

UMA PROPOSTA DE ANÁLISE DINÂMICA PARA A DEPENDÊNCIA TECNOLÓGICA

Cid Manso de Mello Vianna¹

1. Introdução

As sociedades contemporâneas mais modernas reconhecem hoje que C & T constituem a base do crescimento econômico. O processo de industrialização não pode mais ser compreendido apenas a partir da concentração da indústria, nem mediante uma explicação sobre os mecanismos de racionalização do trabalho, mas sim como uma sociedade organizada para a produção científica e técnica. Em um mundo onde a importância das características nacionais cede lugar ao aceleração dos mecanismos de internacionalização e de competição global, a ciência e a tecnologia se transformaram na principal fonte de crescimento e de obtenção de vantagens econômicas.

Na medida que se insere no interior de cada sociedade, essa racionalidade aparece ao mesmo tempo como fonte de dominação e realização do homem e do Estado. Para esse último, a procura por um maior desenvolvimento da ciência e da técnica torna-se um imperativo decisivo do balanço de poder entre as nações, assim como instrumento essencial de governo. Tal qual uma firma que ao trazer para o mercado novas descobertas pode ditar regras para os seus competidores, para um país manter as prioridades das descobertas e um alto desempenho tecnológico representa não só sinal de poder e prestígio, mas principalmente implica no processo de validação do sistema político existente.

Uma tentativa de se encontrar respostas sobre o porquê dos países periféricos encontrarem enorme dificuldade para promover os seus processos de industrialização é (ou foi) fornecido pela teoria da dependência. Em resumo, esta análise propunha explicar o aparecimento de um desenvolvimento dependente nos países subdesenvolvidos como resultado da interação dialética de fatores internos e externos. Os primeiros dizem respeito a existência de sociedades profundamente heterogeneas nesses países, ocasionando mecanismos de desigualdade social, além de apresentar uma distribuição dispare dos recursos naturais.

O segundo refere-se a inserção dessas nações em um sistema capitalista crescentemente internacionalizado, sujeito a contantes mudanças de trajetórias. Nesse contexto, a industrialização dos países periféricos ficaria a reboque de uma dinâmica exogenamente determinada.

A partir do final da década de 60, vários estudos foram realizados procurando demonstrar as relações de dependência entre a industrialização e a tecnologia. A interrogação principal voltava-se, invariavelmente, para a incapacidade de "sociedades dependentes" gerarem seus próprios mecanismos de evolução tecnológica em estruturas industriais incompletas e subdesenvolvidas².

Interpretava-se que a dependência tecnológica derivava, de um lado, da existência de sistemas técnico-científicos desestruturados e, de outro, das circunstâncias próprias a partir das quais se processaram a industrialização na periferia. Em consequência, tinha-se como certo o aparecimento de uma indústria de bens de consumo duráveis voltada para a classe média alta e controlada pelas empresas multinacionais, além da ausência de um setor produtor de bens de capital e de investimentos em P & D.

Essas relações de dependência se encontravam também vinculadas às condições que a tecnologia era importada, via pacotes fechados, que excluía a participação de firmas locais ou impunham restrições contratuais às tentativas de se realizar inovações. O produto final era a existência de um círculo vicioso de dependência auto-sustentada,

¹ Professor Adjunto do Instituto de Medicina Social da Universidade do Estado do Rio de Janeiro e Professor do Mestrado em Economia do Comércio Internacional da Universidade Estácio de Sá.

²Ver, por exemplo, Monza (1972) e Santos (1970).

cujos resultados eram a perda relativa do controle sobre os investimentos e os níveis de produção, a utilização de tecnologias inadequadas à produção local e o aumento do desemprego. Além disso,

"ao invés de estimular o desenvolvimento de habilidades locais, transferências tendem a perpetuar a dependência tecnológica. Apesar de a tecnologia transferida adicionar poder produtivo às economias em desenvolvimento, ela não permite a diversificação dos seus padrões de exportação. Transferência geralmente resulta em altos custos de produção o que torna os produtos internacionalmente não competitivos. E, o 'peso', em termos de divisas resultantes das transferências de tecnologia, é geralmente mais alto do que se pode suspeitar." (Teixeira, 1988, p. 10).

O impacto dessa discussão resultou em uma tentativa dos países do Terceiro Mundo de aumentar o controle sobre o processo de transferência e a elevar a proteção à tecnologia local. Em várias nações foram desenvolvidas legislações especiais e se criou um novo arcabouço institucional com a finalidade de propor planos e políticas coerentes que garantissem o caminho para uma maior independência tecnológica em relação aos países mais avançados. Embora explicitas em recomendações sobre a necessidade de se fomentar o desenvolvimento tecnológico, a maioria desses planos e políticas não tinha preocupações ou não fazia menção à forma de como poderia se atingir esses objetivos.

O problema referia-se quase sempre à ausência de considerações acerca das dinâmicas da evolução da tecnologia nas análises da dependência. "Quando discutimos dependência tecnológica, estamos não apenas nos confrontando com conceitos que são essencialmente dinâmicos, tal como mudanças técnicas, mas também estamos lidando com um conjunto de relações/transações/fluxos cujo custo é facilmente mensurável, embora os benefícios não possam sempre ser totalmente levados em conta." (Soete, 1981, p. 181).

Ao se insistir, portanto, no caráter auto-sustentado da dependência tecnológica, como função da organização social que se mantém em situações específicas da ordem econômica mundial e da divisão internacional do trabalho, a contribuição dessas teorias para o entendimento das dificuldades do progresso econômico, social e tecnológico das nações subdesenvolvidas foi muito pequena (Teixeira, 1988). Na verdade, a partir de Soete (1981) dificilmente o conceito de dependência tecnológica pode ser utilizado para se promover algum tipo de análise séria sobre as condições de atraso tecnológico. Nas próximas seções, pretende-se verificar como a dinâmica do progresso técnico condiciona e delimita o espaço de manobra existente, para daí propor uma definição analítica sobre dependência que efetivamente considere o ritmo e a velocidade das mudanças no sistema global de produção capitalista

2. Alguns Condicionantes Dinâmicos do Progresso Técnico

Tecnologia pode ser definida como um conjunto de habilidades e conhecimentos teóricos e práticos utilizados pelas firmas com o propósito de desenvolver, produzir e vender produtos e serviços (Burgelman e Rosenbloom, 1989). Cabe aqui distinguir dois níveis analíticos: no primeiro, a tecnologia caracteriza-se como artefato, isto é, como produto e processo de produção que cada firma desenvolve e fornece ao mercado; no outro, ela distingue-se como a base de conhecimento, que inclui não apenas o saber científico aceito, mas também as idéias, conceitos e modos tácitos necessários a uma produtividade particular³. "Um resultado imediato é que ambos, base de conhecimento e desempenho tecnológico acumulado, são conceitos inseparáveis de questionamentos sobre estrutura organizacional e atividades produtivas" (Metcalfe e Gibbons, 1989, p. 154).

