisa, mas o processo de *foresight* é naturalmente mais lento para fornecer respostas adequadas. No limite, seu melhor desempenho seria quando este fosse

e, nesse sentido, a eficácia dos arranjos em rede dependem também do pano de fundo social e de sua capacidade tecnológica sistêmica

incorporado à própria rotina administrativa da instituição, provocando assim um processo contínuo de monitoramento, aprendizado e mudança.

5. As preferências dos tomadores de decisão por dados quantitativos *versus* as informações qualitativas e avaliações subjetivas fornecidas pelo *foresight*. Apesar de várias metodologias utilizadas na abordagem do *foresight* fornecerem dados quantitativos, a utilização exclusiva destes, em nome de tomadas de decisão “objetivas”, põe a perder o vasto e rico universo de interpretações qualitativas e informações advindas das inter-relações decorrentes da comunicação entre os distintos atores no processo.

6. A necessidade de eficiência por parte dos administradores *versus* as vantagens da flexibilidade e do pluralismo característicos do *foresight*. O problema da implementação de estratégias em ações fica mais complexo quando é necessário lidar com grande quantidade e diversidade de dados qualitativos e quantitativos, mas, por outro lado, isto proporciona novas oportunidades e ampliação da capacidade de posicionamento da instituição em um ambiente em crescente complexidade.

7. A objetividade e a racionalidade do planejamento *versus* fatores políticos e ideológicos inerentes aos indivíduos. Outra dificuldade da implementação é evitar que tanto comportamentos extremamente racionais-objetivos como aqueles enviesados por comprometimentos ideológicos prevaleçam. A tensão entre esses extremos deve ser conduzida no sentido de uma contínua negociação na qual a comunicação entre os atores leve à moderação de seus conflitos e ao aproveitamento de todo potencial do processo de *foresight*.

8. Os fatores de curto prazo que influenciam as prioridades (orçamentos, pressões políticas etc.) *versus* o longo prazo das tendências científicas e tecnológicas. A estratégia a longo prazo, inerente ao processo de *foresight* e também aos desenvolvimentos científicos e tecnológicos institucionalizados, sofre restrições imediatistas também do ambiente externo, além das de caráter interno apontadas no item 2. Estas restrições apontam para a necessidade da coexistência de políticas bem definidas além das instituições envolvidas no *foresight*, ou mesmo que este deve levar em conta também a dimensão macro do problema.

9. O conflito entre o que é certo e o que é hipotético, exacerbado em organizações rígidas, na burocracia e em casos de pré-concepções sobre o futuro, ideológicas ou atreladas a campos estreitos de especialização. Ressurge aqui o problema do conservadorismo apontado acima, comportamento no qual muitas instituições negam-se a explorar campos considerados demasiado incertos, controversos ou que se desenvolvem sobre bases teóricas divergentes das tradicionalmente seguidas.

Além disso, Coates (1985) também aponta dois perigos: que um *foresight* institucionalizado torne-se uma espécie de doutrina, limitando

a criatividade, e que o *foresight* possa levar à centralização da planificação por parte do governo, efeitos desde logo indesejáveis e contraditórios à própria base conceitual já apresentada.

A FLEXIBILIDADE DO *FORESIGHT*

Com o objetivo de prover uma estrutura analítica para estudar processos de *foresight*, Martin & Irvine (1989) sugerem a tipologia mostrada no Quadro 1, detalhando e distinguindo entre os vários fatores e dimensões envolvendo as atividades de *foresight*. Estas distinções são importantes para que se perceba a amplitude de aplicações e orientações possíveis.

