

Inovação tecnológica e ciclos de Kondratiev *

NATHAN ROSENBERG **

CLAUDIO R. FRISCHTAK **

O trabalho reexamina a tese schumpeteriana de que inovações tecnológicas estariam na base dos ciclos de Kondratiev, pondo em dúvida a validade histórica desta explicação. Nem Schumpeter nem seus seguidores conseguiram demonstrar que: a) o processo inovador teria precedência causal em relação à decisão de investimento; b) a adoção de novas tecnologias e a exclusão de outras seriam feitas em consonância com a duração das fases do ciclo de Kondratiev; c) os padrões de difusão tecnológica e ligação intersetorial levariam a variações nas taxas de crescimento agregado, de modo a prover os ciclos longos de suficiente amplitude; e d) tais movimentos seriam de natureza recorrente, seja devido ao caráter cíclico da introdução de grupos de inovações, seja pela existência de um mecanismo endógeno ao sistema econômico, que recriaria as condições de ocorrência do ciclo de Kondratiev.

1 — Introdução

Ninguém que tenha examinado a dinâmica das economias capitalistas no decorrer de longos períodos históricos pode duvidar de que elas experimentam significativas variações no seu desempenho agregado. A questão que se levanta neste trabalho é se estas variações de longo prazo são mais do que o efeito de uma soma de eventos aleatórios, exibindo um padrão de comportamento no tempo suficientemente regular de modo a serem denominadas de “ondas longas”. Em anos recentes ressurgiu o interesse sobre tais movimentos de

* Os autores desejam agradecer a Moses Abramovitz, Paul David, Albert Fishlow, Donald Harris e Sidney Winter por comentários e críticas relevantes.

** Da Universidade de Stanford.

longo prazo, dado que sua existência poderia oferecer uma explicação coerente para o fraco desempenho de economias capitalistas ao longo da última década.¹ Este interesse renovado também reflete a procura de caminhos alternativos que expliquem a natureza desequilibrada dos processos de crescimento das economias capitalistas maduras que não são captados pelo paradigma de Solow-Swan, já que este se refere à dinâmica de equilíbrio e estados de repouso em representações de um, dois ou mais setores da economia.

O estudo de ciclos econômicos de longa duração concentrou a atenção, inicialmente, tanto de escritores marxistas como de não-marxistas ao final do século passado.² Porém, foi o trabalho de Kondratiev (1925) que constituiu a primeira tentativa sistemática para confirmar tais movimentos com dados que incluíam não somente séries de preços, juros e salários, mas também comércio exterior, produção industrial e consumo para a França, Grã-Bretanha e (em menor medida) Estados Unidos. Kondratiev concluiu que os dados sugeriam a existência de ciclos longos com uma duração média de 50 anos, observáveis a partir de fins do século XVIII. Entretanto, ao formular a possibilidade de ciclos longos, Kondratiev (1979, p. 520) expressou-se com muito cuidado, chamando atenção para o fato de que a evidência histórica disponível continha menos de três ciclos completos e também dada a qualidade das séries de produção antes de 1850.

A hipótese de Kondratiev permitiu a emergência de duas linhas distintas de pesquisa histórica, uma centrada em torno da noção de um ciclo de preços (ou de juros) e outra tomando as chamadas ondas longas como um fenômeno expresso em termos reais. Entendidas como ciclo de preços, as ondas longas são alternativamente interpretadas como produto de forças reais ou monetárias, enquanto que, tomadas como flutuações em quantidades reais, tais evoluções

¹ É interessante notar, entretanto, que o pobre desempenho econômico na última década não esteve confinado às economias capitalistas, tendo-se transmitido aos países socialistas do Leste europeu.

² Entre aqueles que expressaram alguma confiança na existência de ondas longas estão Jevons (1884), Wicksell (1898), Helphand (1901), Cassel (1918), Van Gelderen (1913) e Wolff (1924). Para uma excelente bibliografia comentada sobre ondas longas, ver Barr (1979).

são vistas como efeito do processo de acumulação de capital, tal como em Kondratiev,³ ou de inovação tecnológica, como na tradição schumpeteriana.

Este trabalho não é uma tentativa de examinar a evidência histórica dos ciclos longos. Nós, de fato, a examinamos e concluímos que ela não é convincente. Embora os dados históricos pudessem, de forma concebível, emprestar alguma plausibilidade à noção de ciclos longos em preços, nós permanecemos, no presente, descrentes do caso que tem sido feito até agora para a presença destes ciclos em fenômenos reais — isto é, em termos de produção ou emprego (ainda mais que, mesmo com respeito aos preços, é improvável a existência de um ciclo longo durante o curso ascendente nos preços absolutos nesta última metade de século, apesar de mudanças drásticas nos termos de intercâmbio entre bens industriais e produtos primários).⁴

³ Como Kondratiev notou, quando discutia a causalidade de tais movimentos de longo prazo, "... a base material dos ciclos longos é o desgaste, substituição e expansão de bens de capital fixo que exigem um longo período de tempo e enormes gastos para serem produzidos. A substituição e expansão destes bens não se produzem suavemente, mas sim em saltos, outra expressão dos quais são as ondas longas da conjuntura ... O período de produção crescente de bens de capital corresponde à fase de expansão ... reciprocamente, a desaceleração deste processo causa um movimento de elementos econômicos em direção ao nível de equilíbrio ou abaixo dele. Deve ser enfatizado que o nível de equilíbrio muda, no processo de flutuações cíclicas, e desloca-se, via de regra, para um nível mais alto". Kondratiev e Oparin (1928, pp. 60-1), como citado por Day (1976, p. 76) e Garvy (1943, p. 208).

⁴ David e Solar (1977), na sua cuidadosa revisão das mudanças do custo de vida nos Estados Unidos para o período 1774/1974, identificaram de fato ciclos longos nas taxas de mudança de preços para o consumidor, com periodicidade variando de 36 a 60 anos. Entretanto, eles não encontraram qualquer contrapartida em termos reais para esses ciclos, aos quais atribuem como causa as guerras e as descobertas de ouro. De forma similar, Van Ewijk (1982), após empregar testes baseados em análise espectral para séries de preço e volume da Grã-Bretanha, França, Alemanha e Estados Unidos, confirma apenas a existência de ciclos longos em preços, porém não em volume. Em trabalho anterior, Van Ewijk (1981) também apresenta argumento empírico razoavelmente robusto contra a noção de ondas longas como um fenômeno em variáveis "reais". Para o trabalho que melhor articula empiricamente a existência de ondas longas de produção, ver Van Duijn (1983).

O que oferecemos aqui é uma tentativa de examinar a lógica econômica do conceito de ondas longas. Mais especificamente, perguntamos: que condições devem ser satisfeitas a fim de que o processo de inovação tecnológica gere ciclos longos no crescimento econômico de periodicidade postulada por Kondratiev e seus discípulos? Surpreendentemente, em vista do grau de interesse atual sobre o assunto, esta questão é raramente confrontada por defensores de ondas longas com suficiente rigor analítico. De fato, uma adequada ou mesmo plausível teoria de ciclos longos, baseada principalmente em determinantes tecnológicos, não existe presentemente, apesar de a *crença* em tais ciclos ser disseminada.⁵ É nossa opinião que uma tal teoria, que pudesse dar conta da presença de ciclos longos em alguma variável econômica real, teria de satisfazer um conjunto de exigências logicamente interdependentes. Discutimos estas exigências sob as quatro categorias de causalidade, sincronização no tempo, repercussões macroeconômicas e periodicidade.

2 — Causalidade

A primeira das exigências para uma teoria tecnológica de ciclos longos é uma clara especificação de causalidade entre os fatores associados a este fenômeno. Kondratiev insistia em que o capitalismo tinha os seus próprios mecanismos de regulação interna, e considerava o ritmo do ciclo longo como uma expressão destas forças. Os ciclos longos, como os chama Kondratiev (1979, p. 543), "... emergem de causas que são inerentes à essência da economia capitalista". O comportamento cíclico da economia capitalista, por sua vez, confirma as condições que são favoráveis à inovação tecnológica. Neste sentido específico, as atividades tecnológicas situam-se na posição de variáveis dependentes cujo volume e sincronização no tempo são determinados

⁵ Ver, por exemplo, Freeman *et alii* (1982), que está entre os melhores trabalhos contemporâneos sobre ondas longas, Van Duijn (1981 e 1983) e Mensch (1979).

por aquelas forças que condicionam o ritmo de desenvolvimento capitalista.⁶

Além disso, Kondratiev vê uma grande variedade de fenômenos econômicos e sociais como sendo endogenamente condicionados — não somente a inovação tecnológica, mas também as guerras, as descobertas de ouro e a entrada de novas regiões geográficas no vínculo mercantil com as economias capitalistas. Embora permaneça verdade que Kondratiev vê a mudança tecnológica como exercendo uma influência importante no curso do desenvolvimento destas economias, o ponto essencial, porém, é que estas mudanças são vistas como resposta a forças endógenas do capitalismo.⁷