A mudança tecnológica no sistema capitalista é, fundamentalmente, um processo de criação de assimetrias na estrutura de produção, por meio do crescimento da

³ Arrow (1962) foi quem tornou mais explícita essa idéia, supondo que de forma ampliada as inovações podiam ser caracterizadas como produção de conhecimento.

produtividade e da margem de lucro e da alteração na distribuição das firmas no mercado, dos seus custos unitários e do valor dos seus ativos físicos. Essa assimetria é função da inércia que se instala entre o aparecimento de uma inovação e a iniciativa de imitá-la, da diferença entre a capacidade de gerenciamento dos sistemas tecnológicos e o grau com que os benefícios do progresso técnico podem ser apropriados individualmente.

As características fundamentais desse processo, de acordo com Dosi (1988), são:

1. existência de incertezas não apenas em relação às informações atuais e/ou futuras sobre determinados eventos, mas também como resultado da necessidade de se resolver problemas técnicos e econômicos cujas soluções são desconhecidas;
2. as principais oportunidades dependem do avanço dos conhecimentos científico e tecnológico, com significativo aumento da complexidade das pesquisas;
3. um grande número de inovações e melhoramentos tem sua origem nos processos de *learning by doing* e *learning by using*;
4. o padrão de desenvolvimento tecnológico não se reduz a um simples produto de ação e reação às condições do mercado;
5. a direção da mudança técnica está frequentemente associada ao estado da arte da tecnologia em uso. Em outros termos, é a sua própria natureza que determina o grau e o nível com que produtos e processos conseguem se ajustar as novas situações econômicas. A probabilidade de firmas, países e instituições se adaptarem e promoverem avanços tecnológicos depende da posição tecnológica já atingida e, como o desenvolvimento não acontece ao mesmo tempo, a existência de desigualdades é o estado comum entre elas;
6. a apropriação privada do resultado das atividades de inovação representa importante incentivo ao desenvolvimento tecnológico e funciona como mecanismo de concentração e assimetria industrial.

Em síntese, o caráter crucial das inovações é a existência de atividades seletivas, direcionadas e cumulativas. Nesse caso, o processo de desenvolvimento tecnológico deixa de ser observado como "caixa-preta", pela utilização de mecanismos randômicos, ou apenas como dependente de demandas específicas⁴ e restrito a zonas fechadas relacionadas à produção atual. A evolução da estrutura de mercado, mais do que os seus efeitos, e o processo de mudança tecnológica, entendido como sequência de inovações, tornam-se os pontos focais de investigação.

A formação e o desenvolvimento de estruturas específicas influenciam diretamente, também, a produtividade econômica. Em outros termos, a estrutura organizacional assim definida é responsável pela capacidade das firmas de interpretar sua realidade simbólica e conseguir estimar (ou subestimar, em caso contrário) as alterações de percurso necessárias.

A ilação apreendida é que não existe arranjo simples que possa ser considerado ideal para qualquer combinação entre novas descobertas e produção. A variedade mediante a qual diferentes habilidades tecnológicas se apresentam diz respeito às múltiplas possibilidades que regimes, trajetórias e estruturas podem gerar. O resultado é que "o desempenho (das empresas) é inseparável da variedade nos modos em que cada organização estrutura e articula seu conhecimento de base (...) assim para muitas firmas, a organização inicial de suas capacidades dominantes estabelece a agenda para um crescimento futuro, e um comportamento tecnológico distinto, na medida em que cada uma delas tem organizado sua capacidade competitiva de modo levemente

⁴Dosi (1981) sugere que embora a demanda seja um fator importante e necessário para a existência de inovações, ela não é suficiente à medida que não explica as descontinuidades das inovações radicais e o *timing* correto pelo qual um produto chega ao mercado, transformando-se ou não em sucesso.

diferente, além de escolherem sua própria trajetória de desenvolvimento” (Metcalf e Gibbons, 1985, p. 156).

O ponto seguinte refere-se às diferenças de interpretação do desenvolvimento de trajetórias⁵. As principais discrepâncias observadas no tempo e nos setores, na taxa e no modo pelo qual as inovações se distribuem, se difundem e são utilizadas, refletem as oportunidades abertas por cada regime tecnológico, o grau de apropriação com que as firmas conseguem obter retornos econômicos, o padrão de demanda e as características sócio culturais dos consumidores.⁶

O processo de difusão e/ou adoção, por sua vez, não acontece em meios estáticos, nos quais as tecnologias permanecem constantes. Cada inovação é, na verdade, um estágio determinado das trajetórias que compõem os regimes tecnológicos. Essas trajetórias estão sempre sujeitas a pressões competitivas, internas ou externas, por aperfeiçoamentos adicionais, que representam alguns dos principais itens responsáveis pelo aumento da taxa de renovação tecnológica e da descoberta de outros usos para produtos antigos. Em outras palavras, “enquanto alguns melhoramentos podem ser relacionados às mudanças exógenas no conhecimento, muitos aparecem de experiências, incentivos e dificuldades que surgem endogenamente durante o processo de difusão.” (Metcalf, 1988, p. 562). A forma como evolui o padrão de difusão responde, nesse contexto, de como tecnologias rivais obtêm maior ou menor significado econômico. Em consequência, a estrutura de preços é redesenhada, de modo a condicionar favoravelmente ou não progressos posteriores.