Detalhando o conteúdo do Quadro 1:

a) TIPO DE ORGANIZAÇÃO SUBMETIDA AO *FORESIGHT* – para cada tipo de organização, diferentes abordagens e comportamentos são esperados. É preciso levar em conta as diferenças de valores existentes, dependendo de como a organização se insere socialmente, em ambiente público, privado, universitário, administrativo etc. Os autores identificam 7 principais modelos organizacionais que se relacionam com C&T e influenciam as tendências de seu desenvolvimento: conselhos governamentais de alto escalão e organismos políticos centrais; conselhos independentes ligados ao setor público; agências de financiamento acadêmico; institutos de pesquisa; agências e departamentos *mission-oriented*; associações industriais e empresas baseadas em ciência.

b) GRAU DE ESPECIFICIDADE – dependendo da amplitude do exercício e seus objetivos tem-se um *foresight*:

1. Holístico: abrangendo todo espectro dos campos da ciência e tecnologia. Pode atuar para coordenar o cenário de outro *foresight* de nível mais baixo e fornecer dados para elaboração de políticas genéricas (órgãos de coordenação de C&T nacionais);

2. Macro: foco em um número limitado de campos de pesquisa. É empreendido para definir prioridades e explorar oportunidades de pesquisa interdisciplinar;

3. Meso: abrange um único campo de pesquisa ou setor de tecnologia, quando o objetivo é determinar os potenciais sócio-econômicos e promessas técnico-científicas para selecionar linhas prioritárias dentro de um programa estabelecido;

4. Micro: trata-se da perspectiva de projetos ou de especializações individuais. É pouco usual mas pode ocorrer informalmente em ciência básica. Está, muitas vezes, incluído nos procedimentos administrativos na pesquisa aplicada e laboratórios industriais.

Quadro 1: Tipologia para classificar technological foresight

Fonte: adaptado de Martin & Irvine (1989)

Tipo de organização submetida ao Foresight	Conselhos governamentais de alto escalão e organismos políticos centrais
	Conselhos independentes ligados ao setor público
	Agências de financiamento acadêmico
	Institutos de pesquisa
	Agências e departamentos <i>mission-oriented</i>
	Associações industriais
	Empresas baseadas em ciência
Grau de especificidade	Holístico
	Nível Macro
	Nível Meso
	Nível Micro
Funções	Tomada de direção
	Definição de prioridades
	Capacidade de antecipação
	Gerar consenso
	Mediação
Orientação e características estruturais da pesquisa	Comunicação e educação
	Orientada pela curiosidade, estratégica ou aplicada
	Complexidade e estabilidade da estrutura disciplinar
	Integração externa com as redes científicas e tecnológicas
Tensões Intrínsecas	<i>Science and technology-push</i> ou <i>demand-pull</i> ?
	<i>Top-down</i> ou <i>bottom-up</i> ?
	Partes interessadas e terceiros
Horizonte de tempo	Curto prazo
	Médio prazo
	Longo prazo
Abordagem metodológica	Informal - formal
	Qualitativa - quantitativa

A) OBJETIVOS E FUNÇÕES DO FORESIGHT – Por trás dos exercícios de *foresight* está a crença que a ciência e a tecnologia podem (e devem) trazer grandes contribuições ao bem-estar econômico, social e cultural. O principal objetivo seria garantir que as áreas que carreguem os maiores benefícios futuros sejam detectadas e priorizadas em seus estágios iniciais (benefícios sócio-econômicos entendidos de forma ampla e multidimensional). Assim, o *foresight* pode assumir seis funções complementares:

1. Tomada de direção – a definição das grande linhas de ação e da agenda de pesquisa pela política científica e tecnológica de um país;
2. Definição de prioridades – identificar e selecionar os desenvolvimentos mais promissores para a pesquisa e desenvolvimento;
3. Capacidade de antecipação – construir conhecimento de fundo sobre as tendências emergentes da ciência e tecnologia e suas possíveis implicações;

4. Geração de consenso – por meio de processos sistemáticos de análise e consulta com a participação da comunidade científica e as redes sócio-técnicas;

5. Mediação – promover um melhor equilíbrio entre os grupos de interesse evitando que aqueles melhor organizados institucional e politicamente sobrepujem campos emergentes e promissores, porém desarticulados;

6. Comunicação e educação – promover a comunicação entre a comunidade científica e desta com o setor produtivo, de uma maneira mais ampla, e contribuir para a educação e espraio de informações pelo público em geral.

