

Crise energética e a perspectiva de aumento da dependência tecnológica *

Adriano Batista Dias **

A análise desenvolvida identifica relação entre o processo de acumulação e o custo energético, apontando como a entrada na era dos custos crescentes de energia traz intensificação de sua substituição por capital. Os países centrais se movem na direção de dar mais ênfase à pesquisa e ao desenvolvimento voltados a gerar processos poupadores de energia do que a novos produtos finais, aumentando a intensidade da obsolescência do atual estoque de capital do mundo periférico, associado a processos intensivos no uso de mão-de-obra e energia.

As especificidades das economias periféricas as fazem diferenciadas quanto ao efeito de exposição à importação desta tecnologia da era dos custos crescentes da energia, gerada pelos países centrais, mas é sempre possível divisar políticas de investimento que as tornem mais robustas para enfrentar os problemas de renda e emprego provocados por esta nova geração de tecnologia. O Brasil tem condições de apresentar um bom retorno a investimentos em geração e adaptação de tecnologia, esperando-se que este país intensifique sobremaneira os esforços que vem fazendo na direção de produzir tecnologia adequada à constelação regional de recursos. Os recentes esforços de geração e adaptação de tecnologia no Brasil, ao mudarem substancialmente a pauta de exportação do país, demonstram alto grau de sucesso e dão fundamento à assertiva de sua capacidade de obter bons resultados, se se orientarem os esforços de geração e adaptação de tecnologia de forma a reduzir os impactos indiretos, via mudanças tecnológicas, dos novos e crescentes custos da energia.

1. Introdução; 2. O processo de acumulação e a orientação da evolução tecnológica na era dos custos descendentes da energia; 3. Oferta de energia e tecnologia: a entrada na era da escassez; 4. Demanda de energia e a evolução tecnológica: na entrada da era da escassez; 5. As novas técnicas e os periféricos; 6. O presente e as perspectivas brasileiras; 7. Conclusões.

1. Introdução

A perspectiva de esgotamento das reservas de petróleo, trazida à tona por um conjunto de interesses, e o próprio aumento do custo de extração fizeram irremediá-

* Trabalho apresentado ao XI Encontro Nacional de Economia, dezembro de 1983.

** Professor dos Cursos de Mestrado e Doutorado em Economia, Pimes/UFPE, e membro do Núcleo de Política Científica e Tecnológica da UFPE. O autor agradece observações de Cesare Galvan e de Jocildo Bezerra, permanecendo responsável pelas falhas que habitem o trabalho.

vel a predominância dos aumentos na tendência evolutiva dos preços do petróleo. A crise energética deslanchada em 1973 levou a energia a receber tratamento explícito como insumo de essencial importância à vida econômica, assumindo posição de destaque nas preocupações dos que estudam os fenômenos econômicos e até dos governos dos países periféricos que tomam o cuidado de incluir considerações sobre questões energéticas em seus programas e decisões. O encarecimento do petróleo — responsável no início da década de 70 por algo em torno de 40% da energia primária usada no mundo e cujo preço, comandado pelo custo de extração, regulava o preço e a extensão da utilização das demais fontes — ensejou, de um lado, a busca do uso de fontes alternativas às convencionalmente usadas e, de outro, um estímulo econômico para maior eficiência no uso da energia, o que traz à cena a importância da evolução tecnológica nos conseqüentes movimentos de ajustagem.

A evolução tecnológica, por sua vez, reabordada também recentemente, antes mesmo do espoucar da crise energética, voltou a ser incorporada ao conjunto de assuntos estudados pelos economistas, com a conscientização de que o progresso tecnológico não é um maná vindo do céu, mas é parcialmente ditado por forças econômicas.¹ O progresso tecnológico tem contribuído para a expansão do hiato que separa os países centrais dos periféricos e contribuído para o aumento de suas dependências. As próprias agências internacionais, preocupadas com a questão dos países periféricos em face do desenvolvimento tecnológico dos países centrais, estimularam o estudo da transferência de tecnologia e a promoção do desenvolvimento de aptidões de investigação nacionais.²

É interessante observar, todavia, que na literatura econômica recém-voltada às questões energéticas e tecnológicas há uma lacuna no que se refere às implicações para os países periféricos, decorrentes do efeito sobre a fração da evolução do estado das artes do conhecimento produtivo impulsionada pela “crise energética”. Este trabalho visa justamente se estender na direção da análise dos rebatimentos tecnológicos essenciais da passagem a uma era de crescente custo real da energia e seus reflexos sobre as economias periféricas, e de como o Brasil está se posicionando em face deste problema.

Considerações sobre a orientação energia intensiva do progresso tecnológico impressa pelo processo de acumulação das economias desenvolvidas são tecidas no item 2. No item 3 mostra-se como a entrada na era de escassez do petróleo é acompanhada de substancial complexificação da base técnica da indústria energética e mais ainda do planejamento energético. A força da indução à mudança tecnológica no lado da demanda da energia, principalmente via medidas de conservação de energia, é tratada no item 4. Os efeitos mais marcantes das mudanças consideradas nos itens anteriores sobre os países periféricos são mostrados no item 5. Em

¹ Kennedy & Thirwall (1972, p. 13).

² Uma breve e ilustrativa informação sobre a ação de órgãos internacionais, no sentido aqui colocado, publicada em trabalho amplamente divulgado no território nacional, pode ser encontrada em Figueiredo (1971, p. 20-32).

seguida, no item 6, o Brasil é trazido à cena, através de pontos notáveis de sua política energética, mostrando-se como há indícios de que ela contribua para expô-lo a maior dependência tecnológica no futuro, quando comparada com outras políticas alternativas. Finalmente, as conclusões se encontram no item 7.

2. O processo de acumulação e a orientação da evolução tecnológica na era dos custos decrescentes da energia

Um melhor entendimento da inter-relação entre aspectos energéticos e tecnológicos segundo os pontos essenciais chama a uma pequena digressão sobre o sentido da evolução do processo de acumulação na era dos custos decrescentes da energia.

No âmbito da macroeconomia neoclássica são estudadas relações entre investimento e crescimento econômico, de reclamada validade geral, onde como norma os aspectos tecnológicos estão longe de serem sequer mencionados.³ Mas, apesar do tão difundido alheamento por parte de eminentes autores, é elementar que não pode haver investimento líquido, com aumento do capital *per capita*, sem mudanças no quadro tecnológico. Por mudança no quadro tecnológico de um aparelho produtivo de um sistema econômico se está compreendendo desde uma simples alteração na proporção do uso de duas ou mais técnicas alternativas para a produção de um único produto, até a adoção de uma nova tecnologia, para produção deste mesmo produto ou de um produto novo (quer por geração, quer por transferência de tecnologia). Assim, ao se aumentar a intensidade relativa do uso de uma técnica mais produtiva, pode-se, através desta mudança tecnológica, aumentar o produto do homem *versus* hora sem adoção de técnica inovadora ou de geração de tecnologia e, quando só as técnicas de maior produtividade estiverem sendo usadas, esgota-se a chance de haver aumento de produto *per capita*, que então só poderá ocorrer com a adoção de outra técnica ainda mais produtiva em pelo menos um setor da economia. Mudança tecnológica é, portanto, um outro lado do investimento. Ora, o processo de acumulação é um processo de substituição de trabalho por capital, processo de aumento do capital acumulado por trabalhador. Como a continuidade do processo de acumulação das economias mais avançadas exige a geração de técnicas "capital-intensivas" num ritmo compatível com a criação de oportunidades de investimento produtivo, fica por elas determinado o sentido geral do progresso técnico dominante. E via transferência de tecnologia, as novas técnicas capital-intensivas vão sendo usadas também nos países periféricos.