3. Uma Análise dos Mecanismos de Competição Tecnológica

Tradicionalmente, a competição tecnológica tem sido abordada na literatura mediante o estudo dos instrumentos por meio dos quais uma técnica superior e nova supera aquelas consideradas velhas e ultrapassadas. Produtos e processos mais avançados têm melhores possibilidades de lucratividade e de fornecer uma vantagem potencial às firmas no processo de competição. Se os lucros representam a base dos investimentos e do crescimento, as reações (e iniciativas) diante das ameaças externas tornam-se mais rápidas e sólidas. Embora necessária, apenas a lucratividade não é suficiente para explicar a manutenção de vantagens tecnológicas e de desempenhos distintos de algumas firmas sobre outras, assim como a própria persistência de processos e produtos tecnicamente defasados no mercado.

A competição tecnológica, em uma concepção ampliada, significa a inter-relação de firmas que procuram operar em condições similares, pela adaptação do seu espaço econômico, situação na qual o futuro é intrinsecamente incerto e a descoberta de novos produtos/processos de produção é instrumento fundamental de sobrevivência e manutenção de seu *status quo*. A estrutura organizacional das firmas é função das experiências e investimentos realizados com o objetivo concomitante de se adaptar e diferenciar de outros produtores no mercado. Em resumo, “a discussão da história das indústrias sugere as seguintes hipóteses sobre o relacionamento entre competição e desempenho: produtores atuando em diferentes mercados regionais com pressões de competitividade próprios desenvolvem capacidades organizacionais específicas, que têm influências distintas no crescimento da produtividade e na velocidade do tempo de resposta” (Clark e Fujimoto, 1989, p. 25).

É preciso, nesse caso, distinguir as condições de competição no curto e no longo prazo. No primeiro, a posição da firma depende da relevância da tecnologia dominada

⁵Estas podem apresentar um somatório de múltiplos estados de equilíbrio, nos quais os agentes se encontram sempre ajustados, ou uma sequência de desequilíbrios, em que os agentes procuram se adaptar e alcançar algum estágio final determinado (Griliches, 1957). Ainda que as disparidades não sejam aqui substanciais, devido à possibilidade de se reescrever um modelo no outro, existe a necessidade de se distinguir claramente a concepção e a filosofia de um e outro esquema.

⁶Na interpretação de Dosi (1984), os fatores acima podem ser lidos como: a estrutura industrial, o padrão de competição e a natureza do mercado e do produto.

em relação à distribuição das técnicas existentes. No segundo, da habilidade de se manter atualizada *vis-à-vis* a evolução das trajetórias tecnológicas pertinentes ao seu processo de produção. Nesse sentido, "a eficácia competitiva simplesmente não depende do sucesso de inovações isoladas, mas preferencialmente do sucesso de uma seqüência de inovações e dos melhoramentos posteriores realizados" (Metcalf e Gibbons, 1989, p. 160).

Nesse contexto, apenas uma pequena parcela desse trabalho é financiada com recursos externos, devido ao conflito potencial de interesses com os objetivos internos da pesquisa⁷. Não existe também a garantia de que o novo produto ou processo terá sucesso, pois o mesmo poderá incorrer em graves problemas de incerteza, de atrasos e de custo, além do que as exterioridades associadas ao desenvolvimento tecnológico podem significar que as vantagens de cada inovação se reduzam significativamente, devido a reações dos competidores bem maiores do que as esperadas. Na prática, o padrão de desenvolvimento de novos produtos (isto é a trajetória de regimes tecnológicos) condiciona o padrão de competição (Clark e Fujimoto, 1989).

A partir da hipótese de que os agentes econômicos se subdividem em firmas inovadoras e imitadoras, as estratégias de competição e as regras de comportamento de cada uma delas são antipodas. Para as primeiras, as mudanças tecnológicas representam a possibilidade de impor ou promover assimetrias entre elas e seus competidores. O incentivo está na obtenção de lucros de monopólio e no domínio do mercado pelo maior período de tempo possível.⁸ Para essas firmas, a natureza da tecnologia de novos produtos define, ao menos parcialmente, as suas estratégias de comportamento. Na verdade, não só existe um novo mercado a ser explorado, como o diferencial de custo *vis-à-vis* outras empresas determina a margem de manobra no estabelecimento de preços e a "força" das barreiras à entrada de outros competidores. Estas últimas dependem também diretamente, entre outros fatores, do coeficiente de aprendizado, o período entre o aparecimento de um novo produto e a sua imitação e da taxa de inovações radicais.

Para as empresas imitadoras o movimento é inverso, no qual se procura diminuir todas as assimetrias existentes. A adoção de novas tecnologias depende dos retornos crescentes que é possível obter tendo em vista o aumento do número de firmas que se iniciam em uma técnica de produção determinada. As principais características desse processo são os graus variados de inflexibilidade, de não previsibilidade, de ineficiência e de não ergodicidade, que se traduzem em modelos instáveis, influenciados pela acumulação de eventos não significativos, pequenas heterogeneidades, ou diferenças imperceptíveis durante o período em que cada decisão é tomada pelos agentes econômicos (Arthur, 1988).

A escolha de tecnologias específicas não é indeterminada e está condicionada pelo número de outras firmas que já deram início ao processo de produção. Já a lucratividade depende não só do mercado constituído, mas também dos retornos futuros esperados que cada técnica produtiva pode fornecer quando da sua adoção por outras empresas ao longo do tempo. As firmas não podem fugir aqui a um grau adicional de incerteza, resultante da possibilidade de o produto (ou processo) mais lucrativo hoje, não o ser nos próximos períodos, quando novas firmas estiverem produzindo e competindo diretamente pelo mercado. Em suma, a decisão de se investir e de se adotar novas tecnologias depende não apenas das expectativas internas, mas também das externas e do comportamento esperado, com base na experiência anterior, das outras empresas.