⁶ O principal crítico acadêmico de Kondratiev foi Oparin, ainda que tivesse sido Trotsky quem estabeleceu os termos de boa parte do debate russo sobre as perspectivas da economia mundial. Trotsky afirma já em 1923 que "... para estes intervalos longos (de 50 anos) da curva capitalista, que o professor Kondratiev precipitadamente propõe chamar também de *ciclos*, seu caráter e duração são determinados não pelo jogo interno de forças capitalistas, mas sim pelas condições externas nas quais ocorre o desenvolvimento capitalista. A absorção de novos continentes e países pelo capitalismo, a descoberta de novos recursos naturais e, adicionalmente, fatores significativos de uma ordem 'superestrutural', como guerras e revoluções, determinam o caráter e a alteração de épocas de expansão, estagnação e declínio no desenvolvimento capitalista" — citado por Day (1976, p. 71). Está implícita aqui a idéia de que a distintos fatores de geração do crescimento econômico estão associadas diferentes fases do capitalismo. Assim, as ondas longas, se observáveis, iriam ou ser produto de fenômenos extra-econômicos ou de impulsos econômicos não sistemáticos (ou não recorrentes). Esta concepção parece estar na raiz da crítica dirigida a Kondratiev por seus colegas russos, que acreditavam que a noção marxista de evolução excluía a possibilidade de reprodução contínua de um modo de produção sem sua transformação qualitativa ao longo do tempo. A essência do argumento de tais críticos é que a dimensão qualitativa *domina* a quantitativa, uma proposição que nos levaria a olhar cada onda longa na sua singularidade, o que seria claramente incompatível com a idéia de um padrão recorrente para ciclos de longa duração.

⁷ Podemos acrescentar que, apesar das diferenças substanciais entre eles, alguns dos defensores atuais dos ciclos longos — Rostow (1975 e 1978), Mandel (1975 e 1981) e Forrester (1977 e 1981) — parecem concordar com a opinião de Kondratiev de que as inovações são, de alguma forma, disciplinadas e estruturadas por tais movimentos de longo prazo. Como propôs Forrester (1981, p. 328):

Schumpeter foi o principal e o mais influente articulista da opinião contrária — de que os ciclos longos são causados pelo processo de inovação. De fato, as idéias de Kondratiev foram trazidas à atenção dos economistas de língua inglesa primeiramente através do tratado de Schumpeter sobre ciclos econômicos, embora este autor sublinhasse um sentido de causalidade que contrastava com o de Kondratiev. Além disso, é a variante schumpeteriana da hipótese de ciclos longos, enfatizando o papel propulsor das inovações, que comanda hoje atenção mais ampla.

Na opinião de Schumpeter, a inovação tecnológica está no centro tanto da instabilidade cíclica como do crescimento econômico, com a direção de causalidade movendo-se claramente de flutuações em inovação para flutuações em investimento e daí aos ciclos de crescimento.⁸ Além disso, Schumpeter vê as inovações agrupando-se em

“Acredito que a onda longa influencie significativamente o clima para a inovação ... mas não vejo a inovação como causadora da onda longa ... ao contrário, vejo a onda longa comprimindo a mudança tecnológica dentro de certos intervalos de tempo e alterando as oportunidades para a inovação”. De modo similar, Mandel (1981, p. 334) também nega que “as inovações criem mais ou menos automaticamente uma onda longa expansiva”. Apesar de utilizarem-se regularmente de termos tais como “kondratievs” e “ciclos longos”, Rostow não tem o interesse centrado em movimentos agregados. O seu foco é consistentemente setorial, especialmente nas mudanças da composição do investimento. Sua ênfase está nas mudanças setoriais dos preços *relativos* entre agricultura e matérias-primas, por um lado, e produção industrial, por outro, mudanças estas que exibem um padrão de ciclo longo. Tais alterações nos termos de troca influenciam, obviamente, as taxas de lucro setoriais e, logo, os padrões de alocação de capital. Adicionalmente, Rostow rejeita a ênfase na inovação como o determinante principal das oscilações de preços, tanto agregada quanto setorialmente. É de se notar que Lewis (1978) é mais restrito no seu argumento sobre a existência de ciclos de preço, na medida em que examina somente o período 1870/1913. Além disso, para Lewis (e contrariamente a Rostow), o ciclo de Kondratiev apresenta-se principalmente em preços *absolutos*, os quais seriam “acompanhados por” mudanças nos termos de intercâmbio entre agricultura e indústria (p. 27).

⁸ Obviamente, a definição de inovação dada por Schumpeter foi muito mais ampla do que seu simples componente tecnológico, mas este ponto não é explorado aqui pelo fato de sua hipótese de onda longa ser baseada no aspecto tecnológico do processo de inovação. Ignoramos também a mudança considerá-

torno de certos pontos no tempo — períodos aos quais ele se referia como “vizinhanças de equilíbrio”, quando a percepção empresarial de risco e retorno justificava empenhos inovadores.⁹ Estes grupos de inovações, por sua vez, levam aos ciclos longos pela geração de períodos de aceleração (e eventual desaceleração) nas taxas de crescimento agregado.¹⁰ A razão *por que* as inovações concentram-se no tempo é obviamente crucial para uma teoria dos ciclos longos (iremos, portanto, retornar a esta questão brevemente). Mas é essencial enfatizar que, para se propor que a mudança tecnológica está na raiz do ciclo longo, precisa-se demonstrar que: a) as mudanças

vel na ênfase que apareceu na obra de Schumpeter (1942), que tendia a ver a inovação tecnológica de modo mais endógeno do que a opinião expressa no seu trabalho anterior [cf. Schumpeter (1939)].

⁹ Em que medida a inovação pode ser reduzida a um cálculo racional, baseado nas condições de mercado, é, sem dúvida, uma questão complexa. Schumpeter costumava enfatizar o papel da liderança social do empresário, especialmente o seu desejo de dar saltos em direção ao desconhecido e de empreender compromissos que possivelmente não podem estar sujeitos aos cálculos comuns de tomada de decisões de negócios. Assim, para Schumpeter (1939, Vol. I, p. 328), a construção da vasta ferrovia do oeste da América significou “... construir na frente da demanda, no sentido mais arrojado da expressão, e todos o entenderam assim. Os *deficits* operacionais para o período eram impossíveis de se estimar com qualquer acuidade, e faziam parte dos dados do problema”. Esta opinião foi questionada por Fishlow (1965, Cap. 4), que argumentou que o padrão de expansão de ferrovias no meio-oeste americano, anterior à guerra da secessão, é melhor entendido em termos de uma resposta às oportunidades existentes de lucro — o que é confirmado pelo fato de que as empresas ferroviárias lucraram, desde o começo, a uma taxa comparável com qualquer outro setor da economia.

¹⁰ Note-se que, no complexo tratamento que Schumpeter dá aos ciclos de Kondratiev, as ligações entre grupos de inovações e as fases do ciclo são mediadas pela variabilidade do grau em que os métodos de produção são de natureza indireta (na medida em que o tempo é essencial para a construção de novas estruturas e equipamentos) e pelas defasagens de gestação e absorção relacionadas à introdução de inovações no sistema econômico. Ademais, o esquema schumpeteriano implica que a produção de bens de consumo expande-se principalmente na recessão e recuperação, enquanto a produção de bens de produção o faz na recuperação e na prosperidade, de modo que a produção total aumenta em todas as fases do ciclo. Por outro lado, o nível de preço aumenta nas fases de prosperidade e cai na recessão.

na taxa de inovação governam as variações na taxa de investimento; e b) o impacto combinado de grupos de inovações adquire a forma de flutuações nas taxas agregadas de produção ou emprego.

Tais nexos causais não foram demonstrados na literatura neo-schumpeteriana. Vejamos o trabalho de Freeman *et alii* (1982), que temos como o melhor estudo sobre ondas longas naquela perspectiva. As condições que levam ao agrupamento e difusão de inovações básicas e mutuamente relacionadas, e que poderiam estar por detrás da fase de expansão de uma onda longa, são especificadas de forma pouco precisa. Os autores enfatizam “o papel dos avanços nas ciências básicas e das mudanças sociais, administrativas e organizacionais em deflagrar e facilitar grupos de invenções e inovações básicas” (p. X); “a fase da onda longa, avanços críticos na tecnologia” e suas “trajetórias naturais” como influência nos processos de agrupamento (p. 64); “ligações científicas, técnicas e econômicas” entre constelações de inovações amplamente adaptáveis (p. 64); e “uma mudança social que permita o mercado crescer rapidamente ou serem captados e investidos grandes volumes de capital” (p. 65).