³ Ver, por exemplo, Neher (1971). Nesta obra razoavelmente recente, há um interessante capítulo intitulado *Growth with technological change*, como se pudesse haver crescimento continuado sem mudança tecnológica. É uma boa expressão de como a Teoria do Crescimento não vê a necessidade de mudança tecnológica para haver crescimento continuado. Os trabalhos e *surveys* na área de macroeconomia também podem ser usados para confirmar o esquecimento. Ver, por exemplo, Feiwel (1983).

A exploração da substituíbilidade entre capital e trabalho, indispensável ao processo global de acumulação, foi acompanhada de uma relação válida para um largo período histórico: a da predominância do uso da complementaridade sobre o da substituíbilidade entre capital e energia. A evolução predominantemente decrescente do custo da energia que imperou dos primórdios da Revolução Industrial ao início da recente década de 70 contribuiu, a longo prazo, pelo rebaixamento dos custos de produção, para a intensificação do processo de acumulação de capital e, via orientação do progresso tecnológico, para a intensificação do consumo de energia primária. Preso para a utilização de energia mecânica com fins produtivos à captação de energia fluente na natureza, e conseqüentemente subordinada aos seus caprichos, que dada à tecnologia então usada faziam altos os custos, o homem sentiu-se liberado para uma utilização mais intensa de energia com o advento da máquina de Watt. Com ela o carvão mineral, que tinha restritos usos, teve seu custo de extração reduzido.

Assim, evitou-se a devastação do frágil estoque de biomassa do país líder da Revolução Industrial, então usado para a produção de calor, o que já começara a se tornar um estorvo ao seu processo de acumulação, e se permitiu o largo uso do carvão mineral como fonte de energia primária, abrindo-se amplo espaço para o progresso tecnológico substituir trabalho por capital e reduzir o custo do uso de energia mecânica nos processos produtivos.⁴

A apropriação da energia estocada sob forma de carvão mineral, pelo baixo custo, que permitiu a utilização de energia para fins produtivos, deu um grande incremento ao processo de acumulação e a história daí em diante passou a registrar um ritmo até então desconhecido de crescimento de capital acumulado e de crescimento concomitante do uso cada vez mais intenso de energia nos processos produtivos. Esta situação sofreu mudança para uma ainda maior intensidade de acumulação com o desenvolvimento de forma eficiente de uso de outra fonte de energia estocada: o petróleo.

Tendo apresentado um baixo custo de extração e possuindo por peso um conteúdo energético 30% superior ao carvão mineral de boa qualidade, o petróleo tem as vantagens de ser um líquido de razoável estabilidade química, com baixo custo de transporte e fácil manejo, e ainda de ser facilmente decomposto em combustíveis também fluidos, de alto conteúdo energético. A mecanização teve custo ainda mais rebaixado e, portanto, o processo de acumulação foi ainda mais acelerado pela ampla disponibilidade deste insumo energético de preço declinante. O petróleo, cujo uso pode-se dizer teve início no começo do presente século, tornou-se a fonte energética básica de todas as modalidades de transporte e responsável, já na década de 70, por algo em torno de 40% da energia primária usada no mundo. Mas como resposta ao primeiro choque do petróleo, de 1973, que quadruplicou seu preço internacional, e também pelo segundo, de 1979, que

⁴ Uma síntese de aspectos fundamentais do desenvolvimento em séculos passados com destaque nos aspectos energéticos é feita por Bernal (1973).

expandiu novamente seu preço internacional na mesma ordem de grandeza, houve uma redução do nível de consumo de seus derivados por unidade de renda real e um conseqüente ajuste relativo ao nível de atividade econômica nos países importadores. Estes ajustes, que se distribuíram entre os países segundo diferentes hiatos,⁵ não tiveram suas dimensões reduzidas pelo aparecimento de nenhum sucedâneo à altura.

3. Oferta de energia e tecnologia: a entrada na era da escassez

O aumento sofrido na década de 70 e o perfil temporal dos preços do petróleo, marcado por uma irrevogável predominância de tendência ascendente no longo prazo, não só expandirão o uso das demais fontes convencionais como terminarão por trazer a abertura para sua competição par a par com diferentes e variadas fontes alternativas substitutivas.

Na era do baixo custo do petróleo, o carvão, o gás natural, as madeiras e a energia hidráulica repartiram basicamente com ele o suprimento de energia primária.⁶ Estas cinco fontes de energia primária estavam relacionadas com grande homogeneidade em cada um dos respectivos insumos básicos usados nos processos de conversão de energia, o que fez da engenharia que dá suporte técnico à oferta atual de energia algo razoavelmente simples.⁷

As fontes não-convencionais de energia fóssil, petróleo pesado, areias petrolíferas e xisto betuminoso, cujo nível de custo de extração do petróleo contido é alto, são chamadas, no decorrer do processo de aumento do custo do petróleo convencional, a ocupar um espaço entre as fontes de energia primária efetivamente usadas, mas não demonstram por si só maior complexidade tecnológica que as atuais fontes convencionais. Há também processos de captação de fluxos de energia, como a conversão de energia solar, energia eólica, das ondas e das marés em energia elétrica e a utilização da energia geotérmica, que se constituem em fontes alternativas de razoável simplicidade tecnológica. Mas mesmo os de maior simplicidade, por requererem conhecimento específico, contribuem para tornar mais complexa a base técnica da obtenção de energia e de sua utilização nas atividades produtivas em geral. E há ainda a energia da biomassa, igualmente de aparente simplicidade,⁸ mas cujo efetivo emprego repousa na utilização de conhecimentos científicos não demandados para a base técnica convencional da oferta

⁵ Entre os motivos que proporcionaram diferentes hiatos na resposta ao aumento do preço do petróleo estão as diferentes capacidades relativas de, via empréstimo internacional, os países manterem o ritmo de importação de petróleo.

⁶ Segundo ordem de importância decrescente, como em Eden et alii (1978).

⁷ Pode-se alegar que a base técnica da utilização da energia nuclear, via fissão, pode ser uma exceção à regra, pela sua complexidade, onde abundam problemas técnicos não-resolvidos. Porém, como visto, sua participação na oferta de energia, a nível mundial, é insignificante. Ver Eden et alii (1978).

⁸ Um exemplo desta apenas aparência de simplicidade onde se explora a abertura de um grande leque de alternativas tecnológicas com diferentes efeitos sócio-econômicos de diferentes formas de utilização da mandioca como insumo energético é trazido por Sicsú & Lima (1981).

de energia, como a genética e a engenharia genética, para o melhoramento de espécies vegetais e o desenvolvimento de microrganismos mais eficientes além do conhecimento tecnológico voltado ao desenvolvimento de processos mais econômicos, e possivelmente mais complexos que os atuais, para a produção de combustíveis líquidos alternativos aos derivados do petróleo atingir níveis de eficiência substancialmente maiores que os obtidos no presente.

A continuidade do aumento dos custos do petróleo e, por decorrência, das demais fontes convencionais de energia primária faz a fissão nuclear ter custos competitivos do ponto de vista privado, para os reatores térmicos e quiçá para os reatores rápidos, de ainda maior complexidade tecnológica. Especialistas estimam em cerca de 13% a percentagem de energia primária obtida em reatores nucleares por volta do fim deste século,⁹ embora a tecnologia da fissão nuclear seja tão complexa que, apesar de duas décadas de funcionamento de usinas nucleares comerciais, ainda não foram solucionados importantes problemas tais como o desenvolvimento de forma adequada de "sucatar" as usinas nucleares e forma segura de acondicionar os resíduos da utilização do "combustível" nuclear, gerando impossibilidade de se obter avaliação dos custos sociais do uso desta fonte primária.¹⁰ E a possivelmente promissora fusão nuclear, quase inesgotável fonte de energia, dada a abundância do "combustível" usado, representa instância de tal complexidade tecnológica que permanece em estudos a nível de laboratório, onde se continua tentando obter formas práticas de extrair mais energia do que se injeta no reator, em meio a um processo que desenvolve temperaturas solares,¹¹ e os otimistas esperam que seja economicamente viável daqui a meio século.