Estratégias de competição, em resumo, dependem do papel que forças internas e externas exercem sobre as firmas (Burgelman e Rosenbloom, 1989). Nas primeiras importa o peso da inércia diante das mudanças externas, em função dos sucessos alcançados no passado e da habilidade tecnológica adquirida e o papel da estrutura

⁷Para uma discussão mais detalhada desses conflitos, ver Kay (1988, p. 283)

⁸As firmas representam aqui a versão estilizada dos empresários proposta por Schumpeter (1982).

organizacional, que define a capacidade de reagir, desenvolver e explorar as oportunidades que emergem fora ou não da estratégia corrente de cada empresa. Essas forças refletem, em graus variados, a cultura dominante (em termos de valores) das firmas quando da escolha das suas prioridades e opções de crescimento.

As forças externas resultam da pressão exercida pela evolução direcional das áreas tecnológicas nas quais a firma se encontra inserida. Essa evolução determina o montante de novos investimentos necessários, a possibilidade de se apropriar (e se assegurar) de inovações e o *design* dominante intrínseco a cada paradigma.

O conjunto desses fatores caracteriza, em cada regime tecnológico, a distribuição dos lucros e as escolhas estratégicas feitas pelas firmas. A habilidade de resposta as ameaças inesperadas vai depender do *lead time* envolvido (Clark, 1985).

O processo de competição tecnológica assume um caráter dialético. De um lado, as empresas procuram seguir um padrão produtivo semelhante, mediante a adoção de tecnologias já consagradas e cujos retornos potenciais tenham a mais alta expectativa possível. De outro, existe a necessidade de se almejar lucros de monopólio, pela diferenciação e reforço das assimetrias entre capacidade e eficiência das firmas, que devem traduzir em mecanismos rentáveis os investimentos em tecnologia e os esquemas de produção derivados. Em outros termos, as firmas devem definir o escopo das suas operações na medida em que elas, na maioria das vezes, não detêm a totalidade de conhecimentos exigidos por uma tecnologia específica e não podem, portanto, atuar em toda a extensão da fronteira tecnológica. O resultado é que as firmas têm de distinguir e conhecer sua capacidade e optar em que áreas elas pretendem ser líderes na produção de tecnologia ou apenas seguidoras das inovações que aparecem no mercado.

Esse problema é mais complexo na medida em que se busca uma visão dinâmica e se constata a existência de firmas multiprodutoras, de economias de escala e de escopo. As oportunidades tecnológicas abertas em cada indústria tornam-se fatores tão importantes na explicação das diferenças das atividades de inovação quanto a estrutura, da mesma forma que o processo de concentração se encontra sujeito às taxas e características das mudanças técnicas. Não existe nenhuma razão para se esperar que a escala de eficiência mínima caminhe para qualquer direção previamente escolhida. Nesse sentido, se a taxa de crescimento do mercado não for igual à da tecnologia, as empresas devem encontrar dificuldades para iniciar novas operações e é possível que a concentração industrial aumente.

Contrapondo as oportunidades existentes para cada firma, o custo de entrada em novos mercados é uma variável-chave a ser analisada. Além do gasto de investimento em capital fixo e o do processo de operação, quatro outras fontes devem ser consideradas: a de assimilação dos conhecimentos técnico-científicos; a de aquisição da experiência exigida para controlar o mercado e obter sucesso nas vendas; a de compensação as possíveis exterioridades e outras vantagens derivadas da infraestrutura e das condições institucionais e econômicas; e a de erros que normalmente são cometidos no processo de inovação (Perez e Soete, 1988).

Em síntese, as firmas encontram-se diante de dois objetivos opostos. De um lado, quanto mais alta for a lucratividade alcançada pelos novos produtos, condição necessária para se obter o retorno dos investimentos realizados, maior a ameaça de potenciais competidores e a incerteza associada a todo o processo. De outro, a manutenção de elevados diferenciais de custo permite, no longo prazo, melhores condições para enfrentar a competição (Dosi, 1984).

4. Risco e dependência tecnológica

A partir da compreensão dos mecanismos anteriores de competição tecnológica, é possível se estabelecer critérios pelos quais se pode identificar a existência (ou aparecimento) estruturas dependentes. Estes estão relacionados à forma como os riscos e as expectativas a respeito do próprio processo de desenvolvimento tecnológico condicionam a escolha das estratégias de crescimento das empresas e os requisitos que estas devem procurar preencher em cada uma das subáreas — produção, investimento e inovação — a fim de manter a competitividade em face do mercado.

Existem três tipos de riscos que devem ser *a priori* analisados e que estão associados à firma, ao mercado e à tecnologia (Freeman, 1974). O primeiro diz respeito às informações imperfeitas que a empresa capta sobre o seu próprio negócio e à necessidade de tomar decisões baseadas nelas e de realizar a transição de uma situação para outra desconhecida.⁹ Esses riscos aparecem principalmente quando se faz necessário decidir que investimentos realizar e a que nível deve ser expandido o processo produtivo. Esses são endógenos à firma e não estão sujeitos a uma ação direta da política tecnológica. A melhor forma de minimizá-los seria adotar uma postura e rotinas organizacionais compatíveis com o PAC definido para a indústria. Se a empresa optar por uma estratégia ofensiva, no entanto, não existe opção e correr esses riscos é condição necessária para se auferir lucros extras no futuro.

Os segundos estão vinculados à lucratividade dos produtos nos mercados e ao domínio que cada firma tem sobre o seu processo de produção. Eles dependem não só da interação usuário-produtor, mas também da capacidade econômico-financeira das firmas para resistir à competição interindustrial. Em outros termos, os riscos de mercado são produto das expectativas de rendas futuras, do nível de vendas, dos custos operacionais e da elasticidade-preço do mercado. O problema é a incerteza resultante do não conhecimento da firma de como as suas decisões podem afetar as dos outros agentes e vice-versa.

Esse tipo de risco é externo à empresa e, portanto, sujeito à ação do governo e de sua política. Especificamente sobre a tecnologia,¹⁰ o Estado pode procurar diminuir essas incertezas pela garantia ou a imposição de mercados cativos às indústrias. Os instrumentos tradicionais utilizados são a reserva de mercado, barreiras alfandegárias, políticas de compra de empresas estatais e de outras instituições governamentais e o sistema de licenças e patentes. As firmas, por seu lado, podem também minimizar essas incertezas adotando uma postura agressiva, na qual programas contínuos de introdução de novos melhoramentos, redução de custo e aumento de produtividade façam parte do seu dia-a-dia. Uma política que busque inovações incrementais é o caminho para que as firmas mantenham o seu nível de competitividade no mercado.