B) ORIENTAÇÃO E CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DA PESQUISA – distinguir quando é orientada à curiosidade, estratégica ou aplicada, isto é, seu grau de “finalização”. Também pode-se perceber campos de diferentes complexidades cognitivas e diferentes estabilidades quanto à matriz disciplinar e com diferentes graus de inserção a redes de pesquisa externas à especialidade ou, mais amplamente, ligadas ao setor produtivo.

C) O BALANÇO ENTRE AS VÁRIAS TENSÕES INTRÍNSECAS NO FORESIGHT – assim como os nove conflitos apontados anteriormente, as três tensões abaixo aparecem e predominam diferentemente em cada caso:

1. O conflito entre *science and technology-push* e *demand-pull*. A segunda predomina quando a pesquisa aplicada é o objeto do *foresight* e há forte inter-relação com o sistema produtivo;

2. A tensão política entre as abordagens *top-down* e *bottom-top*, que se relaciona com a especificidade do *foresight* e a natureza (ou a posição) da organização a ele submetida. Estruturas administrativas muito hierarquizadas podem encontrar dificuldades em estabelecer comunicação, compartilhar conhecimentos e implementar decisões que podem não refletir as opiniões da cúpula.

3. Os conflitos devido às diferentes visões das “partes interessadas” (cientistas envolvidos no campo e beneficiários diretos das pesquisas) e os chamados “terceiros” (especialistas de outras áreas e consultores independentes). Os primeiros podem trazer valiosas e mais acuradas contribuições mas tendem ao conservadorismo; já os últimos apresentam um comportamento mais inovador, porém com contribuições com pouco detalhamento e imprecisas. As tensões daí surgidas são uma questão chave a ser resolvida em um exercício prospectivo.

D) HORIZONTE DE TEMPO – que pode estar relacionado a fatores como: complexidade do campo envolvido, infra-estrutura a ser desenvolvida, periodicidade de eleições governamentais etc. Classifica-se em:

1. Curto prazo: lidando com os próximos um ou dois anos.
2. Médio prazo: de três a cinco anos.

3. Longo prazo: tipicamente dez anos, mas podendo estender-se por mais tempo.

E) ABORDAGENS METODOLÓGICAS – Normalmente é utilizada uma combinação de estratégias formais e informais, gerando informações qualitativas e quantitativas. Os mais freqüentes são:

1. Métodos formais: entrevistas estruturadas, análises morfológicas, discussões organizadas sobre questões pré-determinadas, *Delphi*, construção e análise de cenários;

2. Métodos informais: comitês de especialistas em discussões desestruturadas (*workshops*);

3. Métodos quantitativos: extrapolação de tendências (extremo menos formal), modelagem por computador e curvas de crescimento (extremo mais formal), revisões por comitês de especialistas cujo julgamento é complementado por informações estatísticas (das atividades globais de P&D, de *surveys*, de análises bibliométricas de publicações e citações), painéis ou *workshops* utilizando critérios explícitos de pontuação e priorização das opiniões apresentadas, *Delphis* modificados para gerar avaliações quantitativas sobre o *timing* e a importância dos desenvolvimentos científicos, análise de cenários combinando dados numéricos.

O MÉTODO DELPHI

O Método *Delphi* vem sendo um dos instrumentos privilegiados na execução de processos de *foresight* e será apresentado mais detalhadamente.