Vê-se que a resposta ao substancial aumento do custo da fonte de energia primária de maior peso atual termina por tornar complexa a base técnica da oferta de energia, quer pela inclusão de fontes associadas à tecnologia de alta complexidade, quer pela simples expansão do espectro de tecnologias que serão chamadas a compor essa base técnica.

Também na profunda ampliação das "conseqüências para trás" a ampliação da gama de técnicas de conversão de energia faz nascer uma situação nova. O alar-

⁹ As incertezas dos cenários econômicos e dos cenários energéticos tomam grande a variância das projeções dos diversos autores. Reconhecendo explicitamente que as projeções de utilização de reatores nucleares de potência apresentam quantidades de energia ofertadas no ano 2000 tão menores quanto mais recentes, Eden et alii (1981) estimam em algo entre 12% e 14% a participação da energia nuclear entre as fontes primárias no ano 2000.

¹⁰ Com a conscientização deste problema "está claramente definida a *suspeita geral* preliminar que paira sobre o uso da energia nuclear" (Galvan, 1983).

¹¹ Espera-se para 1985, no gigantesco reator experimental Tokamak, construído em Princeton, que se atinja o ponto de equilíbrio: igualdade entre a energia produzida e a usada para o processo de fusão. Daí a se atingir um estágio de rendimento energético positivo, que seja economicamente viável, há um longo caminho a percorrer, envolvendo pesquisas sobre materiais estruturais, sobre engenharia de sistema, equipamentos de transporte etc. Pesquisa reservada, pelo seu alto custo, às economias desenvolvidas gigantes. Ver National Science Foundation (1981, p. 751-2).

gamento do conjunto de opções efetivamente empregadas — onde se encontra competindo efetivamente maior número de fontes primárias, em situações largamente diferenciadas, com dependência de um grande número de variáveis, algumas até fora do controle humano (como o grau de aleatoriedade da produtividade anual das culturas de biomassa energética), com níveis e tipos de externalidade amplamente variados caso a caso (especialmente quanto aos efeitos ecológicos), com diferentes graus de competição entre os recursos existentes, com diferentes dependências da mão-de-obra e diferentes implicações sobre a sociedade — faz galgar a um novo patamar o grau de complexidade das inter-relações entre o sistema de oferta de energia e o restante do sistema sócio-econômico, o que seguramente se reflete numa profunda complexidade do planejamento energético.

4. Demanda de energia e a evolução tecnológica: na entrada da era da escassez

Outra consequência do significativo aumento do custo real de energia é que, qualquer que seja a ordem econômico-social que se tenha em mente, torna-se necessária substancial redução do consumo de energia por unidade de produto: a questão da “conservação da energia” assume magna relevância.¹² Nos países mais desenvolvidos, onde existe maior atenção para com a eficiência no uso dos recursos escassos disponíveis, já se está, inclusive, em vias de se esgotar a primeira fase da era da conservação de energia, aquela que se pode chamar de “ajustar o termostato”. A tecnologia convencional é empregada para as ajustagens devidas, referentes principalmente a regulagens e mudanças de forma de manuseio dos equipamentos em uso corrente, com ou sem a instalação de sistemas automáticos de controle. Pode-se estender o sentido desta primeira etapa também a modificações marginais nos equipamentos, como a adição de regeneradores de calor e como correções da espessura do sistema de isolamento térmico, adequando-a aos novos preços da energia. Esta fase, porém, já foi praticamente esgotada nos países desenvolvidos, ocasionando uma redução, entre 1973 e 1979, de 9% no consumo de energia por unidade de produto nos EUA.¹³

Hoje, os desenvolvidos entram na segunda fase da conservação de energia. Trata-se de voltar o desenvolvimento tecnológico para a geração de equipamentos de produção e processos adequados, desde a concepção inicial, ao novo patamar e ao incerto mas de tendência inequivocamente ascendente perfil de evolução temporal dos custos energéticos.¹⁴ Esta segunda fase tem sua velocidade limitada pela obsolescência dos equipamentos industriais atualmente em uso e pode tomar 30 a

¹² Em que pese a expressão “conservação de energia” ser de aplicação discutível, seu uso se fez generalizado e foi aqui empregado por ser de sentido plenamente entendido.

¹³ U.S. Government (1981).

¹⁴ Ver Grover (1981).

50 anos até que perca seu impulso inicial.¹⁵ Seus efeitos sobre o consumo de energia por unidade de produção são muito mais extensos que os proporcionados pela primeira fase. Basta ver que, reprojetoando um equipamento hoje em uso, de forma subordinada aos meios disponíveis quando de seu projeto original, mas levando em conta os atuais e prospectivos custos relativos das diversas formas de energia (entre si e em relação aos demais insumos), há margens para forte substituição entre tipos de energia e para redução do consumo de energia como um todo.¹⁶

O desenvolvimento de materiais de construção mecânica de menor requerimento energético para sua produção,¹⁷ de lubrificantes especiais que reduzem o gasto energético de funcionamento de sistemas de transmissão de energia mecânica cinética;¹⁸ de microprocessadores que permitem o uso econômico de sofisticados sistemas de controle mesmo em pequenos sistemas utilizadores de energia,¹⁹ são exemplos de desenvolvimento tecnológico voltados a abrir margens para a redução dos gastos energéticos por unidade de produto via redesenho do estoque de capital atual. A importância desta segunda fase pode ser apreciada quando se volta a atenção para estudo do Departamento de Energia do governo norte-americano, onde se estima que a substituição dos equipamentos hoje em uso por equipamentos projetados com atenção aos novos custos energéticos, adequados à nova situação dos preços do petróleo, será suficiente para reduzir à metade o consumo de energia primária do parque industrial dos EUA, mantido o presente nível de produção.²⁰ Tal incentivo à mudança tecnológica vem de ocorrer exatamente num momento do desenvolvimento científico e tecnológico em que "casual evidence suggest that we are not in the midst of a technological impasse. Microelectronics, biotechnology, new industrial material, among others, have opened up new wide avenues for technological development and are continuing to do so".²¹

Está formado, portanto, um quadro favorável a uma reorientação do desenvolvimento tecnológico que caracterizou a era dos custos decrescentes de energia. Tal orientação, que já era reclamada mesmo antes de o mercado sinalizar o fim

¹⁵ A duração do período e o curso evolutivo da reposição certamente dependem, por um lado, da incerta trajetória dos preços do petróleo e, por outro, da própria evolução do ciclo econômico de longo prazo, os quais guardam, entre si mesmos, um razoável grau de interdependência.

¹⁶ Trabalhando-se projetos mais cuidadosamente estudados, pode-se, por exemplo, reduzir o peso de estruturas, mesmo sem modificação do tipo de material de construção empregado; menores tolerâncias no projeto de construção de componentes críticos de equipamentos podem aumentar sua vida útil e reduzir os custos energéticos de operação e manutenção etc. Assim, "the use of light weight structural designs is being pursued as a fuel saving device" (National Science Foundation, 1981. p. 777).

¹⁷ Os plásticos são cada vez mais usados em substituição aos metais.

¹⁸ Akin (1981).

¹⁹ Eden et alii (1981).

²⁰ Ver Grover (1981).