O risco tecnológico é função, de um lado, do (des)conhecimento técnico necessário para se desenvolver um produto ou processo qualquer e, de outro, da obsolescência tecnológica precoce pelo lançamento, por outras firmas, de novos artefatos. Ele existe na medida em que a firma não tem como reagir às inovações radicais que podem provocar rupturas e desequilíbrios significativos no mercado.

Em outros termos, a obsolescência precoce de produtos e processos está relacionada com a taxa de inovações radicais das trajetórias tecnológicas. Para as trajetórias com elevadas taxas de inovação existe uma tendência do hiato técnico entre as firmas líderes e as suas seguidoras na indústria aumentar, enquanto para as com taxas menores essa pressão é sensivelmente menor. O risco, por sua vez, é resultado da possibilidade de a firma não conseguir recuperar os seus gastos de investimentos — devido à queda de suas vendas pela substituição dos produtos por outros de qualidade superior ou custo de produção inferior — e encontrar dificuldades para continuar operando.

A equação abaixo¹¹ ajuda a tornar mais claro o significado de como os custos de inovação podem influenciar e até mesmo impedir a entrada de novas firmas em uma indústria.

⁹Esses itens já foram discutidos no capítulo 1 como sendo os custos de informar, decidir e de transição.

¹⁰Deve-se observar que o Estado pode ter vários outros objetivos que não estejam diretamente relacionados com a política tecnológica — por exemplo, políticas antiinflacionárias —, mas ainda assim afetem os riscos de uma empresa no mercado e a definição de sua estratégia de sobrevivência e crescimento.

¹¹Essa identidade segue a proposta de P. Stoneman, *The Economic Analysis of Technological Change*, Oxford, Oxford University Press, 1983.

$$G = p.x - c.x - E/L',$$

onde G é o lucro;

p é o preço da mercadoria que incorpora a mudança técnica;

x é o nível de produção e igual a $s.M/p$;

s é a cota de mercado;

M é o tamanho total do mercado;

c é o custo de produção¹²;

E é o custo esperado para se introduzir a modificação tecnológica; e

L' é a expectativa de vida econômica dos novos equipamentos, ponderada por um fator de desconto.

Se a política de *mark-up* é seguida pela firma, a expressão final assume a forma:

$$G = s.M(1-m) - E/L', \quad \text{onde } m = c/p$$

A partir da equação acima, é possível verificar algumas das conseqüências do processo de inovação em diferentes regimes tecnológicos. Nesta, o lucro é positivamente correlacionado com a cota e o tamanho do mercado, com o *mark-up* praticado e com a expectativa de vida média de uso dos equipamentos, além de ter relação negativa com o custo de se introduzir a mudança técnica.

De início, quando uma inovação radical abre o mercado via um novo produto ou a utilização de nova tecnologia, a oportunidade tecnológica, medida como *proxi* da expectativa de lucro, é elevada. Ainda que os custos de produção sejam altos, a firma pode conseguir considerável vantagem se o valores de s e M forem suficientes para compensar os investimentos realizados. Na verdade, o seu impacto pode implicar uma desintegração parcial das estruturas oligopolistas existentes e potencialmente servir de base para o aparecimento de um novo oligopólio. Quanto maior for a diferença de conhecimento, de experiência, de adaptação do processo produtivo e da estrutura organizacional da nova trajetória *vis-à-vis* a anterior, mais alto será o efeito de desestabilização da indústria. Nesse sentido, a tecnologia pode funcionar efetivamente como barreira à entrada de outros competidores, à proporção que para a nova firma a extensão do seu conhecimento e especialização define as possibilidades de atuar nesse mercado.

Além disso, a tecnologia não se reduz apenas à sua dimensão material, mas inclui também aspectos relativos às informações e saberes públicos e tácitos. Em conseqüência, as incertezas revelam-se aqui, em um plano interno, em função da capacidade e experiência gerencial e técnica acumulada da mão-de-obra, e em outro externo, vinculadas ao produto das pesquisas e às informações disponíveis ao público em geral, assim como ao grau de educação da população. Os riscos e incertezas podem ser minimizados pelo crescimento do potencial interno de conhecimento da firma e pelo aumento dos gastos em educação e pesquisas científica e tecnológica¹³.

¹²Inclui o custo de uso do capital investido.

¹³O governo tem, por excelência, duas áreas de atuação. A primeira, seria a montagem de uma infraestrutura em pesquisa — seja por meio de suas próprias instituições ou de financiamento às empresas privadas — e de um sistema de informações o mais amplo possível. A segunda, estaria no desenho de uma política educacional compatível com as expectativas de progresso tecnológico para o país. Adicionalmente, como a maioria dessas incertezas são externas às firmas, o Estado pode reduzi-las, lançando mão de vários instrumentos, tais como: incentivos fiscais; regulamentação de normas e padrões; linhas especiais de financiamento de capital de risco e de subsídios à P & D; e importação de tecnologia. O objetivo básico seria permitir que as empresas diminuíssem as expectativas de custos existentes em setores de risco.

As várias organizações têm também condições iniciais distintas de funcionamento e diferentes capacidades cognitivas e de assimilação do conhecimento tecnológico, além de possuírem direitos de propriedade e caminhos próprios de acesso ao conhecimento público ou tácito de outras firmas. Em consequência, o custo dos ativos intangíveis que cada produtor deve possuir ou adquirir quando da obtenção de novas tecnologias vai influenciar de forma decisiva a competência e a diversidade do crescimento.

Vários autores têm chamado a atenção para o significado desses custos.¹⁴ Ainda que os conhecimentos técnico-científicos tenham uma dimensão pública e possam ser considerados "livres", sua assimilação não é realizada sem que a firma incorra em gastos diversos na tentativa de obter as informações necessárias. Outra fonte desses custos, conectada à experiência tácita de cada firma, diz respeito às diversas etapas de produção, gerenciamento, *marketing*, distribuição e vendas. As exterioridades podem transformar-se em um item significativo de gastos extras, à medida que características geográficas, distância dos fornecedores, sistema de transportes, facilidades para contratar operários, engenheiros e gerentes especializados, culturais e institucionais, taxas, impostos, subsídios, leis e regulamentos influenciam as firmas de formas distintas. Por fim, erros de avaliação do mercado e dos consumidores e a reação dos competidores fazem com que as firmas incorram em gastos adicionais que podem, às vezes, até inviabilizar novos empreendimentos.