Apesar desta longa lista de possíveis influências, não nos é deixado conhecer exatamente quais são as mudanças necessárias e suficientes que poderiam trazer uma rápida difusão de certo número de inovações básicas. Em outras palavras, não há um conjunto bem especificado de elementos que elucide a direção de causalidade entre as inovações básicas, o “nível geral de lucratividade e expectativas econômicas” e a difusão destas inovações sob a forma de uma grande quantidade de novos produtos e processos. De modo mais geral, não se encontra na literatura neo-schumpeteriana um tratamento não ambíguo de causalidade que estabeleça a precedência do processo de agrupamento de inovações sobre os gastos de investimento e os movimentos agregados da economia.

3 — Sincronização no tempo (*timing*)

O processo de inovação tecnológica envolve relações extremamente complexas entre um conjunto de variáveis-chave — invenções, inova-

ções, trajetórias de difusão e atividades de investimento. O impacto da inovação tecnológica sobre a produção é mediado através de uma sucessão de conexões que ainda têm que ser sistematicamente exploradas no contexto de ondas longas. Especificamente, as maneiras pelas quais as várias forças econômicas e tecnológicas podem influenciar a defasagem entre invenção e inovação, como também a velocidade do processo de difusão e o impacto no crescimento econômico, são insuficientemente apreciadas.¹¹ Uma teoria tecnológica de ciclos longos precisa demonstrar que estas variáveis interagem de uma maneira compatível com as exigências de sincronização no tempo peculiares a estes ciclos.¹²

Não basta argumentar que a introdução de novas tecnologias gera instabilidade cíclica. É necessário demonstrar por que a inovação tecnológica leva a ciclos com duração de quatro e meia a seis décadas, e longos períodos de expansão seguindo-se a períodos similares de estagnação.¹³ Obviamente, a responsabilidade de estabelecer tal conexão é dos proponentes da teoria dos ciclos longos. Nós, portanto, limitamo-nos aqui a um breve inventário de fatores estratégicos que poderiam determinar o período de tempo exigido para a introdução de novas tecnologias e seu pleno impacto sobre a produção agregada. Em particular, a existência de ondas longas supõe um período apropriado de difusão, o espaçamento (não-superposição) de tecnologias substitutas e a agregação de inovações complementares e dissociadas.

¹¹ Parcialmente por esta razão, normalmente se atribui tanta importância à especificação do ano no qual se considera como tendo ocorrido a invenção. Alguns destes pontos são tratados em Rosenberg (1976, Cap. 11).

¹² É interessante notar que, apesar de Schumpeter ter popularizado a noção dos ciclos longos no seu esquema de três ciclos, ele foi, entretanto, cuidadoso em afirmar que sua própria teoria não exigia ciclos da duração postulada por Kondratiev: "Não se pode por demais enfatizar que o esquema de três ciclos não decorre de nosso modelo — apesar de que a multiplicidade de ciclos o faz — e que a sua aprovação ou objeção não adiciona nem reduz o valor de nossa idéia fundamental, que funcionaria tão bem ou tão mal com muitos outros esquemas deste tipo" [Schumpeter (1939, pp. 169-70)].

¹³ Nesta discussão, examinamos o caso de uma economia fechada e, conseqüentemente, ignoramos as dificuldades adicionais que sobreviriam da transmissão internacional dos ciclos longos.

As invenções são tipicamente muito primitivas na sua gênese. O seu desempenho é normalmente pobre, quando comparado às tecnologias alternativas existentes e também ao seu desempenho futuro. Além disso, o custo de produção neste estágio inicial é provavelmente muito alto — em alguns casos, uma tecnologia de produção pode simplesmente ainda não existir, como é freqüentemente observado na maior parte das invenções químicas (náilon, raíom). Assim, a velocidade com a qual as invenções são transformadas em inovações e, conseqüentemente, difundidas dependerá da trajetória real e esperada da melhoria de seu desempenho e das reduções de custo.

Em primeiro lugar, este processo torna-se mais complexo pelo fato de que nos estágios iniciais, quando o desempenho é ainda muito modesto e os custos de produção são altos, mesmo as melhorias que levam a reduções significativas nestes podem ter um efeito pequeno sobre as taxas de adoção. Quando, por outro lado, o custo do novo produto atinge níveis próximos àqueles que prevalecem sob a tecnologia antiga, *pequenas* reduções adicionais de custo podem levar à sua adoção generalizada. Ou, neste ponto, mudanças relativamente pequenas nos preços de fatores podem alterar o equilíbrio em favor da inovação, dependendo de seu viés para poupar determinado fator de produção. Assim, pode haver um relacionamento não-linear entre o ritmo de introdução de melhorias num produto novo e suas taxas de adoção. Além disso, existe freqüentemente um longo período de gestação no desenvolvimento de uma nova tecnologia, durante o qual melhorias graduais não são exploradas porque os custos da nova tecnologia são ainda excessivos em relação à tecnologia anterior. Entretanto, à medida que se aproxima e se ultrapassa o nível crítico de custos, as taxas de adoção da nova tecnologia tornam-se crescentemente sensíveis à introdução de melhorias adicionais.

Em segundo lugar, como as decisões de inovação e investimento são orientadas em relação ao futuro e, portanto, envolvem inevitavelmente um alto grau de incerteza, as taxas de adoção e de difusão são também moldadas pelos padrões de expectativas, que em certos casos podem levar a um atraso prolongado no que tange à introdução de novas tecnologias. Isto poderia ser o resultado da incerteza relativa ao momento e ao significado de melhorias futuras na tecnologia que

se considera adotar, da disponibilidade esperada de inovações substitutas e das melhorias esperadas e reais ao longo da trajetória antiga.¹⁴ Em particular, tem sido muito comum que pressões competitivas geradas por uma tecnologia nova levem a melhorias substanciais na tecnologia antiga, de forma que a nova estabelece sua superioridade mais lentamente do que na ausência de tais forças.

Note-se, a este respeito, que aumentos significativos na produtividade e no volume de produção podem ocorrer ao longo de períodos relativamente extensos, na medida em que o produto passa por inúmeras modificações menores e por alterações de desenho. A máquina fotográfica, uma inovação de meados do século XIX, experimentou uma difusão notavelmente rápida nos anos posteriores à II Grande Guerra. A máquina de produção de papel Fourdrinier foi patenteada na Inglaterra e na França em 1799, e a primeira manufaturada em 1803. Apesar das inúmeras modificações, seus princípios básicos de operação permanecem os mesmos, e a máquina continua, 180 anos mais tarde, como a tecnologia dominante na manufatura do papel. Melhorias substanciais de produtividade continuam a ser obtidas no interior desta base técnica. Produtos utilizados de forma mais disseminada como o motor a vapor, o motor elétrico ou a máquina-ferramenta experimentaram uma proliferação de mudanças ao serem adaptados às necessidades de numerosos usuários finais. Na medida em que as inovações mais significativas variam relativamente ao período de tempo durante o qual elas permanecem importantes, em parte porque melhorias substanciais comumente ocorrem muito depois da sua introdução, torna-se altamente problemático o exercício de inferir um ciclo longo de Kondratiev a partir de uma inovação particular. Como se pode datar o ciclo longo associado com o motor a vapor? Começando com as invenções seminais de Watt nos anos 1770? O que se sabe sobre o ritmo lento de sua adoção nos fins do século XVIII faz com que isto seja extremamente duvidoso. Mas, adicionalmente, as melhorias associadas com o motor combinado trouxeram enormes incrementos de produtividade, suficientes para

¹⁴ Ver Rosenberg (1982, Cap. 5). Para uma análise do impacto da incerteza tecnológica sobre a atividade de investimento, ver Moene (1982, pp. 38-43).

introduzir o motor a vapor em novos e importantes usos — e isto veio um século após a contribuição de Watt. Como se data o impacto do avião? Foi aproximadamente 30 anos depois da primeira realização bem-sucedida dos irmãos Wright em Kitty Hawk que o avião teve um impacto comercial significativo — com a introdução do DC-3 em meados dos anos 30. Mas com a inovação subsequente do motor a jato, meio século depois do primeiro vôo, o impacto comercial do avião aumentou em pelo menos uma ordem de magnitude.

Pode-se dizer, é claro, que os motores combinado e a jato merecem, cada qual, ser tratados como inovações separadas, com contribuições a ciclos longos distintos. Não há nada de criticável, em princípio, em tal procedimento, se ele puder efetivamente ser empregado para fornecer uma explicação convincente do processo de mudança histórica.¹⁵ Por ora desejamos apenas afirmar que tal ainda não foi feito pelos defensores da noção schumpeteriana de ondas longas.

Em terceiro lugar, a adoção de uma nova tecnologia frequentemente depende da disponibilidade de insumos complementares ou, em alguns casos, de uma complexa infra-estrutura de apoio. Automóveis pressupõem uma extensa malha de rodovias, postos de gasolina e oficinas de manutenção e reparo. A lâmpada elétrica exigiu um amplo sistema de geração e distribuição de energia elétrica. Raramente novos produtos encaixam-se no sistema social existente sem algum período intermediário de acomodação, durante o qual tais sistemas complementares são estruturados. Isto não significa apenas um pesado compromisso para com a tecnologia estabelecida e uma razão adicional para uma *lenta* mudança inicial em direção à fronteira tecnológica. Também o período exigido para tais acomodações pode variar enormemente de uma inovação para outra.

