

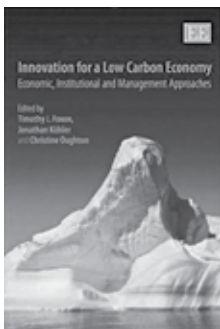
Innovation for a Low Carbon Economy

T.J. Foxon, J. Köhler and C. Oughton (orgs.)

Cheltenham (UK): Edward Elgar, 2008. 276 p.

Adalberto Mantovani Martiniano de Azevedo

Departamento de Política Científica e Tecnológica
do Instituto de Geociências – UNICAMP



A ilustração de capa da coletânea de artigos organizada por Timothy J. Foxon, Jonathan Köhler e Christine Oughton, um imenso *iceberg* que parece estar derretendo, lembra aos leitores que desenvolver uma economia de baixo carbono (isto é, com baixa queima de combustíveis fósseis e baixas emissões de gases como dióxido de carbono, metano, cloro-fluorcarbonetos, hidrofluorcarbonetos e perfluorcarbonetos) é um requisito fundamental para desacelerar o aquecimento global, sendo para isso necessária a difusão de inovações que “descarbonizem” sistemas energéticos.¹ Associadas a essas novas fontes, o aumento da eficiência energética (“fazer mais com menos”) também é um caminho para a descarbonização da economia apontado nos artigos da coletânea. Contudo, os autores focam principalmente o desenvolvimento de inovações na área de geração de energia. Mencionada em todos os artigos do livro, a segurança energética é outro motivador da busca de energia de baixo carbono, uma vez que a diversificação da matriz energética conduz logicamente a uma menor dependência em relação a fontes tradicionais (carvão, petróleo e gás natural). Contudo, esse fator parece muito mais uma consequência da difusão de tecnologias de energia não carbônicas,

¹ Informações sobre o conceito de economia de baixo carbono estão em Nakicenovic (1996); Grüber & Nakicenovic (1996); Sun e Meristo (1999); Unruh (2000, 2002) e Unruh e Carrillo-Hermosilla (2006).

que na maioria dos casos independem da dotação de recursos naturais para serem produzidas, tendo como característica marcante a possibilidade da produção descentralizada (sem esquecer que a adoção dessas tecnologias depende de conhecimento tecnológico, infraestrutura, aceitação social e políticas adequadas de difusão).

É quase consensual a ideia de que o crescimento da “economia de alto carbono” desde a primeira Revolução Industrial teve o efeito de aquecer o clima do planeta e causar efeitos aterrorizantes, como o derretimento de imensos *icebergs* (associado ao aumento do nível do mar e a inundações de regiões costeiras), que podem afetar negativamente a vida de milhões de pessoas. A precariedade do conhecimento científico sobre relações de causa e efeito em sistemas complexos como o clima do planeta Terra torna tais causalidades objeto de controvérsia científica e tema de acaloradas discussões.² Todavia, a mudança climática, seja ela uma verdade inconveniente ou uma profecia catastrofista, gerou um efeito inegável até para os mais céticos defensores da economia do carbono: a disseminação de políticas públicas que visam descarbonizar sistemas energéticos, adotadas pioneiramente pelos países do G8 e que se vêm difundindo nas economias dos países de industrialização tardia. Entre os exemplos dessas políticas mencionados no livro, está a proposta de política energética para a União Europeia (UE) publicada pela Comissão Europeia em janeiro de 2007, estabelecendo metas de sustentabilidade, segurança de suprimento e competitividade que tornam necessárias mudanças na matriz energética da UE.

O exemplo da regulação adotada em países da UE para contextualizar a coletânea não é casual: o livro resultou de dois *workshops* sobre inovação em sistemas energéticos realizados em Oxford (Inglaterra) em 2006, e, como será mostrado nas seções seguintes desta resenha, trata quase exclusivamente de políticas desenvolvidas no âmbito de países europeus (em dois artigos são incluídos casos dos Estados Unidos e Japão). Não obstante, o livro é extremamente útil como referência analítica e metodológica, explicando e tornando claras generalizações teóricas que podem ser utilizadas como referência para a concepção, condução e avaliação de políticas em quaisquer países interessados em desenvolver políticas de diversificação da matriz energética.