²¹ Giersch & Walter (1983, p. 41).

desta era,²² toma contornos mais nítidos após a mais que decuplicação do preço do insumo, responsável por quase a metade da energia primária consumida no mundo. Concordando com Koopmans que o principal meio de adaptação aos novos custos da energia sejam mudanças no tipo e composição dos equipamentos, no momento de reposição ou até mais cedo,²³ pode-se concluir que o significativo aumento no custo da energia contribuirá para alterar o balanço que a prática havia sedimentado entre o esforço de pesquisa e desenvolvimento orientado para “produtos novos”²⁴ e o orientado para processos novos.²⁵ A geração de bens de capital e o desenvolvimento de processos de produção mais adequados à era da energia, enfatizando a exploração dos caminhos de substituíbilidade entre capital e energia, e iniciando um período de intensa substituição de equipamentos que foram tomados economicamente menos eficientes deverá ser a resposta de ajuste à entrada na nova era.²⁶ E enquanto na dinâmica do processo de acumulação das economias mais adiantadas os acréscimos de capital tiverem acentuado uso substitutivo em relação à energia, este movimento substitutivo concorrerá para diminuir a velocidade de crescimento da relação capital/trabalho, com possíveis reflexos negativos na taxa de crescimento do produto,²⁷ mas com contribuição líquida positiva para o nível de emprego nestas economias mais desenvolvidas.

5. As novas técnicas e os periféricos

O traçado quadro do rebatimento tecnológico nas economias centrais do aumento do preço do petróleo e do custo real da energia foi trazido à discussão para que se possam considerar seus reflexos sobre as economias periféricas, importadoras de tecnologia. Elas adquirem tecnologia gerada para o processo de acumulação dos países centrais, segundo escolha subordinada a decisões privadas e condicionada a

²² Ao fim da década de 60, já dizia Gabor: “the most important and urgent problems of the technology of today are no longer the satisfactions of primary needs or of archetypal wishes, but the reparation of the evils and damages brought by the technology of yesterday” (1970 p. 9).

²³ Koopmans (1979, p. 5).

²⁴ Produtos novos no sentido descrito por Leduc: “some new products create entirely new needs” (1966, p. 6).

²⁵ Até mesmo a pouca pesquisa tecnológica feita em periféricos, segundo indicações claras, tende a se encontrar na área de produtos. Assim, em São Paulo, “a maioria faz pesquisa de produtos, seguindo-se a de processos e por último a de matérias-primas” (Chiaverini, 1968).

²⁶ A tendência à orientação do desenvolvimento tecnológico em direção a novos processos em vez de novos produtos – um dos pontos centrais deste trabalho – é plenamente defendida para a indústria química em trabalho da principal entidade científica dos EUA, sobre a atual perspectiva científica e tecnológica, ao afirmar textualmente: “New product research in the next five years certainly will continue to be performed, but it will no longer occupy the dominant role it assumed in the past. Instead, an increasing share of the industry R & D will be directed toward improved process economics, reflecting the higher share of total manufacturing cost attributable to the cost of raw material and energy use” (National Science Foundation, 1982).

²⁷ A microeletrônica, por exemplo, um dos esteios desta nova tecnologia, apresenta uma natureza recessiva. Ver Erber (1982).

um conjunto de interesses internos e externos que conduz à adoção de técnicas mais capital-intensivas que as mais recomendadas, sob ponto de vista macroeconômico, para os seus processos retardados de acumulação.²⁸ Esta adoção de tecnologias “não-adequadas” toma especial magnitude em expressivo número de economias periféricas – entre as quais se inclui a brasileira – onde o processo recente de desenvolvimento foi baseado no modelo de substituição de importações.²⁹

A própria importação maciça de tecnologia, por sua vez, foi também fruto da – e contribuiu para a – criação de situação social caracterizada por alta concentração pessoal da renda na maioria destes países³⁰ e levou o processo de acumulação de capital nesta região a desenvolver altas taxas de “desemprego estrutural”.

O mais baixo nível de subsistência nos países periféricos permite que, mesmo nos setores mais modernos, a relação capital/trabalho seja sensivelmente inferior à vigente em setores análogos nos países centrais graças à existência, para a produção de variada gama de bens, de alternativas tecnológicas de diferentes graus de intensidade de capital, geradas em diferentes momentos do processo de acumulação dos países centrais, mas dentro do padrão de uso de energia da era da energia abundante e barata. Assim, técnicas menos capital-intensivas aplicadas em países periféricos convivem com técnicas mais capital-intensivas adotadas nos países centrais, em meio ao efeito de vaso comunicante do comércio internacional. Ora, o desenvolvimento de uma técnica mais econômica em face dos novos preços da energia, quer seja através de processo de produção novo, quer simplesmente através de equipamentos novos, tende a tornar esta técnica mais econômica também nos países periféricos, criando forças contrárias à convivência atual. A nova técnica, cuja intensidade de capital é adequada aos países centrais, tende a substituir as menos capital-intensivas, onde o menor custo de subsistência não puder compensar simultaneamente a menor produtividade e o maior custo energético.

A destruição da competitividade das técnicas menos capital-intensivas usadas nos periféricos concorrerá para aumentar o fluxo de aquisição de tecnologia por parte deles. Pode ser argumentado que num sistema econômico periférico a substituição só se fará quando for mais vantajoso para o sistema, quando a redução dos gastos energéticos mais que compensar os acréscimos de custo, tais como os causados pelo acréscimo de capital necessário e pela importação da tecnologia substituidora. Mas, mesmo em circunstâncias de comportamento macroeconômico racional, tão favoráveis a um sistema econômico periférico, surge ainda um problema trazido pela obsolescência do capital: a substituição poupadora de energia é

²⁸ Ver Singh (1975).

²⁹ Uma boa apreciação das implicações tecnológicas do modelo de substituição de importações é apresentada em Ferrer (1974).

³⁰ A importação de tecnologia como resultante de opções tecnológicas condicionadas pelo sistema de estratificação social e pela distribuição de renda é, entre outros autores, comentada por Rattner (1980).

também poupadora de mão-de-obra, por ter sido gerada para possibilitar a continuidade do processo de acumulação em um país central.

As modificações de processo e mesmo o simples redesenho de equipamentos por outro lado são, em geral, acompanhados de mudanças na qualidade do produto (marginais, por não terem sido objeto primeiro da pesquisa que as gerou, mas suficientes para causar efeitos concorrenciais aos quais são sensíveis os decisores privados). Então, não se pode esperar que os gastos de divisas advindos da substituição das técnicas atualmente em uso por nova técnica poupadora de energia sejam menores que a redução de gastos de divisas com importação de energia. Ou seja, na permanência da correlação de forças e interesses que conduziram os periféricos a adotar relações capital/trabalho mais altas que o recomendável do ponto de vista macroeconômico, a ênfase no melhoramento da economicidade dos processos de produção nos países centrais, em vez de em novos produtos (de importação mais facilmente controlável), aumentará a tendência à adoção, pelos periféricos, de tecnologia importada, o que levaria à expansão do hiato entre a relação capital/trabalho efetivamente alcançada e a desejável e, como consequência, a uma agudização do problema do emprego nas economias periféricas com o gradual aniquilamento da capacidade de competição das técnicas hoje em uso (tanto para a produção em geral, como para a própria oferta de energia).³¹

A tendência a aumentar a dependência tecnológica dos países periféricos por força da entrada dos países centrais na segunda fase das medidas de conservação de energia, problema de longo prazo, tem seu início em meio a uma crise econômica global — de duração imprevisível — onde, com grande intensidade, se manifesta como problema atual a impossibilidade dos países periféricos não-auto-suficientes em petróleo de continuar a adquiri-lo no fluxo necessário à manutenção de seus pretéritos perfis temporais de renda. Para este problema atual, a lentidão da evolução da capacidade de geração de tecnologia não permite que seja considerada solução, mas as opções de investimento e a própria política tecnológica agora adotadas têm muito a ver com a trajetória futura do nível de dependência tecnológica das economias periféricas.