Delphi, cujo nome é uma referência ao oráculo da cidade de Delfos na Antiga Grécia, é um procedimento desenvolvido pela RAND, nos EUA na década de 50, para obter consenso em um grupo de especialistas. Assim como encontros para discussões presenciais, o *Delphi* explora a experiência coletiva dos membros de um grupo em um processo iterativo. Entretanto, o método evita várias das armadilhas das conferências presenciais ao estruturar a comunicação em um único formato. Segundo Linstone e Turoff (1975), “o *Delphi* pode ser caracterizado como um método para estruturar um processo de comunicação de um grupo, de modo que o processo seja efetivo em permitir que este, como um todo, lide com um problema complexo”.

Novamente comparando-o com conferências ou comitês de discussão, o método provê: a) comunicação estruturada, b) anonimato dos participantes, c) retorno aos participantes após cada etapa do processo iterativo, d) respostas estatísticas baseadas no grupo.

O *Delphi* convencional é a base para muitas variações posteriores que vêm sendo desenvolvidas, dada a flexibilidade inerente do método e as necessidades específicas de cada caso de aplicação.

A base do método envolve um questionário que é elaborado por uma equipe de coordenação (monitores ou facilitadores) e enviado a um grupo de especialistas participantes previamente selecionados. Assim que estes retornam, a equipe coordenadora contabiliza as respostas, elabora um novo questionário e envia os resultados e as questões revisadas aos mesmos participantes para uma nova interação. Os especialistas têm então a oportunidade de rever suas opiniões à luz das de outros participantes, em anonimato, fornecendo um novo julgamento, agora revisado. O processo se repete até que se atinja um “estado estacionário”, isto é, o consenso (Webler *et al.*, 1991).

Atualmente se reconhece que as razões apresentadas por participantes que se mantêm como não concordantes também trazem informações importantes; assim opiniões dissidentes também são levadas em consideração, em detrimento ao imperativo do consenso (Georghiu, 1996).

A seleção dos participantes envolve dois aspectos: identificar os especialistas e selecionar quais devem participar. Enquanto erros do questionário forem sendo corrigidos rodada a rodada, um grupo incapacitado ou sub-representado poderá comprometer todo o processo. Para se atingir resultados legítimos é importante que todos os pontos de vista relacionados estejam representados. Deve-se estar atento a diferenças culturais e de caráter cognitivo. Os questionários inevitavelmente carregam um alto grau de subjetivismo, e se os especialistas não compartilharem da mesma cultura, as questões poderão ser interpretadas diferentemente. Para aliviar estas distorções, deve-se assegurar a diversidade na composição do grupo de participantes, para que elas se cancelem mutuamente.

Também deve-se cuidar para que o grupo de coordenação não seja tendencioso, fato que também pode comprometer todo o processo. A coordenação encontra-se em posição privilegiada, ao compor o questionário inicial e suas subseqüentes versões pode incorporar informações falaciosas, alterando o julgamento dos participantes. A coordenação também está sujeita a interpretações subjetivas e vieses culturais quando analisa os resultados e tira suas conclusões.

O método *Delphi* tem sido usado para solucionar incertezas sobre condições e tendências futuras, revelando relações de causalidade e explorando cenários plausíveis. Sua aplicabilidade é maior em casos envolvendo questões científicas e tecnológicas e valores sociais, que são dificilmente tratáveis simultaneamente por outras abordagens. O método não fornece uma resposta analítica, precisa, mas sim um apanhado sistemático de opiniões de uma amostra relevante de especialistas, ainda que induza a um consenso que muitos autores julgam artificial.⁵ Isto colaborou para uma certa descrença no uso do *Delphi* como ferramenta de predição de tendências, sendo acusado de inconsistente do ponto de vista teórico, por ser de reprodutibilidade questionável e por levar a resultados contingenciais. Entretanto, num contexto de *foresight* estas preo-

cupações tornam-se secundárias em relação às vantagens que pode oferecer a comunicação estruturada pelo método. Os processos de *foresight* foram, desta forma, responsáveis pela atual recuperação do interesse no uso do *Delphi*.