Mesmo se as inovações mais importantes experimentam trajetórias de difusão apropriadamente longas e de configuração logística, com tecnologias passando por fases de crescimento acelerado e eventualmente esgotando-se, isto não implica necessariamente que a folga

¹⁵ Isto envolve reconhecer que, se insistimos em empregar na análise econômica analogias biológicas, tais como modelos de ciclo de vida, precisamos abrir a possibilidade de rejuvenescimento de indústrias maduras ou senis — qualquer que seja a plausibilidade de uma tal noção no domínio biológico.

na fase declinante de um ciclo individual não possa ser compensada por outras inovações, eliminando assim o impacto de uma longa fase de estagnação "setorial" sobre o desempenho agregado da economia. O que seria ainda necessário para um padrão cíclico de crescimento é que outras importantes inovações substitutas fossem excluídas até que a original tivesse cumprido o seu curso. Sem este mecanismo de espaçamento, inovações parcialmente superpostas poderiam gerar taxas de crescimento uniformes em lugar de ciclos.

Quais as forças tecnológicas que poderiam impor comportamento cíclico ao invés de estabilidade relativa da atividade econômica ao longo de alguma trajetória traçada por uma seqüência de importantes inovações substitutas? Nós já sugerimos três mecanismos que atrasariam a introdução e a adoção generalizada de uma nova tecnologia substituta: um custo diferencial de produção que possa ainda persistir entre a tecnologia antiga e a nova; certos padrões de expectativas tidos em comum por empresários no que diz respeito a melhorias em ambas as tecnologias; e os custos associados com o abandono e a substituição da infra-estrutura comprometida com a tecnologia antiga. Uma possibilidade adicional é que inovações básicas tendem a estabelecer certas trajetórias de avanço no desempenho e de redução no custo (maior número de circuitos num circuito integrado, menos quilos de carvão por kilowatt-hora de eletricidade). Engenheiros e pessoal técnico frequentemente trabalham com tais noções implícitas. Assim, o conhecimento destas trajetórias pode servir como instrumento que focaliza e fixa a atenção de engenheiros, de modo a obter aperfeiçoamentos que são considerados como disponíveis a partir da estrutura tecnológica existente, ao invés de procurar tecnologias inteiramente novas. Neste sentido, a alocação de recursos para a exploração de energia elétrica pode ter sido retardada por tempo considerável enquanto pareceu haver retornos elevados no aperfeiçoamento da tecnologia de força a vapor, assim como a opção pela energia nuclear somente foi seriamente considerada quando se cristalizou a percepção de que melhorias nas instalações de queima de combustível fóssil estavam-se aproximando da exaustão. De modo similar, o processo de procura que culminou na invenção do transistor iniciou-se com a insatisfação crescente pelas limitações de desempenho do tubo a vácuo.

Adicionalmente, pode-se esperar que estas trajetórias condicionem o sistema educacional e o treinamento de engenheiros e pessoal técnico. As forças inerciais podem reforçar aqui o compromisso com uma tecnologia existente e tornar mais difícil a exploração de novos domínios de possibilidades técnicas. Se tais trajetórias de fato desempenharam um papel importante no espaçamento de inovações é uma hipótese interessante sobre a qual existe, no presente, pouca evidência, mas que pode servir de suporte à noção de ciclos longos.

As razões até agora invocadas para atrasos substanciais na adoção de novas tecnologias, que poderiam produzir longos períodos de estagnação industrial, foram discutidas em conexão com as principais inovações *substitutadas*. Devem considerações similares de espaçamento ser estendidas a casos de tecnologias *não associadas*, assim como àquelas de natureza *complementar* que se desenvolvem ao longo de trajetórias diferentes?

No caso de tecnologias não associadas, a resposta, *prima facie*, seria não. Aqui é importante distinguir entre o impacto de inovações que competem com as tecnologias existentes numa dada indústria ou setor e as que não o fazem. Mesmo que se argumente existirem forças separando no tempo inovações no mesmo setor industrial, no sentido de que a chegada de uma nova tecnologia teria de esperar até que os benefícios da trajetória tecnológica prévia tivessem sido largamente exauridos, isto seria de limitada relevância para inovações básicas em *outras* indústrias. O fato de estarmos ainda numa porção altamente produtiva da trajetória do motor a vapor poderia, de modo concebível, nos dizer algo sobre o momento de introdução de inovações substitutas, tais como motores elétricos, mas pouco, ou nada, sobre a introdução de inovações dissociadas e sua subsequente difusão nas indústrias eletrônica, de fibras sintéticas ou de produtos farmacêuticos.

No entanto, a hipótese do ciclo longo poderia ser consideravelmente reforçada se um grande número de tais inovações tivesse as principais fases de seus ciclos de vida sincronizadas por condições macroeconômicas, ou seja, seu processo de difusão regulado pelas condições existentes nos mercados financeiros, de fatores e de produtos. Se favoráveis, tais condições poderiam levar a um simultâneo

“efeito explosivo” ao longo de várias trajetórias setoriais.¹⁶ O resultado seria uma agregação de inovações do tipo “M”, a somatória vertical de logísticas setoriais. Seu impacto tomaria a forma de um período de crescimento rápido em várias trajetórias, seguido eventualmente de uma desaceleração.

No caso de tecnologias associadas, uma razão adicional pode ser invocada para a sincronização de diferentes trajetórias de difusão: se ligadas por um sistema de “famílias” de inovações tecnologicamente conexas, compostas por aquelas de natureza complementar, induzida e estreitamente vinculada.¹⁷ Neste caso, interações de umas poucas tecnologias básicas proporcionariam o fundamento para outras mudanças tecnológicas, como numa série expansiva de círculos concêntricos. O agrupamento tecnológico, ou uma agregação do tipo “T”, emerge, portanto, quando uma ou um pequeno número de inovações básicas associadas fornecem a base em torno da qual um grande número de aperfeiçoamentos posteriores se posiciona. Vejamos com mais detalhes as razões *tecnológicas* que levam inovações a aparecerem em grupos, e não se distribuírem uniformemente no tempo:

a) Inovações engendram outras inovações se uma infla de modo significativo a taxa de retorno da introdução de outras, levando inovações que são conhecidas como tecnicamente viáveis, mas até então não atraentes do ponto de vista econômico, a serem adotadas. Além disso, existem pressões internas dentro de um sistema tecnológico que servem para proporcionar mecanismos de indução de um tipo dinâmico. A atenção e o esforço de engenheiros são orientados para problemas específicos pela sucessão variável de gargalos que emergem na medida em que a produção se expande. Mais geralmente, uma inovação leva a outras inovações no sentido de que fornece uma *estrutura* que possibilita conceituar, desenhar e trabalhar em várias tecnologias complementares e associadas.¹⁸

¹⁶ O “efeito explosivo” (*bandwagon effect*), de acordo com Schumpeter (1939, p. 100), é observado “... porque primeiramente algumas e depois a maioria (das) firmas seguem no rasto de uma inovação bem-sucedida”.

¹⁷ Sobre este último ponto, ver Freeman *et alii* (1982, Cap. 4).

¹⁸ Ver Kuznets (1972, pp. 437-8).

b) Inovações implicam investimento, na medida em que produtos e processos novos induzem à produção e atualização de máquinas e equipamentos, e supõem uma disponibilidade de infra-estrutura complementar. Além disso, a recíproca também é verdadeira: o investimento estimula a atividade inventiva e inovadora. É um incentivo para invenções, se estas são entendidas como uma resposta à alteração na intensidade de demanda e na taxa de retorno de suas diferentes categorias.¹⁹ Possivelmente mais significativo, o investimento em infra-estrutura, uma vez realizado, induz à introdução e adoção de inovações que se encaixam no aparato de suporte já existente. Assim que um sistema de distribuição de eletricidade estiver instalado para atender às exigências de iluminação residencial, o tempo necessário para atingir altas taxas de adoção numa variedade de outros bens de consumo duráveis movidos a eletricidade é consideravelmente reduzido.

O agrupamento tecnológico de inovações em torno de diferentes trajetórias de difusão deveria, portanto, ser considerado como corolário do fato de que certas inovações levam a outras inovações *diretamente*, pelo fornecimento de um quadro dentro do qual tecnologias complementares e associadas tornam-se possíveis, e *indiretamente*, seja através de suas ligações com o investimento, ou de conexões para trás com a atividade inventiva.