O primeiro artigo do livro, de Timothy Foxon, Jonathan Köhler e Karsten Neuhoff, intitula-se “Inovação em sistemas energéticos: aprendendo a partir de

2 O que não é o caso para os efeitos regionais da poluição, por exemplo, problemas de saúde pública inequivocamente causados pela poluição veicular, um grave problema em grandes aglomerações urbanas como Regiões Metropolitanas.

abordagens econômicas, institucionais e gerenciais”. O artigo apresenta a coletânea e para isso divide-se em três partes: a primeira apresenta o contexto que motivou a publicação, destacando a importância das políticas descarbonizantes em voga na Europa. A segunda parte apresenta um resumo dos artigos, classificando-os segundo sua aderência às abordagens citadas no título do livro (econômicas, institucionais e gerenciais), além de um breve resumo de cada artigo. A terceira parte compara e contrasta as abordagens, destacando sua utilidade para a discussão das barreiras e motivações para a inovação em tecnologias de baixo carbono e buscando destacar pontos complementares que, nas palavras dos autores, são “lições para políticas de inovação em tecnologias de baixo carbono”.

O artigo de Clas-Otto Wene, “Uma perspectiva cibernética no aprendizado tecnológico”, pertence ao grupo das abordagens econômicas. A partir de conceitos derivados de teorias sobre aprendizagem tecnológica, principalmente curvas de aprendizado, o autor interpreta esses processos com base em uma perspectiva cibernética. Bastante estranha à primeira vista (talvez devido à associação corriqueira do termo à informática e robótica, como “*cyber cafés*” e “*cyborgs*”), a interpretação do autor baseia-se na circularidade das interações que ocorrem em ciclos de aprendizado, característica de sistemas cibernéticos. Assim, os sistemas cibernéticos de aprendizado em tecnologias de energia têm a capacidade de modificar seu comportamento em função dos *outputs* gerados por seus processos internos, existindo, portanto, uma união estrutural entre os sistemas tecnológicos e os sistemas de aprendizado. A relação circular de causalidade entre aprendizado e difusão tecnológica descrita pelo autor pode ser resumida nos seguintes termos: quanto mais difundida uma tecnologia, mais se aprende sobre sua produção e uso, o que estimula a sua difusão, renovando o ciclo e propiciando uma contínua redução de custos e/ou melhoria de desempenho. Para o autor, a circularidade dos processos de aprendizado justifica programas de governo para a difusão de novas tecnologias de energia, fundamentais para iniciar o círculo virtuoso de interações que eventualmente conduz à difusão de inovações energéticas capazes de reduzir as emissões de carbono.³ Apresentadas dessa maneira, as teorias cibernéticas explicam processos de aprendizado tecnológico, conduzindo a especulações sobre temas como a relação entre o formato de curvas e taxas de aprendizado, a dinâmica da união estrutural entre sistemas energéticos

3 A palavra “cibernética” vem do grego *kybernetiké*, que significa “timoneiro”, isto é, “aquele que dirige”. No artigo, fica claro que o timoneiro dos ciclos virtuosos de inovação tecnológica seria o governo com suas políticas de promoção de novas tecnologias.

e de aprendizado tecnológico e o papel das políticas governamentais de P&D para a difusão de novas tecnologias. Clas-Otto Wene conclui que, para a difusão de novas tecnologias de energia, é necessária uma política balanceada, que combine o investimento em P&D com ações de inserção das novas tecnologias no mercado, visando dar *momentum* à sua difusão.