É importante destacar que não existem fórmulas prontas para se executar um bom exercício de *Delphi*. A prática mostra que é essencial uma boa amostra de especialistas, cuidadosamente elaborada; um grupo de coordenação com boa capacitação e entendimento do assunto tratado, mas com postura de máxima neutralidade; a qualidade e precisão do questionário inicial é fundamental, sem isso o processo pode se desviar de seus objetivos, prolongar-se demasiadamente e/ou sofrer evasão dos participantes. A experiência e o estudo de casos são as melhores formas de se conduzir processos *Delphi* com sucesso.

APLICAÇÕES RECENTES DO TECHNOLOGICAL FORESIGHT

Talvez o exemplo mais antigo e mais duradouro de prospecção das atividades de pesquisa sejam os sistemáticos *forecastings* conduzidos a cada cinco anos no Japão desde 1971, para as quais sempre foi utilizado o método *Delphi* (Breiner, 1996). Entretanto, somente a partir do final dos anos 80, o novo molde do *technological foresight* estimulou uma proliferação de estudos sob uma nova perspectiva em diversos outros países industrializados, com maior ou menor inspiração na experiência japonesa. Como naquele país, a maior parte dos casos envolve abordagens que lidam com todo o Sistema Nacional de Inovação (SNI), contando com a participação de especialistas de institutos de pesquisa e da indústria e cobrindo uma grande diversidade de temas para delinear prioridades e tendências que terminam por tomar parte na agenda dos tomadores de decisões e definir rumos e oportunidades para diversos atores sociais. Enfim, são estudos que buscam estabelecer uma macrocoordenação nos respectivos SNIs.

Em 1995, foram apresentados os resultados de um processo de prospecção tecnológica na Alemanha, bastante inspirado na experiência japonesa (Breiner, 1996), mas já incorporando as características do *foresight*, com ênfase no processo de comunicação e no fortalecimento do SNI.

O exemplo do Reino Unido é central nesse novo cenário e é pertinente descrever alguns de seus detalhes. Quanto a esta experiência, Georghiu (1996) conta que o processo de *foresight* iniciado em 1993 tinha como objetivo central “forjar um novo modelo de parceria de trabalho entre cientistas e industriais, identificando as oportunidades de mercado emergentes e as tendências de desenvolvimento tecnológico para embasar as decisões no balanço e direcionamento dos fundos públicos de ciência e tecnologia”. Para isso, o projeto previa conhecer as visões de futuro sobre mercados e tecnologias das comunidades de C&T e do setor produtivo (*business*); auxiliar a construção de consenso e compromete-

timento no desenvolvimento destes e difundir estes resultados pelas comunidades.

ESTE PROCESSO FOI ESTRUTURADO EM TRÊS ETAPAS:

1. *Pré-foresight*: Etapa na qual foi estabelecida a metodologia e feita a identificação e treinamento dos participantes. Foi decidido que o Programa do Reino Unido seria mais orientado pelo mercado que pela tecnologia em comparação a outros países. Foi descartada a hipótese de se fazer uso dos resultados alcançados por outros países (apesar do caráter internacional da pesquisa de ponta) pois isto poderia comprometer a identificação de elementos especialmente importantes para o RU e, o mais importante, não produziria os efeitos de integração das redes nacionais, considerados extremamente importantes.

2. *Foresight*: Reunir todos os especialistas necessários não seria viável em painéis de tamanho administrável. Para atingir o máximo de especialistas foi utilizado uma abordagem mais sistemática, ou seja, um processo *Delphi*.

3. Implementação: Estabelecer políticas para efetivamente centrar o financiamento nas atividades prioritárias e encorajar a criação de uma “cultura do *foresight*”, estimulando as instituições e as empresas a executarem seus próprios exercícios para definição de objetivos mais específicos.