Não há restrições tecnológicas que impeçam as economias periféricas de explorar margens para redução do consumo energético por unidade de renda nacional e principalmente da forma de energia restritiva no momento — o petróleo e derivados — através de reorientação dos investimentos brutos dentro dos seus próprios quadros tecnológicos atuais.³²

Os investimentos brutos podem ser dirigidos à expansão do peso das indústrias que concorram ao menor volume de requisito energético (total, direto mais

³¹ O aumento da necessidade de importar tecnologia pode, por sua vez, levar os sistemas periféricos a recuarem da melhor posição que atualmente já desfrutam na negociação de tecnologia. Ver OECD (1981).

³² Restrições há, mas não de natureza tecnológica. As forças que se opõem à exploração destas margens nascem em interesses de frações das sociedades desses países e o estudo de como estas forças comandam as decisões nacionais está inscrito na economia política e na própria política.

indireto) por unidade de produto no sistema econômico, quer relativamente ao consumo energético de todas as formas reunidas, quer relativamente às formas de energia primária importadas. Medidas que contribuem para que a expansão do transporte interurbano se dê através da modalidade transporte ferroviário, em vez de continuada expansão da modalidade transporte rodoviário, na maior parte dos casos, por exemplo, contribuem para reduzir a dependência atual do agora problemático petróleo e a dependência futura das inovações poupadoras de energia. Em geral a exposição à dependência tecnológica, durante a vigência da segunda fase de conservação de energia, será tão menor quanto maior for a fração do investimento que utilize a tecnologia já existente no sistema. Como até hoje basicamente toda a tecnologia nova adotada nos países periféricos é importada, limitar o ritmo de adoção de tecnologia nova é um raio de manobra para dosar a importação de tecnologia, usável a médio prazo.³³ Outro raio de manobra, indispensável no longo prazo, para dosar a importação de tecnologia gerada nos países centrais é a geração de tecnologia adequada nos próprios sistemas periféricos. Juntamente com a adaptação – para adequação – da tecnologia importada, a geração de tecnologia adequada é fundamental para viabilizar a plena utilização dos recursos produtivos destes sistemas, principalmente do recurso mais nobre, o trabalho. O problema do emprego por si só requer que as tecnologias novas adotadas nos países periféricos geradas de forma a minimizar o gasto energético total, e em especial da forma de energia elétrica primária problemática do ponto de vista do balanço de pagamento do país, adotem uma relação capital/trabalho média adequada aos sistemas econômicos periféricos.³⁴

A geração de tecnologia (e a adaptação, em menor escala), por seu turno, exige para ser efetivada a satisfação de uma série de requisitos necessários, tais como a existência de um corpo científico, capaz de dar suporte para a gama de indispensáveis conhecimentos científicos, tanto absorvendo os avanços científicos que são postos à disposição da comunidade científica internacional, como atendendo diretamente, através de pesquisas, à fração da demanda de conhecimentos científicos originadas pela geração e adaptação de tecnologia e que não pode ser suprida pelo conhecimento gerado fora;³⁵ de uma comunidade de pesquisadores voltada para pesquisas aplicadas: de um mecanismo de financiamento adequado, capaz de

³³ Para fixar idéias, podemos chamar curto prazo ao intervalo de tempo no qual o capital pode ser tomado como fixo; médio prazo, ao intervalo de tempo em que se pode efetivamente expandir o produto *per capita* sem introduzir tecnologia nova; longo prazo, ao intervalo dentro do qual só é possível efetivamente haver uma expansão do produto *per capita* com a adoção de tecnologias mais “eficientes”.

³⁴ Mesmo sem levar em conta os efeitos da entrada na era da conservação da energia, esta posição é defendida por cientistas preocupados com a política científica e tecnológica na América Latina. Ver Herrera (1975, p. 112-4).

³⁵ Esta é uma inversão da função que o corpo científico em geral lamentavelmente ainda desempenha nos sistemas periféricos: gerar conhecimentos orientados não para os setores produtivos destes sistemas, mas para setores produtivos dos países centrais. Ver Singer, Paul. Tecnologia e divisão do trabalho. In: Hamburger, Ernst W.; coord. *Ciência, tecnologia e desenvolvimento*. São Paulo, Brasiliense, 1971.

bem selecionar as aplicações de recursos de um aparelho produtivo capaz de atender às prioridades sinalizadas pelo Estado e de produzir de forma economicamente conveniente os equipamentos que incorporam a tecnologia desenvolvida.³⁶

Certamente aplicam-se aqui, mais claramente, ainda que ao processo de industrialização, as restrições provenientes do tamanho do sistema econômico, além das de nível cultural geral: estabelecer linhas de pesquisa e de desenvolvimento tecnológico promete trazer maiores retornos nos países do Terceiro Mundo de maior porte, com aparelhos produtivos mais desenvolvidos, condição a que o Brasil satisfaz plenamente.³⁷

6. O presente e as perspectivas brasileiras

Traçado o quadro geral de aumento da exposição dos países periféricos a maior dependência tecnológica nas primeiras décadas da era da energia cara, pode-se colocar em face dele a situação do Brasil.

À época do primeiro choque do petróleo, o Brasil atravessava uma fase de grande expansão econômica, quando taxas de crescimento do produto nacional em redor de 10% ao ano haviam sido conseguidas em sucessivos anos. Era o "milagre" brasileiro, cujo esgotamento e conseqüente passagem à fase recessiva estava previsto por muitos críticos do seu modelo de crescimento. O país optou por negar, na época, a existência de "crise", alardeando ser uma ilha de prosperidade em meio aos problemas mundiais de então, causados pelos ecos do primeiro choque do petróleo. Embora produzindo internamente apenas 20% do petróleo que consumia, dele eram oriundos mais de 40% da energia primária usada,³⁸ o que podia caracterizar sua economia como fortemente dependente do petróleo importado e, portanto, vulnerável ao seu preço internacional. Mesmo assim, tentou, através do financiamento externo, continuar um tipo de desenvolvimento incompatível com sua realidade energética. A insistência levou o petróleo, que representava cerca de 7% do valor das importações no início da década de 70, a atingir cerca de 50% das importações ao fim da década.³⁹ Enquanto isto, a função demanda de energia era deixada intocada em sua base sócio-econômico-tecnológica e a redução da quantidade demandada de petróleo era confiada, via efeito-preço, à elevação do preço dos combustíveis derivados, principalmente da gasolina, tornada das mais

³⁶ Estas são condições necessárias, não são condições suficientes. Se a política econômica seguida for conflitante com a política tecnológica, o sistema econômico continuará ignorando os resultados do seu próprio esforço de desenvolvimento.

³⁷ Argumentação completa sobre a relação entre tamanho do sistema econômico e potencialidade de êxito em um programa de desenvolvimento de tecnologia vem exposta, a nível de leitor não-especializado, em Sagasti (1977).

³⁸ Mais de 40% do consumo de energia primária no Brasil foram provenientes do petróleo em todos os anos do período 1972-79 (ver Fonseca, 1981) e estes 40% ainda subestimam a intensidade dessa dependência, diz Oliveira (1980).

³⁹ Para se fixar a idéia da importância dos gastos energéticos no Brasil, tome-se a importação como 10% do produto interno.

caras do mundo.⁴⁰ Ao contrário do esforço desenvolvido pelos países centrais para a redução dos gastos energéticos, primeiro rebaixando a curva de demanda de energia através de mudanças na prática de manuseio do estoque de capital e de alterações marginais dele, e atualmente através do redesenho deste estoque, no Brasil não houve tentativa séria de se empregar o potencial de pesquisa tecnológica para deslocar a demanda de energia, através de aumento da eficiência energética.⁴¹ Toda a preocupação foi e continua sendo voltada às margens para substituição do petróleo por outras fontes e às formas de expansão da exportação de bens e serviços aliviando o crítico balanço de pagamento dos efeitos da importação do petróleo necessário (e dos serviços da dívida externa, em grande parte construída com a aquisição de tecnologia).