O artigo seguinte, “Políticas energéticas de estímulo à demanda em tecnologias de energia eólica na Califórnia”, de Gregory Nemet, também adota uma abordagem econômica. No artigo são analisados esforços de difusão de tecnologias de geração de energia eólica no estado da Califórnia (EUA), avaliando-se a importância de políticas do tipo *demand pull* (indutoras do aumento de demanda pela tecnologia), especificamente intervenções que aumentaram os preços da energia convencional (carbônica) na Califórnia, e políticas de *technology push* (indutoras de melhorias técnicas), especificamente programas governamentais de P&D desenvolvidos no estado. Para o autor, a intervenção do governo com esse tipo de política é justificada pelas seguintes falhas de mercado: retornos crescentes de adoção (benefícios de rede, economias de escala e *learning by doing*) de que se beneficiam as tecnologias estabelecidas e que bloqueiam a difusão de alternativas; *spillovers* de conhecimento que tornam difícil a apropriação de resultados de atividades de P&D em novas fontes de energia por agentes privados, o que justifica sua execução por instituições públicas. Após apresentar uma revisão de diversos estudos sobre a influência de políticas *demand pull* e *technology push* no ritmo e direção da inovação tecnológica, o artigo passa ao estudo do caso das políticas desenvolvidas na Califórnia, avaliando seus resultados através de alguns indicadores (custos, *megawatts* instalados, investimentos realizados e patentes). Também é discutida a importância do aprendizado pelo uso (*learning by using*), mostrando que a promoção dessas tecnologias pelo governo leva a ciclos virtuosos de difusão e aprendizado que lhes dão condições de “andar pelas próprias pernas”. Concluindo, Gregory Nemet constata que os resultados das políticas descritas foram uma redução substancial de custos, relacionada ao estabelecimento de um *dominant design* de geradores eólicos (indicado pela queda no número de patentes publicadas sobre esse artefato), que se beneficiou de diversos tipos de aprendizado e de retornos crescentes de adoção. Para o autor, a mudança da política de *technology push* para uma política de *demand pull* teve uma forte influência no aumento da taxa de difusão, especialmente devido à influência que as políticas *demand pull* tiveram no desenvolvimento de melhorias incrementais do *dominant design* de

geradores eólicos. Contudo, o autor considera que esses resultados poderiam ter sido melhores (a participação da energia eólica na matriz energética dos EUA é de menos 1%), devido principalmente aos altos custos de geração de energia eólica, que inibem investimentos na área.

O quarto artigo, “Funções de sistemas de inovação: um sistema de referência para a análise da dinâmica de sistemas energéticos e para a identificação de objetivos para atividades de construção de sistemas por empreendedores e gestores de política”, de Anna Bergek, Marko Hekkert e Staffan Jacobsson, é o primeiro dos artigos baseados em abordagens institucionais contidos no livro. Nele é apresentado o conceito de funções de sistemas de inovação, um “refinamento” das teorias de sistemas de inovação desenvolvidas na década de 1980, que foi inclusive concebido por alguns dos autores do artigo e colaboradores (veja Hekkert *et al.*, 2007). As funções dos sistemas de inovação são as atividades desenvolvidas pelos diversos atores (empresas, instituições e redes) envolvidos na difusão de um sistema tecnológico. Sete funções foram identificadas por essa teoria:

- 1) desenvolvimento e difusão do conhecimento;
- 2) capacidade de influenciar a direção das buscas de novas tecnologias (gerenciamento de expectativas);
- 3) promoção de empreendimentos experimentais;
- 4) formação de mercados;
- 5) mobilização de recursos (humanos e financeiros);
- 6) mobilização para a legitimação da nova tecnologia;
- 7) geração de externalidades positivas (*spillovers*).