Das 360 recomendação feitas pelos painéis de especialistas saíram 27 tópicos em 6 temas (Georghiu, 1996), que depois foram enviadas a cerca de 7000 especialistas em forma de questionários *Delphi*:

1. CONFORMAÇÃO SOCIAL E IMPACTOS DAS NOVAS TECNOLOGIAS: mudanças demográficas; identificação e administração de riscos; local de trabalho e lar.

2. FUTURO PARA A COMUNICAÇÃO E COMPUTAÇÃO: comunicação com máquinas; integração de sistemas e design; administração da informação; sistemas complexos; tecnologia óptica; engenharia de software; telepresença.

3. DOS GENES A NOVOS ORGANISMOS, PROCESSOS E PRODUTOS: bioinformática; biomateriais; genética e engenharia biomolecular; saúde e estilo de vida.

4. NOVOS MATERIAIS, SÍNTESE E PROCESSAMENTO: catálise; síntese química e biológica; materiais; tecnologias de processamento de materiais.

5. CONTROLE E PRECISÃO EM ADMINISTRAÇÃO: administração e engenharia de negócios; automação; engenharia de processo e controle; sensores e processamento de informações de sensores; tecnologias de segurança e privacidade.

6. UM MUNDO EM LIMPEZA: tecnologias limpas; tecnologias de energia;

⁵ Para detalhes sobre estas e outras limitações do *Delphi* Cf. WEBLER, T. (1991) e GUPTA, U. G. & CLARKE, R. E. (1996).

tecnologias ambientalmente sustentáveis; análise de ciclo de vida de produtos.

Cada um destes tópicos foi avaliada segundo os critérios (sempre desdobrados em Atratividade e Factibilidade) de:

1. Benefícios econômicos e sociais;
2. Capacidade do Reino Unido internalizar os benefícios econômicos e sociais;
3. Possibilidade de rompimentos científicos ou tecnológicos;
4. Embasamento da ciência e tecnologia no Reino Unido;
5. Custo dos investimentos em nova ciência, engenharia e tecnologia;
6. A escala de tempo na qual as novas tecnologias se tornarão disponíveis.

Esta experiência do Reino Unido, cujos resultados devem ser revistos numa segunda rodada prevista para os anos de 1999/2000 (atualmente em andamento), talvez seja, entre as mais recentes, a que mais têm influenciado outros exercícios de *foresight* pelo mundo. Dentre os países que promoveram este tipo de atividade recentemente encontram-se: Austrália, Nova Zelândia, Itália, França, Espanha, Países Baixos e Áustria (Linstone & Grupp, 1999).

Para Aichholzer (1999), esta situação predominante até poucos anos atrás, de experiências de aplicações da abordagem essencialmente limitadas a países desenvolvidos e com economias grandes e diversificadas, está sofrendo alteração. A partir do final dos anos 90, o *foresight* tem encontrado crescente espaço em países pequenos e em países em desenvolvimento. Para todos eles, significa oportunidade de definir *nichos* de especialização tecnológica, ligando os potenciais nacionais com oportunidades econômicas e demandas sociais específicas. Para países em desenvolvimento, com problemas de natureza distinta e muitas vezes mais aprofundados, acrescenta-se a melhor percepção do *gap* existente entre as potencialidades de C&T locais e os padrões internacionais do estado-da-arte.

A literatura especializada no assunto indica que é ainda pouco explorada a utilização do *technological foresight* em níveis menos abrangentes (Tilley e Fuller, 2000); por exemplo, para a definição de prioridades de pesquisa em institutos de pesquisa públicos ou privados, em setores da indústria ou mesmo em empresas isoladamente, prática que pode levar a ganhos substanciais quanto à competitividade destas organizações, seja no aumento da capacidade de gerar inovações, alavancar recursos para a pesquisa e gerar competências, seja na melhor definição de sua localização perante as redes sócio-técnicas.