Até agora, mostramos que:

a) existem forças tecnológicas que podem levar a um comportamento cíclico em certas indústrias, onde inovações básicas viriam a se substituir umas às outras seqüencialmente no tempo;

b) parece também que existem razões de caráter tecnológico para que setores complementares venham experimentar flutuações comuns na atividade econômica (além das evidentes complementaridades técnicas na produção); e

c) existem razões macroeconômicas para que indústrias aparentemente não associadas tenham o ritmo de suas atividades sincronizadas ao longo do tempo.

¹⁹ Ver Schmookler (1966, *passim*).

Porém, a questão básica persiste: o espaçamento e a sincronização entre diferentes trajetórias de difusão, por motivos tecnológicos e macroeconômicos, seriam suficientes para que a economia apresentasse um padrão de ciclo longo no crescimento agregado?

Nossa avaliação é que os modos de argumento a nível estritamente tecnológico, enquanto potencialmente interessantes e merecedores de elaboração adicional, são de utilidade limitada para proporcionarem uma explicação convincente sobre a geração de ondas longas. A existência de ondas longas geradas por mecanismos de natureza tecnológica seria plausível somente se fatores macroeconômicos desempenhassem um papel dominante na sincronização da introdução de inovações. O começo de uma fase de expansão seria, portanto, caracterizado por um estímulo suficientemente grande a partir do processo de agregação "M" sobre o grupo "T" previamente posicionado. Em outras palavras, na fase inicial dos ciclos de vida da indústria as condições econômicas regulam, em larga medida, o estado de demanda na maioria dos setores, de modo que a introdução de novos produtos e processos tende a não ocorrer, a menos que o meio econômico seja conducente aos aumentos de gastos do consumidor e à atividade de investimento. Por outro lado, uma vez assim ativado, o ciclo longo é obrigado a se separar das oscilações de demanda que seguem as mudanças de curto prazo nas condições macroeconômicas e, ao invés disso, ser regulado pela dinâmica interna dos fatores tecnológicos. Tal autonomia poderia efetivamente ser observada uma vez que as novas indústrias superem sua fase inicial (experimental) e antes de atingirem a maturidade (quando as mudanças na produção estão novamente alinhadas com as de demanda agregada). Neste ponto intermediário, a disseminação de novos produtos e processos apresentaria um mecanismo de auto-sustentação, não somente na medida em que tais inovações tendem a se agrupar num padrão de realimentação e reforço mútuo, mas principalmente porque elas substituem e deslocam produtos e processos antigos. Em suma, elas criam um mercado para si mesmas em relação direta com o âmbito de substituição de bens maduros e pela capacidade de complementar outros produtos.

O efeito desta integração complexa entre fatores que pertencem ao domínio tecnológico e aqueles que são responsáveis por decisões de substituição no consumo e na produção pode levar, na maneira em que nós discutimos previamente, a períodos longos de crescimento e estagnação multissetorial, embora não exista razão para acreditar que produzam ciclos de duração de 45 a 60 anos. O que ainda há de se mostrar é a conexão entre tais fatores e as demandas derivadas e induzidas por capital e por bens de consumo, que seriam no seu conjunto responsáveis pelo impacto do processo de inovação sobre a economia como um todo.

Portanto, para se argumentar efetivamente a favor de um ciclo longo de caráter tecnológico, deve-se satisfazer uma exigência adicional: os grupos (*clusters*) de inovações têm que ocupar uma posição estratégica na economia em termos de ligações para trás e para frente, assunto da próxima seção.

4 — Repercussões macroeconômicas

Um passo essencial numa teoria tecnológica de longos ciclos é demonstrar o mecanismo através do qual certas mudanças na tecnologia exercem efeitos *consideráveis* no desempenho do conjunto da economia. A maior parte da literatura atual cita inovações específicas em associação com determinados ciclos históricos, porém sem tentar demonstrar como estas inovações, individualmente ou em grupo, poderiam exercer macroefeitos da dimensão exigida por um ciclo longo. A quantificação precisa, temos de admitir, é uma tarefa impossível não só por causa da natureza evasiva dos relacionamentos, mas também pelas exigências de dados que um tal exercício envolveria. Entretanto, para que o argumento seja persuasivo, ou mesmo plausível, algumas estimativas pelo menos das ordens de magnitude dos efeitos são indispensáveis.

O impacto das inovações tecnológicas no conjunto da economia precisa ser entendido tanto em termos da influência direta das

reduções de custo e da liberação de recursos para usos alternativos, quanto da força das suas ligações para trás e para frente:²⁰

a) Estas inovações teriam de estabelecer fortes ligações para trás, em termos de gastos em estruturas, máquinas, equipamentos e matéria-prima, de forma que as exigências decorrentes do investimento inicial levem a decisões adicionais de investimento no setor de bens de produção. Historicamente, esta segunda onda de investimento tem freqüentemente criado uma segunda onda de inovações, mais explicitamente orientada para tecnologias de processo e concentrada naquele setor. Deve-se notar, particularmente, que este último conjunto de inovações tem freqüentemente levado a aumentos de produtividade em setores afastados do *locus* específico em que se originou a atividade inovadora.

b) O impacto de inovações dependerá também da força de suas ligações para frente, que poderiam tomar a forma de uma redução no preço dos produtos nos quais a inovação entra como insumo, levando a uma expansão dos seus mercados e, portanto, também a uma aceleração da taxa de acumulação de capital, crescimento da produção e progresso técnico nestas indústrias. Estas respostas induzidas dependeriam do número de indústrias nas quais a inovação entra como insumo, das possibilidades de que venha a substituir outros insumos, da proporção dos custos totais que lhe cabem e da extensão das reduções de custo que ela acarreta sobre o produto.²¹ Porém, mais importante, as inovações podem induzir à criação e difusão de *novos* produtos e processos que, por sua vez, levariam à adoção generalizada da inovação original (o microprocessador é um exemplo recente). Alternativamente, o impacto dependerá da medida em que a inovação inicial prove estar no centro de importantes

²⁰ Menção também deve ser feita aos chamados "efeitos laterais" provenientes de inovações básicas e dos setores líderes que lhes correspondem. Esses efeitos, não detalhados aqui, tomariam a forma de: "infra-estrutura urbana; instituições financeiras e de comércio; e atividades de construção civil e serviços necessários para satisfazer as demandas daqueles empregados na nova estrutura industrial". Ver Rostow (1963, pp. 6-7).

²¹ Ver, a este respeito, Fishlow (1965), que é uma tentativa rigorosa e imaginativa de medir o impacto de uma única inovação no conjunto da economia.

“trajetórias naturais” (como o motor elétrico relativamente ao processo de eletrificação) ou, mais geralmente, em setores-chave da economia, tais como energia e transporte.

É, portanto, a localização estratégica que as inovações ocupam na economia, em termos de geração de investimento e indução de mudanças tecnológicas ulteriores, que nos pode indicar as possibilidades de levar a um tipo de crescimento que se conforma ao ciclo longo.²² Mas isto é particularmente difícil de se determinar, pois é característico que a inovação tecnológica conduza e seja acompanhada de novos padrões de especialização tanto pela firma como pela indústria, sendo portanto impossível compartimentalizar suas conseqüências dentro dos limites marshallianos convencionais de fronteira setorial, ou ler seu impacto diretamente de uma matriz de insumo-produto.²³

Os caminhos pelos quais as inovações oriundas de uma indústria constituem fontes de progresso tecnológico e crescimento de produtividade em outras indústrias desafiam uma fácil sintetização ou classificação. Em alguns casos, conexões relativamente estáveis emergiram entre uma indústria e seu fornecedor de bens de capital, e isto foi de importância decisiva para a taxa e direção do progresso técnico naquela indústria, como mostra a experiência de pós-guerra dos produtores americanos de alumínio. Em várias ocasiões a disponibilidade de metais novos e superiores, ou novas ligas, possibilitou em grande medida a realização de melhorias de desempenho e de produtividade para um número considerável de indústrias, como ferrovias, máquinas-ferramenta, geração de energia elétrica, motores a jato, entre outras.

²² O impacto econômico das inovações schumpeterianas que “fazem época” seria presumivelmente dependente das suas implicações espaciais, com consideráveis mudanças demográficas desencadeadas por tais inovações sendo acompanhadas por construção em grande escala e outras atividades subsidiárias. Deveria ainda ser demonstrado, é claro, por que tal processo levaria aos ciclos de periodicidade postulados por Kondratiev, ao invés de, por exemplo, a outros muito menores, tal como o postulado por Kuznets para o período anterior à I Grande Guerra.

²³ A análise de insumo-produto, entretanto, pode ser extremamente útil na estimativa de algumas das magnitudes relevantes. A discussão que se segue apóia-se, em parte, em Rosenberg (1982, Cap. 3).