Os autores apresentam um estudo de caso sobre o sistema de inovação em torno de células de captação de energia solar na Alemanha, cuja fase formativa se iniciou no final da década de 1970, analisando em profundidade a execução das funções: “legitimação” e “influência sobre a direção das buscas”. Essas funções são consideradas de relevância especial por mostrarem que o risco político para empreendedores na área de novas tecnologias de energia é alto (legitimação) e por influenciarem significativamente a desobstrução de mercados para novas tecnologias (influência sobre a direção das buscas). Ações relacionadas à função “legitimação” podem tornar uma nova tecnologia confiável para produtores e usuários, através, por exemplo, do fornecimento de informações para usuários e da criação/modificação de

instituições, alinhando-as com novas tecnologias em termos cognitivos, regulatórios e normativos. O trabalho de legitimação é ilustrado no artigo com a história da lei que criou tarifas *feed in*⁴ na Alemanha. As atividades desenvolvidas no âmbito da função “gerenciamento de expectativas” têm a finalidade de modificar as expectativas (científico-tecnológicas, de estratégia empresarial e de tendências sociais) dos atores com relação a uma nova tecnologia. Expectativas positivas quanto à aceitação social e à ampliação de mercado podem, por exemplo, estimular atores como o governo e companhias privadas a apoiar tecnologias energéticas redutoras de emissões. O exemplo apresentado no artigo foi o papel das expectativas na dinâmica de desenvolvimento do sistema de inovação dos biocombustíveis na Suécia. Conclui-se que, para que um sistema de inovação tecnológica cresça, são necessários três fatores estruturais: entrada de organizações, formação de redes e alinhamento de instituições. Esses fatores, por sua vez, dependem de características específicas da tecnologia (desempenho técnico) e de fatores externos à tecnologia (características do ambiente institucional). Dessa maneira, o uso dessa abordagem para a formulação de políticas públicas torna possível estabelecer objetivos em termos funcionais, a partir do conhecimento de mecanismos que bloqueiam ou estimulam a difusão tecnológica, o que é de extrema importância para o planejamento de ações de política.

O artigo “Firmas, mercados e o sistema de inovação da tecnologia de células combustíveis em uma perspectiva internacional”, de Chris Hendry, James Brown e Paul Harborne, está entre os artigos que adotam uma abordagem institucional, porém “temperado” com pitadas de abordagens gerenciais. Como no artigo anterior, a referência teórica são os conceitos de funções de sistemas de inovação, aplicados ao estudo do sistema de inovação de tecnologias de células a combustível para a geração de energia elétrica. Os autores incorporam à análise uma dimensão internacional, mostrando como instituições globais podem influenciar a difusão de tecnologias em um determinado país, utilizando para isso *insights* de estudos gerenciais. São descritos quatro estudos publicados sobre o desenvolvimento de células a combustível e apresentado um estudo de caso sobre o desenvolvimento de sistemas combinados de energia e aquecimento na Alemanha, Japão, Reino Unido e Estados Unidos. Entre outras conclusões, os autores mostram que, concluindo que as estratégias de investimentos de grandes empresas multinacionais e o desenvolvimento paralelo de

4 Instrumento bastante importante na Europa para promover a geração de eletricidade renovável. Consiste em fixar os preços pagos pelas concessionárias de geração em função da fonte geradora, pagando um prêmio pela eletricidade gerada a partir de renováveis.

mercados que competem em uma escala global, são fatores da maior importância e que devem ser considerados em modelos que busquem compreender o ritmo e a direção da inovação em sistemas energéticos.

Em “Sobre a dinâmica da difusão da microgeração na Alemanha e no Reino Unido”, Barbara Praetorius, Raphael Sauter e Jim Watson também adotam como referência a teoria das funções de sistemas de inovação, apresentando um estudo sobre a difusão de tecnologias de geração descentralizada de energia (fotovoltaica, eólica e sistemas combinados de eletricidade/calor a partir de gás natural). O estudo, realizado a partir de entrevistas com representantes da indústria de microgeração na Alemanha e Reino Unido, busca explicar as diferenças entre os dois países (a Alemanha tem cerca de 1 milhão de unidades do tipo, contra 100 mil do Reino Unido) no que diz respeito aos fatores que contribuem para a difusão de tecnologias de microgeração, realizando, portanto, um estudo comparativo em que é verificado o desempenho das funções de sistemas de inovação nos dois países. Concluem que o sistema de inovação dessas tecnologias na Alemanha é mais maduro e se beneficia fortemente de *lobbies* de grupos organizados que defendem sua difusão. Já no Reino Unido, o sistema de inovação criado em torno de sistemas de geração descentralizada está em um estágio formativo, com forças de mercado atuando fortemente, e uma menor influência do estado.