A substituição de fontes energéticas encontra sua expressão máxima no Programa Nacional do Álcool (Proálcool), um programa que conseguiu em cinco anos mais que duplicar a produção de álcool etílico do país (que na forma álcool anidro é misturado à gasolina constituindo cerca de 20% da mistura, e na forma de álcool hidratado é usado puro como combustível). Para este programa o esforço de desenvolvimento tecnológico foi voltado para o uso do álcool como combustível em motores de ciclo Otto. Os resultados conseguidos permitiram efetivar, pelo elevado preço da gasolina e pelos subsídios à produção de álcool, o deslocamento parcial da demanda de gasolina, abrindo margem à demanda de álcool combustível gerada pelo crescente estoque de veículos movidos a álcool.⁴²

O uso do carvão mineral nacional, por sua vez, é objetivo de programa destinado à substituição do óleo combustível. Várias universidades do país desenvolvem pesquisas sobre o carvão nacional, de baixo teor calorífico e alto teor de cinzas, que assim vai tendo margens ampliadas para prosseguir a substituição em setores onde seja mais favorável, forçada por proibições a usos específicos além da elevação do preço do óleo combustível.⁴³

⁴⁰ Uma sucinta exposição da política energética brasileira recente, no tocante ao petróleo e seus derivados, está em Oliveira (1982). Uma análise crítica global da política energética nacional é feita por Buarque (1982).

⁴¹ Orientação oposta é a defendida pelos que analisam o problema energético: "A conservação da energia-medida como um maior rendimento na utilização da energia deve ser o ponto de partida para qualquer política energética racional" (Wilson, 1978). Este ponto de partida, que a política energética brasileira insiste em desprezar, tem sua razão de ser na constatação de que "conservation is currently the cheapest source of domestic supply" (U.S. Department of State, 1981).

⁴² No período compreendido entre janeiro de 1980 e julho de 1981, cerca de 30% dos veículos comercializados foram carros a álcool (o restante, a gasolina), percentual que se acelerou recentemente, aproximando-se dos 80% nos meses de meados do corrente 1983, o que dá uma idéia da grandiosidade do Proálcool, pois a capacidade instalada da indústria automobilística brasileira é da ordem de 1 milhão de veículos anuais. Para manter equilíbrio entre a preferência por carros com motores a álcool e a gasolina, o litro de álcool deve ter preço correspondente a cerca de 55% do preço da gasolina (embora o conteúdo energético do álcool seja 25% inferior ao da gasolina), conforme Novaes (1981).

⁴³ Lamentavelmente o carvão mineral brasileiro tem um poder calorífico de apenas cerca de um terço do poder calorífico dos carvões de boa qualidade. Então, dadas iguais condições de extração, ele apresenta um custo três vezes maior, por unidade de energia liberada.

Pesquisas e/ou desenvolvimentos relativos a óleos vegetais, carvão vegetal, energia eólica e energia solar se somam aos programas de expansão da capacidade de produção de energia elétrica usando fontes hídricas (tecnologia convencional) e fonte nuclear (tecnologia importada).⁴⁴ Há, portanto, um quadro de atenção voltada à oferta de energia, onde o Estado ora prepara o quadro de atividades, ora atua diretamente como empresário, mas sempre na direção de substituir a energia obtida através do petróleo por fontes internas de custo real mais elevado.⁴⁵

O esforço tecnológico, concentrado na área de energia, é caracterizado pela sua dedicação às tecnologias mais simples, característica reforçada pelo abandono do pretérito programa nuclear brasileiro, que visava ao desenvolvimento interno do domínio tecnológico nuclear de fissão para fins pacíficos.

Observada a redução do nível de complexidade da tecnologia em pesquisa para a oferta de energia, no Brasil, podem-se traçar considerações agora sobre oportunidades perdidas para a indução de aumento da eficiência no uso da energia. Em verdade, o próprio esforço de substituição não foi acompanhado de um estudo exaustivo no sentido do aumento da eficiência no uso da energia, como poderia ter sido. É interessante observar que o álcool, objeto de tanto empenho oficial para sua adoção como combustível nos motores de ciclo Otto, pode ser utilizado com substancialmente maior rendimento nos motores diesel.⁴⁶

Diferentemente do que acontece nos motores Otto, no ciclo diesel o ar é comprimido sem contato com o combustível, a temperatura de auto-inflamação do combustível não impondo, portanto, um limite à taxa de compressão, que, independentemente do combustível usado, pode atingir até 21 para 1,⁴⁷ contra os até 12 para 1 em motores de ciclo Otto movidos a álcool e os até 9 para 1 em motores Otto movidos a gasolina.⁴⁸ Como a eficiência global dos motores, a relação entre a quantidade de energia mecânica fornecida pelo motor em um período de tempo e a quantidade de energia térmica liberada pelo combustível no período, por inapeláveis razões termodinâmicas, é uma função crescente da sua taxa de

⁴⁴ A decisão de desprezar o investimento feito em um programa de duas décadas de pesquisa e formação de pessoal nacional qualificado na área de energia nuclear e adquirir no exterior um pacote tecnológico fechado de conhecimento tecnológico ainda em desenvolvimento, para a produção de energia elétrica com o uso de reatores nucleares de fissão, por parte de um país que usa apenas 15% de seu potencial hídrico, é uma questão que incentiva pesquisas acadêmicas para sua resposta.

⁴⁵ O barril equivalente de álcool de cana custa cerca de três vezes o barril de petróleo. Ver Mello (1983, p. 60).

⁴⁶ A substituição de até 80% do óleo diesel por etanol anidro em motores diesel foi comprovada já em 1976 pelo Centro Técnico da Aeronáutica (CTA). Ver Siqueira (1978, p. 198).

⁴⁷ Tron (1952, p. 52).

⁴⁸ Dada a baixa octanagem da gasolina nacional, a taxa de compressão dos motores a gasolina aqui em uso é bem mais baixa, sendo correntemente encontradas taxas em torno de 6 para 1 (Benevides, 1971, p. 27).

compressão, os motores diesel são mais eficientes que os Otto.⁴⁹ Em uso normal, por exemplo, caminhões canavieiros com motores diesel a álcool fazem quilometragem 26% superior aos equivalentes com motores Otto a álcool.⁵⁰

No tráfego urbano, onde o motor diesel mantém sua eficiência enquanto a do Otto cai significativamente, a diferença percentual de quilometragem obtida para este mesmo combustível deve ser maior. Assim, deve-se esperar que táxis com motores diesel a álcool sejam substancialmente mais econômicos que com motores Otto a álcool. Afinal, sendo R a relação entre a eficiência global de um motor diesel e a de um Otto, funcionando ambos em cargas e rotações ótimas, ela aumenta para $1,45 R$ quando ambos trabalham a 25% de suas capacidades, como em condições encontradas no tráfego urbano.⁵¹

Há, portanto, indícios de que o esforço tecnológico para uso do álcool como combustível de motores seguiu uma política errônea, tendo caminhado na direção de adaptar o motor Otto ao uso do álcool etílico, quando se este esforço tivesse sido dirigido no sentido de adaptar o motor diesel, só cerca de três quartos do álcool hoje consumido por veículos seriam necessários para fazê-los percorrer idêntica quilometragem.⁵²

Por outro lado, assim como o álcool, a gasolina também pode ser usada em motores diesel⁵³ e através deste uso aparentemente exótico se consegue simultaneamente reduzir o consumo de óleo diesel — alegado ponto de estrangulamento no esforço para reduzir a importação de petróleo — e, através de uso mais eficiente da gasolina, reduzir o consumo total de combustíveis líquidos para fins automotivos. Afinal, o ganho de eficiência, ao passar do motor Otto ao diesel, tendo como combustível a gasolina, é de cerca de 65% a mais de energia mecânica obtida por unidade de energia contida no combustível,⁵⁴ em condições ótimas de laboratório, e mais ainda em condições reais de uso, proporcionando mais de duas vezes a eco-

⁴⁹ Em ordem crescente de eficiência global estão os motores Otto a gasolina, motores Otto a álcool e motores diesel. Desprezadas outras perdas, a eficiência teórica é $\eta = 1 - (\nu_1/\nu_2)^{-0,4}$, onde ν_1 e ν_2 são os volumes efetivos do cilindro antes e depois da compressão e ν_1/ν_2 é, portanto, a taxa de compressão. Ver Eden et alii (1981, p. 60).