A extensão do estoque de conhecimento de cada firma varia com o tempo, quando o *know-how* imprescindível e as especificidades do processo de produção tornam-se mais acessíveis e a assimetria no interior da indústria diminui. A manutenção de vantagens de monopólio depende da capacidade de a firma inovadora adotar a estratégia ofensiva, na qual a taxa de inovações radicais seja alta. Com isso não só se introduz "ondas de choque" no mercado, como também o custo das mudanças técnicas se mantém elevado. As exigências pela manutenção de parcelas do mercado fazem com que os esforços nas áreas de venda e propaganda, por exemplo, tenham de ser redobrados. Se a firma não tem habilidades técnica e financeira necessárias para adotar estratégias defensivas, sua posição deve declinar e sua importância e papel no processo de competição passam a ser apenas marginais.

Em outras palavras, a adoção de uma estratégia defensiva não é suficiente para superar completamente o hiato tecnológico¹⁵. Além disso, o próprio hiato tenderá a crescer continuamente em trajetórias com elevadas taxas de inovação e com uma esperança baixa de vida útil econômica do estoque de conhecimento da indústria, promovendo uma obsolescência precoce de produtos e processos. Como resultado, ainda que capital e tempo não sejam considerados como condições limites de contorno, nada pode efetivamente garantir que o hiato tecnológico possa ser superado. Neste contexto, apenas mediante o esforço para desenvolver as suas próprias inovações é possível para uma firma eliminar completamente suas diferenças tecnológicas com as empresas líderes da indústria.

¹⁴Ver, por exemplo, Tushman e Anderson (1986), Clark e Fujimoto (1989) e Utterback e Suárez (1993).

¹⁵Essa idéia reforça as observações da literatura especializada sobre o limite do aumento de produtividade por meio de esquemas *learning by doing*. Para um resumo dessa discussão, ver Teixeira (1988), e Erber (1983b).

Para finalizar, pode-se agora estabelecer as condições dinâmicas a partir das quais se verifica a dependência tecnológica como o resultado da incapacidade das firmas de acompanhar o ritmo de aparecimento de inovações e de transformação de uma determinada trajetória. Isto acontece dado que a firma não tem como enfrentar (ou pelo menos amenizar) os riscos tecnológicos e a superação pelos concorrentes de seus produtos e processos de produção. Nesse contexto, nem as condições estabelecidas por Dunning (1988) — garantia de uma alta apropriação dos retornos de cada ativo; a existência de vantagens sinérgicas na utilização de ativos secundários, quando do gerenciamento de estruturas mais complexas — são suficientes para garantir que a firma mantenha um programa de investimentos em P & D.

A expectativa sobre a vida econômica útil das inovações determina em que grau as firmas desejam investir capital, conhecimento e tempo na melhoria dos produtos por elas fabricados. Não basta adotar, portanto, uma estratégia defensiva ou conservadora. É preciso que as empresas, por meio de seu potencial intrínseco de conhecimento, criem condições para se adaptar à concorrência e às mudanças no seu horizonte de industrialização.

Em contrapartida, não existem mecanismos que evitem o desenvolvimento de inovações por outras firmas. Cada empresa não precisa adotar uma nova tecnologia se os seus equipamentos e produtos fabricados forem ainda economicamente aceitáveis no interior da indústria, ainda que existam processos de produção e mercadorias mais desenvolvidos. Em outros termos, tecnologias mais recentes devem "convencer" os empresários que o ganho de lucratividade compensará todos os riscos envolvidos na sua adoção.

A competição tecnológica deve ser compreendida como instrumento dinâmico e de influência a longo prazo sobre a capacidade de sobrevivência das empresas, em que o processo de substituição dos produtos não é instantâneo e as características tecnológicas de inventos concorrentes têm peso decisivo. Por exemplo, "a capacidade da indústria japonesa de semicondutores de superar os seus concorrentes americanos forneceu a base para uma intensificação das contribuições originais no setor de consumo eletrônico" (Freeman, 1988, p. 84) e a garantia, em consequência, de um domínio crescente do mercado mundial¹⁶.

A estrutura da fronteira tecnológica tem papel significativo nessa análise. As estratégias adotadas pelas firmas dependem do regime e da evolução das trajetórias tecnológicas, assim como do tempo envolvido na modificação da técnica empregada. Um crescimento acelerado depende da capacidade que cada firma tem de promover séries sucessivas de melhoramentos em um amplo espectro de tecnologias e de gerar exterioridades no maior número de atividades correlacionadas.

A competição tecnológica deve ser medida pela capacidade de adaptação da firma. A sobrevivência e, portanto, a competitividade é função da velocidade com que as firmas conseguem reagir às modificações de seu ambiente.¹⁷ Se a reação demorar muito, o

¹⁶O domínio das firmas japonesas sobre o mercado mundial evoluiu de 10%, em 1955, na trajetória de rádio transistor para 90%, em 1980, no setor de videocassete, cujas empresas foram responsáveis pelas principais inovações.

¹⁷"Competitividade é uma medida da habilidade de fabricantes em atrair e satisfazer os clientes. Definido o preço que um consumidor precisa pagar, um produto competitivo é aquele que responde às necessidades e expectativas dos clientes e tem valor equivalente para mercadorias alternativas

seu efeito pode ser nulo para a firma se novas exigências se apresentarem no horizonte da indústria. Em síntese, a competência econômica¹⁸ da firma em reagir às modificações impostas pela concorrência determina os termos pelos quais a sua participação no mercado e sua capacidade de competir se estabelecem e se mantêm.