Marianne van der Steen, John Groenewegen, Martijn Jonker, Rolf Künneke e Eeke Mast adotam um enfoque evolucionista para o estudo de instituições relacionadas à difusão de sistemas combinados de energia/calor na Holanda e sistemas de energia eólica na Dinamarca. Entitulado “Sistemas evolucionistas de inovação para a eletricidade de baixo carbono: ideias sobre mudança institucional e inovação nos casos de sistemas combinados de calor, eletricidade e energia eólica”, o artigo apresenta um modelo evolucionista em que uma hierarquia de instituições (atores individuais, instituições formais e informais e arranjos institucionais) que atuam no ambiente de seleção dos casos estudados explicam a dinâmica das relações entre as diferentes instituições identificadas, bem como os resultados de suas ações. Os autores concluem que os dois casos estudados sofrem influências bastante diversas: enquanto no caso dinamarquês as principais instituições indutoras da difusão são atores locais e iniciativas privadas (caracterizando o processo de difusão como *bottom up*), ocorrendo uma mudança radical em diversas instituições, na Holanda o processo de mudança foi dirigido principalmente pelo governo (caracterizando

um processo *top down*) marcado por mudanças institucionais incrementais. Em ambos os casos, a forte influência de instituições informais (especialmente atitudes dos atores com relação à tecnologia), arcabouços regulatórios e fatores tecnológicos específicos, demonstra que as políticas de difusão devem levar em conta a dependência entre diferentes instituições formais e informais, necessitando de contínua reestruturação e obrigatoriamente utilizando um *mix* de diferentes instrumentos.

A abordagem gerencial é a tônica do artigo de Mark Hinnells e Brenda Boardman, intitulado “Transformação do mercado: teoria e prática”. O artigo começa com uma revisão de teorias relacionadas à transformação de mercados, considerando fatores determinantes uma mistura de informação, incentivos e regulação, e explicando as transformações a partir de abordagens institucionais e evolucionistas. A abordagem gerencial que diferencia esse artigo é usada para enfatizar a importância das redes de trabalho formadas dentro das empresas e entre elas, que dependem fortemente da capacitação e da *rationale* dos indivíduos que pertencem a essas organizações. A mudança, tanto na capacitação como na *rationale*, depende de processos de aprendizado e de aquisição de experiência. Essa constatação conduz à conclusão de que a transformação do mercado pode ser direcionada por uma política planejada para fornecer os estímulos adequados ao aprendizado e à capacitação de atores públicos e privados com potencial de transformação do mercado.

“Podem os produtores de carros salvar o planeta?” é a pergunta que serve de título ao último artigo da coletânea, de autoria de Jonathan Köhler, Lorraine Whitmarsh, Jonathan Michie e Christine Oughton. A pergunta do título gera duas questões que o artigo busca responder a partir de uma mistura de teorias gerenciais e econômicas: Por quais razões e em qual intensidade montadoras de automóveis desenvolvem inovações ambientais? Quais condições são necessárias para que essas empresas inovem no sentido de mitigar as emissões de gases de efeito estufa? A primeira pergunta é respondida a partir de teorias evolucionistas sobre os fatores determinantes da inovação, incluindo uma interessante análise histórica da indústria automobilística baseada nas teorias de ciclos longos de Kondratiev. Para os autores, a indústria de automóveis (e a indústria de petróleo) são tecnologias maduras associadas a uma “onda” de inovações características do século XX, que criaram um regime tecnológico que vem perdendo *momentum* devido ao esgotamento de sua capacidade de mudança radical e que pode ganhar algum fôlego a partir da melhoria de seu desempenho ambiental. A segunda pergunta é