⁵⁰ Ludmer (1982, p. 12).

⁵¹ A partir de dados apresentados em Malcolm (1951, p. 14).

⁵² A própria escolha da cana-de-açúcar como insumo privilegiado introduz por si um outro elemento de dependência externa, pois, para ter rendimentos agrícolas compatíveis com a sua utilização para a produção de álcool combustível, a cana exige, com as técnicas hoje usadas em seu cultivo, tanto fósforo que o Proálcool sozinho seria capaz de em 28 anos devorar toda a nossa reserva de fosfato. Ver Melo (1981).

⁵³ Embora se conheça que o motor diesel pode assim funcionar, ainda há pesquisa tecnológica necessária para tornar o uso da gasolina (juntamente a uma pequena quantidade de óleo diesel, com uma bomba injetora para cada combustível, ou simplesmente com aditivos que elevam o índice de octana da gasolina) compatível com um bom funcionamento e alta confiabilidade do motor diesel nas mais diversas condições de trabalho, assim como com baixos custos de manutenção e longa vida útil.

⁵⁴ Uma pesquisa envolvendo caminhões Ford 400 a gasolina e equivalentes Ford 4000 a óleo diesel, de igual poder calorífico, chegou a consumo de $214\text{ml}/\text{km}^{-1}$ para os primeiros e $129\text{ml}/\text{km}^{-1}$ para os segundos, nas suas velocidades econômicas de operação (Bilich, 1980).

nomia de petróleo obtida com a adição de 20% de álcool anidro à gasolina. A economia de petróleo seria maior que a proporcionada pelo inteiro programa do Proálcool desde seu início até o presente.⁵⁵

Também não se tem bem explorado as margens para redução do consumo energético por unidade de renda e principalmente da forma de energia restritiva no momento — os combustíveis líquidos — formada pela reorientação dos investimentos brutos dentro do quadro tecnológico já instalado no país, na direção da expansão do peso das indústrias que concorram à diminuição do consumo energético por unidade de produto no sistema econômico. Basta ver que já no fim da década de 70 houve profundo corte no programa de telecomunicações formulado no meio dessa década, enquanto a capacidade de produção automobilística era ampliada.⁵⁶ E estranhamente, num país que apresenta um número de automóveis *per capita* muito superior aos de sua renda média⁵⁷ e onde há relativamente carência de terminais telefônicos,⁵⁸ os automóveis continuam a ser vendidos com financiamento, mas as linhas telefônicas, que são substitutas dos automóveis,⁵⁹ são adquiridas em transações onde em média os consumidores financiam os vendedores. Induz-se o uso do que tem alto consumo de energia; cria-se obstáculo aos substitutivos de baixo consumo energético.

7. Conclusões

A chegada à era dos custos crescentes da energia traz como resposta dos países centrais a realocação dos recursos de pesquisa e desenvolvimento tecnológicos da ênfase em produtos novos à ênfase em processos mais econômicos em face dos novos custos energéticos. As técnicas capital-intensivas destes novos processos tendem, mesmo na estrutura de preços dos países periféricos, a apresentar menor custo que as atuais em uso nos seus estoques de capital, menos capital-intensivas

⁵⁵ É interessante notar que uma dieselização da frota de veículos leves no Brasil contrariaria muitos interesses. Como o motor diesel cobra por sua quase dobrada eficiência um, *grosso modo*, dobrado custo inicial (em relação a um Otto equivalente), a dieselização induziria um aumento na taxa de utilização dos veículos e uma diminuição do estoque deles. É o oposto do que tem ocorrido no Brasil, onde a frota de veículos a gasolina tem aumentado em mais de 500 mil veículos leves por ano, nos anos recentes, enquanto o consumo de gasolina se mantém praticamente no mesmo nível, denotando uma diminuição da taxa de utilização dos veículos (dado que não houve nenhuma mudança tecnológica de monta que possa ser responsabilizada por maior quilometragem por litro de combustível).

⁵⁶ Sobre as conseqüências a nível de setor produtor de bens de capital advindas do corte no programa de telecomunicações, ver Mattos et alii (1977). As conseqüências a nível do sistema econômico global, de maior dependência externa, via não-substituição do transporte pessoal baseado nos derivados do petróleo, são por sua vez um convite para pesquisas.

⁵⁷ O número de carros por habitante no Brasil excede do dobro do padrão internacional para seu nível de renda *per capita*. Depreende-se de Poole (1983).

⁵⁸ Dias et alii (1979, p. 11).

⁵⁹ Uma reunião de três horas entre duas pessoas que moram a 600km de distância dispense cerca de: 1 ou 40kWh se usado telefone ou telefone-vídeo; 1.600kWh se usado automóvel por uma delas. Ver Harkness (1983, p. 32).

porém mais energia-intensivas, tomando-os expostos, evidentemente, a aumento da necessidade de importação de tecnologia. Esta tendência é ainda mais reforçada pela melhora qualitativa dos produtos gerados pelos novos processos poupadores de energia. Por outro lado, a diminuição da intensidade do processo de acumulação de capital nos países centrais, causada pela elevação do custo real da energia, deve reduzir a taxa de crescimento das rotas internacionais, dificultando também por este aspecto a aquisição de tecnologia. Torna-se necessário, assim, adotar uma estratégia visando a redução da suscetibilidade à importação de tecnologia da nova geração.

A geração própria de tecnologia adequada, dosada com adaptação de tecnologia adquirida, apropriada à estrutura de fatores de produção dos sistemas econômicos periféricos, deve ser buscada levando-se em conta os fortes empecilhos de âmbito externo ao conhecimento produtivo, juntamente com a grande limitação de recursos, e deve ser vista como uma solução almejada para um longo prazo.

O Brasil está em meio a um louvável esforço para redução de dependência tecnológica testemunhado pela crescente fração do orçamento do governo central destinado ao Sistema de Ciência e Tecnologia, que já era de 2,3% em 1981 e elevou-se para 3,6% em 1982, permitindo alegria no discurso oficial por assim igualar-nos percentualmente à pobre Índia e à estruturalmente estagnada Argentina.⁶⁰ Mas, além de ser melhor manter a consciência da nossa fraqueza nesta área, devem-se ainda notar os fortes indícios de que as opções tecnológicas tomadas — por não estarem voltadas à conservação de energia — e a reorientação dos investimentos — por não haver sido realizada com decisão e força na direção das indústrias que com base na tecnologia atual têm menores requisitos globais de energia — não tomam o sistema econômico brasileiro menos exposto à importação de tecnologia da nova geração. Faz-se necessário, para a melhor continuidade do processo de acumulação interno, não só que as fontes de energia primária sejam escolhidas segundo as opções de menor custo real, como que sejam removidos os obstáculos à adoção de uma estratégia econômica condutora de menor exposição do país à importação da tecnologia poupadora de energia e poupadora de trabalho, trazida pela ajustagem à nova era da escassez da energia.