Freqüentemente, uma inovação de fora do setor não somente leva a uma redução de preço, mas também possibilita o aparecimento de produtos ou processos novos ou drasticamente melhorados. Em tais circunstâncias, torna-se extremamente difícil sugerir medidas razoáveis do impacto de inovações desta natureza, pois que conduzem a oportunidades econômicas anteriormente inexistentes e tornam-se a base para expansão de outros setores industriais. Neste século a indústria química tem exercido um efeito maciço sobre a indústria têxtil (tida como “madura”) através da introdução de uma classe de materiais inteiramente nova — fibras sintéticas. O progresso técnico da indústria química cumpriu uma função similar no caso da indústria elétrica, onde desempenhou um papel crítico através da provisão de materiais refratários, isolantes, lubrificantes e de revestimento, além de prover metais de alto grau de pureza para uso em condutores. Porém, os efeitos das inovações da indústria química tiveram uma visibilidade relativamente limitada por causa da natureza intermediária da maior parte dos seus produtos.

Em suma, o fluxo interindustrial de novos materiais, componentes e equipamentos podem gerar melhorias generalizadas do produto e redução de custo em toda a economia. Isto foi no passado claramente o caso entre um pequeno grupo de indústrias de bens de produção — máquinas-ferramenta, produtos químicos, equipamento elétrico e eletrônico. Os compradores de tais bens experimentaram consideráveis melhorias em produtos e processos sem necessariamente efetuar qualquer despesa com pesquisa e desenvolvimento. Tal fluxo interindustrial de tecnologia é uma das características das sociedades capitalistas avançadas, onde inovações que fluem de umas poucas indústrias podem ser responsáveis por um impacto desproporcional no progresso técnico, melhoria da produtividade e crescimento da produção. É certamente concebível que a mudança tecnológica gere ciclos longos através de tais fluxos interindustriais e seus consequentes efeitos macroeconômicos. Porém, dadas as dificuldades de conhecer a natureza dos benefícios que fluem de cada inovação, e para onde exatamente dentro da estrutura econômica estes benefícios eventualmente afluem, isto pode no máximo ser visto como uma hipótese não testada até que tentativas sistemáticas de quantificação tenham sido empreendidas.

5 — Periodicidade

A exigência final para uma teoria de ondas longas baseadas em inovações tecnológicas envolve uma demonstração do caráter cíclico ou recorrente dos chamados “kondratievs”. De fato, não é suficiente mostrar que a direção de causalidade parte da inovação para o investimento; que os fatores econômicos e tecnológicos que determinam a adoção de novas tecnologias o fazem de maneira compatível com as exigências rigorosas de sincronização no tempo de um ciclo de Kondratiev; e que os padrões de difusão e de ligação interindustrial destas tecnologias envolvem uma amplitude tal que os ciclos longos são percebidos através de considerável variação nas taxas de crescimento agregado. Se o argumento pretende ser logicamente completo, há de se demonstrar também que as ondas se repetem ao longo do tempo, seja porque os fatores de geração sob a forma de grupos de inovações são eles próprios cíclicos (ou pelo menos recorrem com uma certa regularidade), ou porque existe um mecanismo endógeno ao sistema econômico que necessariamente e regularmente traz uma sucessão de pontos de inflexão.

Quais são as condições sob as quais os ciclos longos tornam-se uma necessidade histórica, no sentido de que existem razões estruturais para que uma onda longa siga outra?: a) a disponibilidade de uma oferta elástica de invenções num momento em que as combinações risco-retorno aparecem propícias para inovações; b) a formação de um grupo de inovações ao início da fase de expansão do ciclo, isto é, um conjunto tecnologicamente denso que passa por um processo rápido de difusão sob condições macroeconômicas favoráveis; c) a chegada a um ponto de inflexão superior do ciclo, tanto devido à crescente instabilidade macroeconômica como a forças que impedem a introdução de tecnologias substitutas; e d) o retorno da economia a um terreno tecnologicamente fértil, depois de um período de tempo apropriadamente longo, durante o qual as antigas trajetórias foram largamente exauridas e as novas não utilizadas.

Este esquema traz numerosos problemas. É difícil demonstrar que os kondratievs são regulados por mecanismos estritamente internos e que, no passado, fatores exógenos tiveram somente um efeito marginal sobre tais movimentos de longo prazo. Pode-se, de fato,

construir um argumento plausível de que a periodicidade dos grupos de inovação tem sido mais fruto de *acidentes históricos* do que de flutuações endogenamente geradas na taxa de inovação.²⁴ Além disso, nossa discussão anterior sobre sincronização no tempo põe em dúvida a possibilidade de recorrência a intervalos de 40 a 60 anos, mesmo que as inovações agreguem-se e tais grupos apareçam regularmente.²⁵

²⁴ Lange (1941), na sua revisão do livro de Schumpeter (1939), apesar de concordar com o argumento de que a periodicidade era uma possibilidade teórica, enfatizou que “existe séria dúvida acerca do fato de os kondratievs poderem ser devidamente chamados de ciclos. A explanação do Prof. Schumpeter em termos das três grandes ondas de inovação na história do capitalismo parece ser totalmente correta. Mas estas três ondas de inovação parecem ser mais da natureza de ‘acidentes’ históricos devidos a descobertas em tecnologia do que de flutuações regulares no risco de fracasso ... Schumpeter estendeu a teoria de ciclos de negócios, desenvolvida originalmente com referência aos juglars, de modo bastante mecânico para os kondratievs e kitchins” (p. 92). Ver também Kuznets (1940) para uma extensa crítica do modelo schumpeteriano de três ciclos, como apresentado em Schumpeter (1939), e seus comentários relativamente céticos sobre a periodicidade dos ciclos de 50 anos.

²⁵ Precisemos melhor este ponto. Se representássemos a estrutura da nossa economia e seu movimento ao longo do tempo por um sistema de equações diferenciais lineares, então um comportamento cíclico persistente seria obtido se uma das afirmações seguintes fosse verdadeira: a) a solução do sistema e as raízes complexas conjugadas têm módulo unitário, e os parâmetros estruturais são de magnitudes corretas de tal maneira a gerar ciclos de periodicidade e amplitude apropriadas; b) o módulo das raízes complexas são menores que a unidade (o movimento do sistema sendo fortemente amortecido), porém distúrbios aleatórios (não necessariamente correlacionados em série) geram um padrão cíclico, ou são neles combinados; c) o módulo das raízes complexas é maior do que a unidade (em cujo caso observamos um aumento de amplitude ao longo do tempo) ou o valor da raiz real positiva dominante é maior do que 1, porém a existência de pisos e tetos limita de modo cíclico o movimento da economia. Na medida em que as raízes características dependem de todos os parâmetros estruturais do sistema, apenas sua *especificação completa* seria suficiente para determinar a existência e o tipo de movimento periódico que ele é capaz de gerar. Nós não especificamos o modelo desta maneira, não somente por causa da complexidade da tarefa, mas também pelas dificuldades de excluir a possibilidade de ciclos de Kondratiev através deste tipo de exercício formal. Além disso, um exame mais detido dos dados poderia não ser conclusivo, mesmo se existissem séries de produção longas e confiáveis. Em particular, como Winter

Face à duração extremamente variada dos ciclos individuais de inovação, não se pode estar certo, observando a fase de expansão de um kondratiev, de que esta fase é uma consequência de um grupo de inovações recentes, ao invés da ação prolongada de inovações anteriores. Suspeitamos que isto seja um problema muito mais sério do que é geralmente reconhecido nas recentes tentativas de associar determinadas expansões cíclicas com inovações específicas que antecedem tais fases. A qualquer momento, as oportunidades de investimento geradas por inovações recentes são provavelmente pequenas comparadas com o conjunto de oportunidades tornadas disponíveis pelo avanço de melhorias e modificações em tecnologias mais antigas. Na nossa opinião, um hiato crítico no estabelecimento da periodicidade de um ciclo longo é a ausência de um mecanismo econômico que faça com que o sistema mova-se para cima a partir de seu ponto de inflexão mais baixo.²⁶ A tentativa mais substancial para preencher esta lacuna é o livro de Mensch (1979), originalmente publicado em alemão, em 1975, sob o título *Das technologische patt*. Mensch (1979, pp. 156-7 e 193-4) afirma que as inovações tendem a se agrupar durante depressões, mesmo que elas sejam desenvolvidas com base em conhecimento gerado num estágio anterior e ainda

nos lembrou, se a nossa economia é representada por um conjunto de equações dinâmicas não-lineares, mesmo os sistemas determinísticos simples podem imitar um movimento periódico por muitos períodos e daí mudar para outros tipos de movimento sem qualquer alteração de parâmetros ou choques para o sistema. Assim, a evidência histórica que pareceria sugerir um ciclo particular precisa ser interpretada com extremo cuidado.