respondida a partir de uma análise gerencial que busca levantar fatores culturais e de capacitação específicos às firmas produtoras de automóveis, que vêm sendo pressionadas a mudar devido a fatores políticos (regulação ambiental), institucionais/culturais (uma crescente inclusão de preocupações ambientais na rotina das empresas, muitas vezes através da associação com outras instituições com *expertise* em novas tecnologias como células a combustível) e gerenciais (mudanças nas filosofias e rotinas organizacionais). Os autores concluem que a difusão de automóveis que gerem menos emissões dependerá fortemente de políticas públicas, uma vez que a queda de rentabilidade vivida pela indústria automobilística atualmente não leva à geração espontânea de tais inovações. Essas políticas poderiam transformar culturalmente essas organizações, tornando a preocupação ambiental uma parte integrante de suas rotinas de operação.

A análise dos artigos da coletânea permite concluir que o livro foi muito bem planejado no sentido de apresentar abordagens complementares, que consequentemente conduzem a recomendações de política também complementares. De fato, os sistemas energéticos considerados como tal (formados por diversos subsistemas e influenciados por uma vasta gama de atores) exigem este tratamento: uma política que tenha como objetivo coordenar efetivamente a ação desses atores deve, certamente, levar em conta fatores econômicos, gerenciais e institucionais. Mais do que isso, deve incorporar duas dimensões que o primeiro capítulo de Timothy J. Foxon, Jonathan Köhler e Christine Oughton consideram temas importantes para pesquisas futuras: a primeira dessas dimensões é o papel do comportamento dos consumidores nos processos de inovação tecnológica, cuja compreensão seria certamente um poderoso instrumento para políticas de transformação do comportamento desses atores. A segunda dimensão que para os autores poderia ser mais bem explorada é a dimensão política (*politics*, e não *policy*) através da utilização de conceitos e métodos da ciência política. De fato, essa é uma lacuna comum em estudos de política energética, que muitas vezes analisam apenas a *policy*, sem analisar o processo de *politics* que as gerou e as transforma continuamente.

A 15ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas em Copenhague, a ser realizada de 7 a 18 de dezembro de 2009, está gerando grandes expectativas com relação às possibilidades de um acordo internacional de redução de emissões, ao propor a reformulação do Protocolo de Kyoto. Os resultados desse encontro terão certamente um efeito transformador nas políticas públicas concebi-

das para a difusão de tecnologias de baixo carbono nos países que eventualmente aderirem ao novo Protocolo. Tal transformação gerará um terreno fértil para estudos como os apresentados nesta coletânea. Espera-se que indiquem e pavimentem também o caminho para a transformação dos sistemas energéticos que dê conta de promover a melhoria ambiental com justiça social por via de uma efetiva cooperação internacional.

Para saber mais...

Grüber, A.; Nakicenovic, N. “Descarbonizing the global energy system”. *Technological Forecasting and Social Change*, v.53, n.1, p.97-110, 1996.

Hekkert, M.P.; Suurs, R.A.A.; Negro, S.O.; Kuhlmann, S.; Smits, R.E.H.M. “Functions of innovation systems: a new approach for analysing technological change”,

Technological Forecasting and Social Change, 74(4), p.413-432, 2007.

Nakicenovic, N. “Decarbonization: doing more with less”, *Technological Forecasting and Social Change*, v.51, n.1, p.1-17, 1996.

Sun, J.W.; Meristo, T. “Measurement of dematerialization/materialization: a case analysis of energy saving and decarbonization in OECD countries, 1960-95”, *Technological Forecasting and Social Change*, v.60, n.3, p.275-294, 1999.

Unruh, G.C. “Understanding carbon lock-in”, *Energy Policy* 28, p.817-830, 2000.

———. “Escaping carbon lock-in”, *Energy Policy*, v.30, n.4, mar., 2002, p.317-325.

Unruh, G.C.; Carrillo-Hermosilla, J. “Globalizing carbon lock-in”, *Energy Policy* 34, p.1.185-1.197, 2006.