No Brasil, entre setembro de 1998 e julho de 1999, o GEOPI⁶ realizou um estudo de priorização de atividades de pesquisa junto a Embrapa Suínos e Aves (CNPISA), que serviu como base para a elaboração do Pla-

no Diretor da Unidade (PDU). Neste estudo foi utilizada uma abordagem de *technological foresight* especialmente ajustada para as especificidades do caso (Salles-Filho *et al.*, 1999). O trabalho consistiu em quatro etapas metodológicas: 1) discussões preliminares sobre inovação e competitividade institucional, mercados e clientes junto aos pesquisadores do CNPSA, como estratégia para contextualizar a posição do centro e criar comprometimento para a mudança; 2) levantamento de temas e tecnologias relevantes e seus respectivos graus de *atratividade*, *factibilidade* e *adequação sócio-econômica* por meio de conferências presenciais com pesquisadores e usuários do Centro e uma rodada com questionários do tipo *Delphi* para uma comunidade mais ampla externa ao centro, representantes das redes de inovação relacionadas e do setor produtivo; 3) tratamento dos dados obtidos por métodos estatísticos e sistematização das informações qualitativas e, finalmente, 4) a validação dos resultados junto aos pesquisadores do centro.

Os resultados obtidos destacaram a importância de se estabelecer, com base em um referencial dinâmico, canais de comunicação e de compartilhamento de conhecimentos ao se tratar a questão da inovação e definir prioridades de pesquisa. O estudo realizado se tornou um importante instrumento para a integração e legitimação do CNPSA junto aos setores produtivos e redes de inovação com as quais se relaciona, provocou diversos redirecionamentos nas atividades do Centro e melhorou a percepção dos pesquisadores e dos atores externos sobre a importância e as possibilidades dos trabalhos lá realizados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha e a condução dos instrumentos de política são sempre muito ligadas às especificidades de cada caso de aplicação, das características das problemáticas, das organizações consideradas e dos atores que se relacionam com estas. Num exercício de *foresight*, dada a grande flexibilidade quanto ao uso de metodologias e ao desenho do processo, é necessário dedicar um grande esforço na definição dessas “condições iniciais”, isto é, definir os objetivos motivadores do processo, os atores que deverão participar, o horizonte de tempo, os resultados esperados (diretos e secundários), viabilizar a infra-estrutura etc. O instrumental metodológico também deve ser definido nesta etapa, segundo as necessidades e as estratégias a serem contempladas.

Assim, o sucesso de um exercício de *technological foresight* estará ligado: 1) à adequação do processo proposto às especificidades de cada

⁶ O GEOPI, Grupo de Estudos sobre Organização da Pesquisa e Inovação, do Departamento de Política Científica e Tecnológica (DPCT) da Unicamp, realiza estudos com instituições de pesquisa, redes de inovação, impactos e tendências da pesquisa desde 1995.

situação; 2) à efetiva participação dos atores envolvidos; 3) ao comprometimento da administração superior e dos altos escalões das instituições envolvidas com a condução do processo e à implementação de seus resultados e 4) à reavaliação periódica destes resultados por meio de novas interações e mesmo a reedição de todo o processo, levando à internalização de algumas ferramentas e concepções que embasam o *foresight*.

Garantidas estas condições, a abordagem do *technological foresight* é um instrumento de política promissor, no sentido que permite, dentro de um referencial dinâmico do funcionamento das instituições, estabelecer um novo contrato social, no qual se enfatiza o compromisso das atividades públicas de C&T com a sociedade, promovendo integração às redes de inovação e aos setores produtivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aichholzer, G. *En busca de una posición de liderazgo en nichos de innovación: la prospectiva tecnológica en Austria*. Monografía presentada en la Reunión sobre Prospectiva Tecnológica: una iniciativa ONUDI-ICS para América Latina y el Caribe. Trieste, 1999.

Breiner, S. Foresight in Science and Technology: Selected Methodologies and Recent Activities in Germany. In: Inzelt, A. e Coenen, R. (eds.) *Knowledge, Technology Transfer and Foresight*, Kluwer Academic Publishers, p. 181-193, Netherlands, 1996.