²⁶ Kondratiev e Oparin (1928) tinham um tal mecanismo, mesmo que primitivo (nota 3 anterior). A depreciação e a subsequente substituição das formas mais duráveis e custosas de capital fixo estavam na base da explanação de Kondratiev sobre as ondas longas. Os bens de capital a que Kondratiev se referia eram "grandes fábricas, ferrovias importantes, canais, grandes projetos de melhoria agrícola, etc.", e o aumento súbito do investimento estava ligado à disponibilidade de grandes somas de capital de crédito, disponíveis na base do ciclo. Assim, o ponto de inflexão mais baixo seria atingido quando os níveis de taxas de juros fossem reduzidos pela acumulação de fundos por aqueles com rendas fixas e na medida em que o nível geral de preços declinasse. O ponto de inflexão superior ocorreria com a diminuição destes fundos e com a subsequente subida das taxas de juros, que levariam a uma redução do investimento.

que tais conhecimentos pudessem ter sido incorporados no passado em diferentes inovações.²⁷

Existem duas fontes de dificuldades com o argumento de Mensch para a aglomeração de inovações durante um período de estagnação e depressão: a natureza questionável da base de dados que ele emprega e o caráter inconclusivo do seu argumento econômico para o padrão de aglomeração que ele denota encontrar. Na identificação e fixação de datas de invenções e inovações, não existem ainda critérios satisfatórios cuja aplicação comande um consenso generalizado.²⁸ O problema é fundamental porque são somente certas peculiaridades da classificação de Mensch que lhe permitem dizer que "... até agora as indústrias ocidentais têm-se apoiado principalmente na vaga de inovações básicas que veio nos anos 30, e nos anos 50 e 60 poucas inovações básicas se desenvolveram sobre as quais nos anos 70 e 80 pudessem expandir-se" (pp. 30-1). Porém, não seria difícil compilar uma longa lista de inovações extremamente importantes que ocorreram nos anos 50 e 60, nas áreas de farmacêutica, eletrônica, computação, instrumentação, comunicações, energia nuclear, materiais (sintéticos ou não), etc. Lamentavelmente, as listas de invenções e inovações, e a fixação de datas apropriadas para marcar o seu aparecimento, permanecem notoriamente subjetivas e arbitrárias e não podem apoiar a estrutura do argumento de Mensch. Para invocar uma observação dele próprio: *tot homines, quot sententiae*.

O argumento econômico para a aglomeração de inovações está também longe de ser convincente. A opinião de Mensch é que a atividade inovadora é empreendida porque, na incapacidade de gerar lucros a partir de produtos mais antigos cujos mercados, no nadir

²⁷ Mensch (1979, p. 156) argumenta, por exemplo, que "... a maior parte das invenções básicas essenciais a serem aplicadas mais tarde na onda inovadora dos anos 30 era já bem conhecida por volta de 1925. Assim, vemos que o paradoxo de tecnologias não utilizadas existiu mesmo nos anos 20!"

²⁸ Para a maioria dos propósitos, Mensch, na sua amostra referente ao século XX, utiliza-se de um subconjunto das invenções listadas por Jewkes, Sawers e Stillerman (1969). Para uma cuidadosa crítica das fontes e usos de dados de Mensch, ver Freeman *et alii* (1982, Cap. 3).

do ciclo, se encontram saturados, o capital eventualmente volta-se para novos produtos. Assim, as circunstâncias adversas da depressão são percebidas por Mensch como proporcionando um impulso em direção às inovações que foram rejeitadas sob condições econômicas mais favoráveis no passado.²⁹

Não é, entretanto, fácil de ver como a própria adversidade econômica iria acelerar compromissos financeiros substanciais de longo prazo *antes* que o ponto inferior do ciclo fosse atingido. Ao contrário, pela lógica econômica e dadas as condições de uma depressão, pouco se pode esperar em termos de gastos desta natureza. Apesar de admitir-se que as percepções de risco possam tornar-se mais favoráveis, uma vez começada a fase de recuperação, é difícil ver como as condições encontradas na depressão poderiam proporcionar uma tal melhoria em percepção ou oportunidades concretas. Na realidade, as depressões tendem a tornar os empresários (como também as fontes de capital financeiro) exageradamente cautelosos, comprometendo recursos com propósitos de curto prazo que geram somente melhorias marginais na tecnologia existente. Esta prática, *a fortiori*, exclui grandes projetos dirigidos para uma reestruturação imediata da base técnica da firma de um tipo que exige longos horizontes de planejamento e uma avaliação favorável de risco. Ela *não* exclui o comprometimento de recursos com o desenho básico de novos produtos que, apesar de proporcionarem a base sobre a qual trajetórias tecnológicas inteiramente novas podem ser construídas, não produzem eles próprios efeitos macroeconômicos significativos. Despesas com P&D durante fases de estagnação (ou depressão) proporcionam, no máximo, a base tecnológica para o crescimento sustentado durante a expansão. Isto decorre do fato de que tais compromissos não levam necessariamente a investimentos em grande escala de um tipo associado com inovações básicas. As despesas com P&D deveriam, por-

²⁹ "No capítulo precedente para os 220 anos levantados, os resultados empíricos mostraram que saltos nas inovações básicas tecnológicas ocorreram depois que as economias tinham caído numa séria crise e passado por anos de depressão. A representação gráfica das flutuações da ação inovadora mostra que existe uma parada na atividade inovadora até o princípio das crises econômicas, e daí para frente a atividade inovatória se intensifica" [Mensch (1979, p. 138)].

tanto, apropriadamente, ser vistas como uma condição necessária mas *não* suficiente para a comercialização de novos produtos e a aplicação de novas técnicas de produção.³⁰ Outras condições têm de estar presentes, na forma de percepção aceitável de risco futuro e retornos por parte das firmas, antes que estas comprometam grandes volumes de recursos com a construção de nova capacidade produtiva.

Obviamente, a comercialização de alguns novos produtos envolve extensos períodos de gestação — por exemplo, jatos comerciais e sistemas de telecomunicação — e, mesmo para produtos bem estabelecidos, uma nova planta não raro exige longos intervalos para início de operação — por exemplo, uma usina convencional de geração de energia hidrelétrica. A decisão de proceder com tais projetos, em antecipação à demanda futura, pode implicar o seu início durante a fase de depressão. Isto é, entretanto, muito diferente da afirmativa de que a depressão é responsável pelo começo do novo empreendimento.

Adicionalmente, qualquer que fosse a lógica do argumento de Mensch com respeito à sincronização no tempo da introdução de inovações do produto, ela não se aplica às inovações de processo. Dificilmente estas últimas sofrem do fenômeno de *crowding out* que afetaria produtos novos durante o momento de prosperidade do ciclo. Pelo contrário, a depressão seria a fase onde investimentos que incorporam inovações de processo seriam *menos* bem-vindos e possíveis, pois, presumivelmente, as firmas já estariam sofrendo de excesso de capacidade produtiva e sobrelimitações financeiras. Aqui, novamente,

³⁰ O Relatório Charpic foi amplamente citado por sua sugestão de que despesas com P&D constituem somente uma pequena fração dos custos totais de inovações bem-sucedidas. De acordo com este relatório, numa "distribuição típica" a atividade de P&D representava de 5 a 10% do custo total da introdução de uma inovação, enquanto o desenho de engenharia representava de 10 a 20%, ferramental de 40 a 60% e custos para início de fabricação de 10 a 15%. Ver U. S. Government/Dept. of Commerce (1967, p. 9). Apesar de não haver base empírica para estes números e embora os números reais sem dúvida variem enormemente entre firmas e entre indústrias, é suficiente para os nossos propósitos declarar que as despesas com P&D podem ser, e freqüentemente são, somente uma pequena proporção do total dos custos de inovação.

é difícil entender a lógica econômica que apresentaria tais inovações como proporcionando o impulso para sair da depressão.

Assim, rejeitamos como economicamente não plausível e não substanciado o argumento de Mensch de que são as próprias condições da depressão responsáveis pelas inovações que irão levar à superação desta fase do ciclo longo. No caso específico dos anos 30, proporíamos que existiam numerosos outros estímulos. A perspectiva de hostilidades em grande escala na Europa (e eventualmente de guerra) concentrou as mentes em inovações de grande significado militar, pelo crescente compromisso de fundos governamentais com o desenvolvimento do motor a jato, radar e substitutos para materiais estratégicos escassos. As ciências biológicas e químicas abriram numerosas possibilidades específicas de inovação em campos tais como fibras sintéticas e compostos farmacêuticos. A difusão contínua de uma inovação "antiga", o automóvel, operou como um estímulo progressivamente poderoso não somente no setor, mas também num número de indústrias subordinadas tais como vidro, borracha, metalurgia e refinação de petróleo. Isto nos traz, num sentido, de volta à questão de causalidade, que entendemos muito mais complexa e multiforme do que a elaborada por Mensch.