Parte expressiva dessa competência reflete os mecanismos tácitos mediante os quais as informações são utilizadas e que são inerentes a cada agente. Por conseguinte, elas não são facilmente transferidas, promovendo ao mesmo tempo a eficácia de uma estrutura e das empresas que são parte integrante dela. Isto implica, primeiro, que conjuntos iguais de agentes podem formar estruturas distintas se eles têm arranjos diferentes; segundo, que associações semelhantes têm também capacidades desiguais se os seus membros não são os mesmos; por fim, se uma estrutura permitir que os seus componentes resistam melhor aos erros, provavelmente esta consentirá uma adaptação mais favorável do que aquela que pune com rigidez previsões em desacordo com o padrão de acumulação de capital da indústria.

A hipótese aqui delineada é a de que a dependência tecnológica refere-se a inexistência hoje da produção de produtos pela incapacidade (ou a impossibilidade) deles serem fabricados (ou seus substitutos) no futuro em um horizonte de tempo não definido. Isto significa, por exemplo, que se a firma não tem recursos financeiros, *knowhow* e capital humano para se manter atualizada com a contínua transformação que possa estar ocorrendo no interior da sua indústria, ela não se encontrará disposta a investir na fabricação de produtos, ainda que tenha todos os recursos para fazê-lo. Isto porque se estaria aceitando não apenas uma posição secundária e a produção de mercadorias defasadas tecnologicamente, mais também uma limitação do seu próprio horizonte temporal de sobrevivência.

Três conseqüências podem ser observadas: primeiro, a análise da dependência passa a ser restrita à(s) trajetória(s) de um setor industrial. A dependência será maior ou menor quanto mais alta for a expectativa sobre o aparecimento de novas inovações técnicas, e portanto maiores serão as condições de atraso tecnológico.

Segundo, a fonte da dependência tecnológica é externa à firma (e, portanto, ao país), ao inverso de sua outra face — a autonomia técnica —, que é interna. Não se deve, nesse sentido, confundir a implantação de indústrias com o domínio tecnológico do processo produtivo. A primeira não depende da última e pode até garantir que países e firmas, em períodos determinados, tenham acesso ao mercado externo e demonstrem

(...) Em um ambiente dinâmico e em mutação, a manutenção (ou alcance) da competitividade pode depender da resposta da firma em duas dimensões. A primeira seria a aptidão de introduzir as mudanças exigidas pelas necessidades e expectativas dos consumidores na renovação de um produto já estabelecido (...) A segunda estaria na capacidade de diversificar a linha de produção, desenvolvendo novos produtos que mais efetivamente poderiam ir de encontro às necessidades e expectativas anteriores." (Clark e Fujimoto, 1989, p. 15).

¹⁸Pelikan (1988) define competência econômica como o resultado de três componentes básicos: **capacidade alocativa**, que significa a força em decidir as quantidades e/ou preços dos insumos e das mercadorias vendidas e, ainda, escolher a técnica de produção; **capacidade associativa**, que está relacionada à destreza em promover, modificar, associar e sair de organizações; **capacidade de aprender**, as condições de operação anteriores. Em contrapartida, a competência técnica é a aptidão em desenvolver novos produtos e processos de produção no marco das variáveis físicas.

ter competitividade.¹⁹ O problema está em como mantê-la. Se o progresso técnico é gerado exogenamente, independente se existem situações em que a firma detém o *know-how* do processo produtivo mais atualizado, não se pode garantir que isto acontecerá no período seguinte. Para trajetórias com ritmo elevado de aparecimento de inovações é muito difícil que essa situação possa se manter por tempo indeterminado. Dependendo da renovação tecnológica (isto é, da taxa de inovações radicais) e das rotinas estabelecidas por cada firma, os investimentos em P & D e a obsolescência dos equipamentos elevam de forma significativa os custos, impondo barreiras efetivas à produção.

Por último, a dependência não é um fenômeno peculiar ao Terceiro Mundo, mas também pode existir em qualquer nação industrializada, uma vez que se segmenta pelas trajetórias. O que distingue um país do outro é a configuração e o número de setores em que a dependência está presente em cada um deles. Na verdade, a dependência tecnológica é uma característica geral, variando historicamente de país para país, de indústria a indústria.

Mas, ao contrário do que os teóricos da dependência supõem, esta não se reduz apenas às condições estáticas e estruturais resultantes da história de um país específico, em um determinado momento, *vis-à-vis* a divisão internacional do trabalho; significa, principalmente, a impossibilidade de se precaver das incertezas e dos riscos existentes ao longo do processo de evolução de regimes e trajetórias tecnológicas. O problema não está na ausência de fatores — capital, trabalho e informação — ideais, ou pelo menos suficientes, para o início, hoje, de um processo de produção qualquer, mas sim de que eles não se encontrarão disponíveis amanhã. Em outros termos, não é porque as condições presentes em um país não permitem o estabelecimento de indústrias competitivas, mas sim porque estas não serão capazes de fabricar produtos ainda por vir. A dependência não se encontra no passado, mas sim no futuro.

5. Conclusão

A proposta desse texto foi o de buscar uma definição do conceito de dependência tecnológica que considerasse as características dinâmicas dos processos de mudança das técnicas em uso. Um conceito analítico que considerasse a existência da incerteza, dos riscos e da seqüência cumulativa de inovações presentes no processo competitivo presente no desenvolvimento de regimes (e trajetórias) tecnológicos. Em outros termos, uma industrialização dependente é o resultado da impossibilidade que a maioria das firmas em um país encontra em acompanhar o ritmo e a velocidade das mudanças no sistema capitalista mundial.

A análise anterior procurou demonstrar que a dependência tecnológica é um fenômeno dinâmico essencialmente relacionado à incapacidade das firmas de manterem um programa de P & D competitivo com as mudanças futuras que deverão ocorrer em uma indústria. Em outras palavras, como a firma não tem condições de se adaptar às mudanças tecnológicas que ainda deverão ocorrer na indústria, elas preferem não produzir hoje para evitar perda futuras.