Bright, J. R. Improving the Industrial Anticipation of Current Scientific Activity. *technological forecasting and Social Change*, n. 29, p. 1-12, 1986.

Callon, M. The dynamics of techno-economic networks. In: Coombs, R.; Saviotti, P.; Walsh, V. (Eds.) *Technological change and company strategies*. London, Academic Press. pp. 72-102, 1992.

Coates, J. F. Foresight in Federal Government Policy Making, *Futures Research Quarterly*, v. 1, p. 29-53, 1985.

Georghiu, L. The United Kingdom Technology Foresight Programme. *Futures*, v. 28, n. 4, pp. 359-377, 1996.

Gupta, U. G., Clarke, R. E. Theory and Applications of the Delphi Technique: A Bibliography (1975-1994). *Technological Forecasting and Social Change*, n. 53, p. 185-211, 1996.

Linstone, H. A., Grupp, H. National Technology Foresight Activities Around the Globe: Resurrection and New Paradigms. *Technological Forecasting and Social Change*, n. 60, p. 85-94, 1999.

Linstone, H. A., Turoff, M. (eds.) *The Delphi Method: Techniques and Applications*. Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts, 1975.

Martin, B. R., Anderson, J., Maclean, M. Identifying Research Priorities in Public-Sector Funding Agencies: Mapping Science Outputs onto User Needs. *Technology Analysis and Strategic Management*, v. 10, 1998.

Martin, B. R. & Irvine, J. *Research Foresight – Priority-Setting in Science*. Pinter Publishers, London, 1989.

Martin, B. R. & Johnston, R. Technology Foresight for Wiring Up the National Innovation System: Experiences in Britain, Australia, and New Zealand. *Technological Forecasting and Social Change*, n. 60, p. 37-54, 1999.

Salles Filho, S. L. M.; Albuquerque, R. H. P. L.; Kageyama, A.; Bonacelli, M. B. M.; Zackiewicz, M. *Estudo de Priorização das Atividades de Pesquisa do CNPSA – Embrapa Suínos e Aves*. Relatório Final. Campinas: DPCT/IG/Unicamp, 1999.

Tilley, F. & Fuller, T. Foresight methods and their role in researching small firms and sustainability. *Futures*, v. 32, p. 149-161, 2000.

Webler, T. *et al.* A Novel Approach to Reducing Uncertainty: The Group Delphi. *technological forecasting and Social Change*, n. 39, p. 253-263, 1991.

Zackiewicz, M. *A definição de prioridades de pesquisa a partir da abordagem de technological foresight*. Dissertação de Mestrado. Campinas, IG/Unicamp, 2000.

Resumo

O artigo apresenta a abordagem de technological foresight como instrumento para a alocação de fundos públicos de C&T, para definição de prioridades de pesquisa e para melhorar a articulação das organizações de pesquisa com as redes de inovação e o setor produtivo. São discutidas suas bases teóricas, suas principais características e uma estrutura analítica para descrever suas diferentes possibilidades práticas. Alguns casos recentes de aplicação são também apresentados.

Abstract

This article introduces technological foresight approach as a tool to set public spending on S&T and research priorities and to improve communication between research institutes, innovation networks and firms. The article discusses conceptual bases and main characteristics of technological foresight and provides an analytical framework to describe different practical possibilities. Some recent studies and applications are also introduced.

Os Autores

MAURO ZACKIEWICZ. Mestre em Política Científica e Tecnológica e pesquisador do Grupo de Estudos sobre Organização da Pesquisa e da Inovação (GEOPI), DPCT/IG/Unicamp.

SERGIO SALLES-FILHO. Professor livre-docente do Departamento de Política Científica e Tecnológica (DPCT), IG/Unicamp e coordenador do Grupo de Estudos sobre Organização da Pesquisa e da Inovação (GEOPI).