6 — Conclusões

Aqui se tentou estabelecer as condições necessárias para que se demonstre que mudanças tecnológicas, em conjunto com fatores macroeconômicos, possam funcionar como elementos determinantes dos ciclos de Kondratiev. Tendo explicitado estas condições, também se argumentou neste trabalho que: primeiro, nenhum dos autores contemporâneos que trabalham no interior do paradigma neoshumpeteriano especificou de forma clara as ligações causais que conectam a inovação, o investimento e as taxas de crescimento agregado; segundo, o caráter complexo do processo de difusão no tempo, com seus determinantes tecnológicos e macroeconômicos, são tais que os requisitos impostos a uma teoria tecnológica do ciclo longo são extremamente severos; terceiro, a tarefa essencial de medir o

impacto de um conjunto de inovações básicas sobre a economia como um todo não foi levada ainda a termo por nenhum dos proponentes de uma teoria de ondas longas; e, finalmente, ainda está por se mostrar por que os fatores responsáveis por um kondratiev e seus pontos de inflexão devem ter um caráter recorrente.

Estamos, portanto, habilitados a concluir que a estrutura conceitual de um modelo de ondas longas no crescimento econômico, que tem no seu centro o processo de inovação tecnológica, não foi ainda adequadamente formulada. Para que a noção de ondas longas seja aceita, e sirva como modelo analítico útil para se entender mudanças temporais no capitalismo, há uma clara necessidade de se especificar de forma mais precisa e convincente sua base conceitual. Em particular, é necessário discutir a adequação teórica da idéia de que inovações básicas, ou aquelas que tenham capacidade ampla de difusão, em conjunto com o correlato fluxo de investimentos, são responsáveis pela geração dos kondratievs. Até que tal modelo seja desenvolvido, a determinação de sua validade histórica permanece não resolvida.

Fechamos este trabalho com uma nota cética, ou pelo menos com o crédito de “não provado”. Ao mesmo tempo, acreditamos que o caminho trilhado para chegar a esta posição foi importante para ampliar a percepção sobre a extrema complexidade das conexões que ligam inovação tecnológica, mudança estrutural e dinâmica de longo prazo das economias capitalistas avançadas.

Bibliografia

- BARR, K. Long waves: a selective annotated bibliography. *Review*, 4:675-718, 1979.
- CASSEL, Gustav. *Theoretische sozialökonomie*. Leipzig, C. F. Winter, 1918. [Uma tradução inglesa apareceu como *The theory of the social economy*. New York, Harcourt, Brace and Co., 1932.]
- DAVID, P., e SOLAR, P. A bicentenary contribution to the history of the cost-of-living in America. In: USELDING, P. *Research in*

- economic history*. Vol. II. Greenwich, Connecticut, JAI Press, 1977.
- DAY, R. The theory of the long cycle: Kondratiev, Trotsky, Mandel. *New Left Review*, 99:67-82, set./out. 1976.
- FISHLOW, A. *American railroads and the transformation of the ante-bellum economy*. Cambridge, Harvard University Press, 1965.
- FORRESTER, Jay. Growth cycles. *De Economist*, 125 (4) :595-643, 1977.
- . Innovation and economic change. *Futures*, 13:323-31, ago. 1981.
- FREEMAN, C., et alii. *Unemployment and technical innovation: a study of long waves and economic development*. London, Frances Pinter, 1982.
- GARVY, George. Kondratieff's theory of long cycles. *Review of Economics and Statistics*, 25:203-20, nov. 1943.
- HELPHAND, A. (Parvus). *Die handelskrise und die gewerkschaften*. Munich, M. Ernst, 1901.
- JEVONS, W. S. *Investigations in currency and finance*. London, MacMillan, 1884.
- JEWKES, J., SAWERS, D., e STILLERMAN, R. *The sources of invention*. 2.^a ed.; New York, W. W. Norton, 1969.
- KONDRATIEV, N. D. The long waves in economic life. *Review*, 4:519-62, 1979. [Tradução completa de The major economic cycles. *Voprosy Koniunktury*, 1:28-79, 1925.]
- . On the problem of major economic cycles. *Planovoe Khoziaistvo*, 8, ago. 1926.
- KONDRATIEV, N. D., e OPARIN, E. I. *Major economic cycles*. Moscow, Krasnaia Presnia, 1928.
- KUZNETS, S. Schumpeter's business cycles. *The American Economic Review*, 30 (2) :257-71, jun. 1940.

- . Innovations and adjustments in economic growth. *Swedish Journal of Economics*, 74:431-51, set. 1972.
- LANGE, O. Book review of Schumpeter's business cycles. *Review of Economics and Statistics*, 23:190-3, nov. 1941.
- LEWIS, W. A. *Growth and fluctuations, 1870-1913*. London, George Allen and Unwin, 1978.
- MANDEL, E. *Late capitalism*. London, New Left Books, 1975.
- . Explaining long waves of capitalist development. *Futures*, 13:332-8, ago. 1981.
- MENSCH, Gerhard. *Stalemate in technology: innovations overcome the depression*. Cambridge, Ballinger, 1979.
- MOENE, K. Timing of indivisible and irreversible projects: micro considerations related to the instability of investment activity. *Research Papers in Economics of Factor Markets*, 38, Stanford University, nov. 1982.
- ROSENBERG, N. *Perspectives on technology*. Cambridge, Cambridge University Press, 1976.
- . *Inside the black box: technology and economics*. Cambridge, Cambridge University Press, 1982.
- ROSTOW, W. W., ed. *The economics of take-off into sustained growth*. London, MacMillan, 1963.
- ROSTOW, W. W. Kondratieff, Schumpeter, and Kuznets: trend periods revisited. *Journal of Economic History*, 35:719-53, dez. 1975.
- . *The world economy: history and prospect*. Austin, University of Texas Press, 1978.
- SCHMOOKLER, J. *Inventions and economic growth*. Cambridge, Harvard University Press, 1966.
- SCHUMPETER, J. *Business cycles, a theoretical, historical and statistical analysis of the capitalist process*. New York, McGraw-Hill, 1939.
- Inovação tecnológica e ciclos de Kondratiev* 705

- . *Capitalism, socialism and democracy*. New York, Harper and Row, 1942.
- U. S. GOVERNMENT/DEPT. OF COMMERCE. *Technological innovation: Its environment and management*. Washington, D. C., 1967.
- VAN DUIJN, J. J. Fluctuations in innovations over time. *Futures*, 13:264-75, ago. 1981.
- . *The long wave in economic life*. London, George Allen and Unwin, 1983.
- VAN EWYJK, C. The long wave – a real phenomenon? *De Economist*, 129 (3) :324-72, 1981.
- . A spectral analysis of the Kondratieff cycle. *Kyklos*, 35 (3) :468-99, 1982.
- VAN GELDEREN, J. Springvloed – beschouwingen over industriciele ontwikkeling en prijsbeweging. *Die Nieuwe Tijd*, 18:254-77, 370-84, 446-64, abr./maio/jun. 1913.
- WICKSELL, W. *Geldzins und guterpreise*. Jena, G. Fischer, 1898. [Uma tradução inglesa apareceu como *Interest and prices: a study of the causes regulating the value of money*. New York, Augustus Kelley, 1965.]
- WOLFF, S. de. Prosperitats – und depressionperioden. In: JENSEN, O., ed. *Der lebendige marxismus: festgabe zum 70 geburstage von Karl Kautsky*. Jena, Thuringer Verlagsanstalt, 1924.

(Originais recebidos em abril de 1983. Revistos em setembro de 1983.)

Funções de oferta e de demanda das exportações de manufaturados no Brasil: estimação de um modelo simultâneo *

HELSON C. BRAGA **
RICARDO A. MARKWALD ***

Este trabalho representa uma tentativa de estimação simultânea de um modelo de oferta e de demanda das exportações de produtos manufaturados, com base em observações anuais correspondentes ao período 1959/81. O trabalho empírico é precedido de uma resenha crítica da literatura, visando sistematizar as tentativas precedentes e apontar as suas limitações. É apresentada também a estrutura analítica dos modelos de equilíbrio e de desequilíbrio, posteriormente estimados. Os resultados obtidos foram bastante satisfatórios, evidenciando a propriedade do enfoque adotado, o qual, além de permitir recuperar as elasticidades-preço, renda mundial e de utilização da capacidade, fornece algumas indicações sobre o processo dinâmico de ajustamento de preços e quantidades.

I — Introdução

Tradicionalmente, os estudos econométricos sobre as exportações de manufaturados no Brasil têm-se concentrado na estimação de funções de oferta, sem revelarem interesse especial pelo lado da demanda, que é suposta infinitamente elástica, com base na conveniente

* Os autores agradecem a Eustáquio J. Reis, Frederico A. de Carvalho, Pedro S. Malan e aos demais participantes de um seminário interno do IPEA/INPES, bem como a um leitor anônimo desta revista, pelas valiosas críticas e sugestões a uma versão anterior deste trabalho. Marcia P. P. A. Bigarel foi extremamente eficiente no apoio computacional.

** da FUNCEX e da FEA/UFRJ.

*** do IPEA/INPES e da PUC/RJ.