Bibliografia

Aknin, Jacques. L'industries chimiques. *Revue d'Economie Politique*, 91 (5): 661-6, 1981.

Benevides, Pedro. *Manual do motor diesel: teoria, operação e manutenção*. Fortaleza, Imprensa da Universidade do Ceará, 1971.

Bernal, John Desmon. *Ciencia e industria en el siglo XIX*. Barcelona, Martinez Roca, 1973.

Bilich, Ferruccio. Velocidade econômica de operação de veículos automotores no Brasil com relação ao consumo de combustível. *Anais do II Encontro Brasileiro de Econometria*. Nova Friburgo, 9 a 12 de dezembro de 1980. Brasília, Sociedade Brasileira de Econometria, 1980.

⁶⁰ Ver, por exemplo, a publicação oficial da Fundação Visconde de Cabo Frio (1983, p. 28).

Buarque, Cristovam Ricardo. O fetichismo da energia (parte II). *Revista Pernambucana de Desenvolvimento*, 9(2): 161-77, jul./dez. 1982.

Chiaverini, Vicenti. Pesquisa tecnológica na indústria. Instituto Roberto Simonsen. *Pesquisa tecnológica na universidade e na indústria brasileira*. São Paulo, Pioneira, 1968.

Dias, Adriano Batista. *O impacto da crise energética na evolução tecnológica e seus reflexos nas economias periféricas*. Recife, CME/Pimes/UFPE, 1982. (Texto para discussão n.º 128.)

_____ et alii. Otimização da distribuição espacial de terminais no país. *Revista Telebrds*, 3(3): 9-13, jul./set. 1979.

Eden, Richard J. et alii. World Energy Demand to 2020. In: *World energy resources 1985-2020*. World Energy Conference Report. Guildford, UK, IPC Science and Technology Press, 1978.

_____ et alii. *Energy e economics; growth, resources and policies*. Cambridge, UK, Cambridge University Press, 1981.

Erber, Fábio. Microeletrônica: revolução ou reforma? *Anais do X Encontro Nacional de Economia*. Águas de São Pedro, 6 a 9 de dezembro de 1982. São Paulo, Anpec, 1982. p. 735-46.

Feiwei, George R. Temas de la macroeconomía contemporánea: la oferta vista desde diversos ángulos. *El Trimestre Económico*, 50(198): 607-27, abr./jun. 1983.

Ferrer, Aldo. *Tecnología y política económica en América Latina*. Buenos Aires, Paidós, 1974.

Figueiredo, Nuno Fidelino de. *A transferência de tecnologia no desenvolvimento industrial do Brasil*. Rio de Janeiro, Ipea/Inpes, 1971. (Monografia n.º 7).

Fonseca, Eduardo Gianetti da. Energia e a economia brasileira. *Estudos Econômicos*, 11: 7-22, 1981. (Número especial.)

Fundação Visconde de Cabo Frio. Researching new technological alternatives. *Brazil: Trade and Industry* 6(61): 27-30, june 1983.

Gabor, Denis. *Innovations; scientific, technological and social*. New York, Oxford University Press, 1970.

Galvan, Cesare G. *Expansão nuclear alemã; a procura dos porquês*. João Pessoa, CME/UFPPb, 1983. (Texto para discussão n.º 20.)

Giersch, Herbert & Walter, Frank. Towards an explanation of the productivity slowdown: an acceleration-deceleration hypothesis. *The Economic Journal*, 93:4, mar. 1983.

Grover, Ronald. Energy conservation enters its second stage. *Economic Impact*, Washington, 36: 47-50, 1981.

Harkness, Richard C. Move information, not people. *Economic Impact*, 42:29-33, Apr./June 1983.

Herrera, Amílcar. A ciência no desenvolvimento da América Latina. In: Tabak, Fanny, comp. *Dependência tecnológica e desenvolvimento nacional*. Rio de Janeiro, Pallas, 1975. p. 47-61.

Kennedy, C. & Thirwall, A. P. Technical progress: a survey. *Economic Journal*, 82:11-72, Mar. 1972.

Koopmans, Tjalling C. Economics among the sciences. *American Economic Review*, 69(1), Mar. 1979.

Leduc, Robert. *How to launch a new product*. London, Crosly Lockwood, 1966.

Ludmer, Paulo. *Gazeta Mercantil*, São Paulo, 2 fev. 1982.

Malcolm, Robinson J. *All-purpose diesels*; a practical work for diesel engineers, manufacturers, and users of all type of high-speed oil engines. London, Pitman, 1951.

Mattos, Harold C. et alii. *Comunicações ou silêncio*. Rio de Janeiro, Rio, 1977.

Mello, Fernando Homem de. Agricultura, energia e recessão econômica. *Revista da Economia Política*, 3(2): 51-66, abr./jun. 1983.

Melo, Lúcia Carvalho Pinto de. *Aspectos de não-renovabilidade*: o álcool de cana como fonte alternativa de energia. Recife, CME-Pimes/UFPE, 1981. (Texto para discussão, n.º 111.)

National Science Foundation. *The 5-year outlook on science and technology, 1981*. Washington, 1981.

..... *Outlook for science and technology*. Washington, 1982.

Neher, Philip A. *Economic growth and development*; a mathematical introduction. New York, John Wiley, 1971.

Novaes, Antonio Galvão Naclério. *Análise das vendas de carros a álcool e perspectivas a curto e médio prazo*. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), 1981. (Série Engenharia de Transportes, Monografia n.º 3.)

OECD - Organization for Economic Co-operation and Development. *North/South technology transfer*; the adjustments ahead. Paris, 1981.

Oliveira, Adilson de. O petróleo e o balanço de pagamentos no Brasil. *X Encontro Nacional de Economia*. Águas de São Pedro, 6 a 9 de dezembro de 1982. São Paulo, Anpec, 1982. p. 827-66.

Oliveira, Cesar Cavalcanti de. Mobilidade nacional (transportes), a economia e a questão energética (lições da década de 70). *Revista Pernambucana de Desenvolvimento*, 7(2):139-59, jul./dez. 1980.

Poole, Alan. *A crise e a oportunidade*; propostas para uma política de combustíveis a médio prazo. Recife, Instituto Latino-Americano de Desenvolvimento Econômico e Social (Ildes), 1983.

Rattner, Henrique. *Tecnologia e sociedade*; uma proposta para os países subdesenvolvidos. São Paulo, Brasiliense, 1980.

Sagasti, Francisco R. *Tecnología, planificación y desarrollo autónomo*. Lima, Instituto de Estudios Peruanos, 1977.

Sicsú, Abraham Benzaquen & Lima, João Policarpo R. Energia renovável: oferta de mandioca e produção de álcool, em Pernambuco, como um caso-exemplo. *Anais do IX Encontro Nacional de Economia*. Olinda, 8 a 11 de dezembro de 1981. Brasília, Anpec, 1981. v. 1. p. 415-35.

Singh, Baldev. A transferência de tecnologia de países desenvolvidos para países em desenvolvimento In: Tabak, Fanny, comp. *Dependência tecnológica e desenvolvimento nacional*. Rio de Janeiro, Pallas, 1975. p. 47-61.

Siqueira, João Bosco de. Programa Tecnológico do Alcool e a economia brasileira. In: Fórum de Debates. *Desenvolvimento e importância da tecnologia nacional*. Brasília, 1977. Brasília, Câmara dos Deputados, 1978. p. 187-205.

Tron, Ernesto. *La patente diesel*. Milano, U. Hoepli, 1952.

U.S. Department of State. *Global future; time to act*. Washington, U.S. Government Printing Office, 1981.

U.S. government. *A program for economic recovery*. Washington, U.S. Government Printing Office, 1981.

Wilson, Carrol L. *Energia; estratégias globais 1985-2000*. Trad. Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro, Atlântida, 1978.