A partir dessa definição de dependência tecnológica é possível também se reavaliar alguns outros conceitos. O primeiro deles é o de competitividade que pode ser definido

¹⁹Para uma análise de como alguns países subdesenvolvidos conseguiram exportar tecnologia na forma de bens de capital e de serviços, ver Katz e Ablin (1978); Lall (1980).

pelo inverso do de dependência, ou seja, como a capacidade de uma firma de se adaptar totalmente a qualquer mudança ou transformação porvir que possa acontecer numa indústria. É claro que os dois termos aqui definidos – dependência versus competitividade como incapacidade versus capacidade total de adaptação – referem-se às situações limites teóricas, que não se encontram necessariamente na vida real. Mas assim definidos esses conceitos permitem não apenas uma visão mais integrada e ampla da posição de cada firma (ou país) numa indústria, como também de se compreender o significado da competição e da política tecnológica.

O que se pretende esclarecer é que ambos os conceitos referem-se a ações presentes cuja repercussão estará referida a um futuro ainda não definido. Por exemplo, ao contrário dos mecanismos de competição como preço e diferenciação de produtos, cujos efeitos dizem respeito a lucratividade atual das firmas, a competição tecnológica tem como objetivo estabelecer uma lucratividade num período de tempo porvir não totalmente definido. Da mesma forma, a política tecnológica, diferentemente da política industrial cuja preocupação maior está direcionada para metas de produção no curto prazo, deve ter como diretriz a tentativa de definir o que, quanto e como se estruturara a produção industrial no longo prazo.

Por fim, o entendimento das características dinâmicas da tecnologia é fundamental para a análise das transformações que possam estar ocorrendo na estrutura produtiva. A lição principal é que pensar tecnologia como questão teórica é pensar o futuro, descortinar as mudanças nas inter-relações dos agentes econômicos que podem acontecer, ainda que tudo isto baseado em um passado histórico.

BIBLIOGRAFIA

- ARROW, K.J. (1962), "Economic welfare and the allocations of resources for invention" in: *Economics of information and knowledge*. London, Penguin Books.
- ARTHUR, B.W. (1988), "Competing technologies: an overview" in: G. DOSI et alii (eds.) *Technical change and economic theories*. London/New York, Pinter Publishers.
- BURGELMAN, R.A. e ROSENBLOOM, R.S. (1989), "Technology Strategy: An Evolutionary Process Perspective". *Research on Technological Innovation, Management and Policy*, vol. 4, pp. 1-25.
- CLARK, K.B. (1985), "The interaction of design hierarchies and market concepts in technological evolution". *Research Policy*. Vol. 14. pp.235-51.
- CLARK, K.B. & FUJIMOTO, T. (1989), "Product Development and Competitiveness". Trabalho apresentado no seminário internacional sobre ciência, tecnologia e crescimento econômico. Paris, OECD.
- DOSI, G. (1981), *"Technology, Industrial Structures and International Economic Performance: An Assessment of the State of the Art and some Methodological Suggestions for Future Studies"*. Ad Hoc Group of Government Experts on Science, Technology and Competitiveness, DST/SPR/81 43, OECD. (mimeo.)
- DUNNING, J.H. (1988), "The eclectic paradigm of international production: an update and a reply to its critics" *Journal of International Business Studies*. Vol. 19, n. 1.
- ERBER, F.S. (1983), "Technological dependence and learning revised". Texto para discussão, no. 34, IEI/UFRJ.

- FREEMAN, C. (1974), *The economics of industrial innovation*. Harmondsworth, Penguin Books.
- GRILICHES, G.S. (1957), "Hybrid corn: an exploration in the economics of technological change". *Econometrica*. Vol. 25.
- KATZ, J. & ABLIN, E. (1978), "From infant industry to technology exports: the argentine experience in the international sale of industrial plants and engineering works". Working Paper no. 19. Buenos Aires, IDB/ECLA. Research Program in Science and Technology.
- KAY, N. (1988), "The R&D function: cooperate strategy and structure". in: G. DOSI *et alii* (eds.) *Technical change and economic theories*. London/New York, Pinter Publishers.
- LALL, S. (1980), "Developing countries as exporters of industrial technology". *Research Policy*. Vol. 9, no. 1.
- METCALFE, J.S. GIBBONS, M. (1985), "Technology variety and organization: a systematic perspective on the competitive process". in: BURGELMAN, R.A. e ROSENBLOOM, R.S. (eds.), *Research on Technological Innovation, Management and Policy*, vol. 4, pp. 1-25.
- METCALFE, J.S. e GIBBONS, M. (1989), The Diffusion of the New Technologies, a Condition for Renewed Economic Growth. Trabalho apresentado no seminário internacional sobre Science, Technology and Economic Growth. Paris, OECD.
- MONZA, A. (1972), "La teoría del cambio tecnológico y las economías dependientes". in: *Desarrollo Económico*. Vol. 12, no. 46, pp.253-278.
- PELIKAN, P. (1988), "Can the imperfect innovation systems of capitalism be outperformed?" in: DOSI, G. *et alii* (eds.) *Technical change and economic theory*. London/New York, Pinter Publishers.
- PEREZ, C. & SOETE, L. (1988), "Catching up in technology: entry barriers and windows opportunity". in: DOSI, G. *et alii* (eds.) *Technical change and economic theory*. London/New York, Pinter Publishers.
- SANTOS, T. (1970), "The structure of dependence". in: *American Economic Review*. vol. 60, no. 2, pp. 231-6.
- SCHUMPETER, J.A. (1982), A Teoria do Desenvolvimento Econômico. São Paulo, Abril Cultural. Coleção Os Pensadores.
- SOETE, L. (1981), "Technological Dependency: A Critical View", in D. Seers (ed.), *Dependency Theory: A Critical Reassessment*. London, Frances Pinter.
- TEIXEIRA, F.L.C. (1988), Desenvolvimento Industrial e Tecnologia: Revisão da Literatura e uma Proposta de Abordagem. Salvador, ISP/UFBA, mimeo.
- TUSHMAN, M.L. e ANDERSON, P. (1986), "Technological discontinuities and organizational environments". in: *Administrative Science Quarterly*. vol. 31. pp. 439-65.
- UTTERBACK, J.M. e SUÁREZ, F.F. (1993), "Innovation, competition, and industry structure". in: *Research Policy*. vol. 22, pp. 1-21.
- VERSPAGEN, B. (1991), "A new empirical approach to catching up or falling behind". in: *Structural Change and Economic Dynamics*. vol. 2, no. 2.