



EEIST



DEZ PRINCÍPIOS PARA A FORMULAÇÃO DE POLÍTICAS NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA:

LIÇÕES DA EXPERIÊNCIA

AUTORES: LAURA DIAZ ANADON*, ALED JONES*, CRISTINA PEÑASCO*, SIMON SHARPE#, MICHAEL GRUBB#, SANCHIT AGGARWAL†, RAKTIMAVA BOSE†, ANDREA CABELLO†, SASWATA CHAUDHURY†, PAUL DRUMMOND†, DOYNE FARMER†, NELSON HENRIQUE BARBOSA FILHO†, CHRIS FOULDS†, DANIELA FREDDO†, LÚCIA HELENA MICHELS FREITAS†, CAMERON HEPBURN†, VIDHU KAPUR†, JIANG KEJUN†, MEI MEI AILEEN LAM†, JEAN-FRANCOIS MERCURE†, SARAH ROYSTON\$, PABLO SALAS†, JORGE VIÑUALES†, SONGLI ZHU†

* AUTORES PRINCIPAIS (LISTADOS EM ORDEM ALFABÉTICA), # PRINCIPAIS CONTRIBUINTES, † OUTROS CONTRIBUINTES (LISTADOS EM ORDEM ALFABÉTICA)

Sumário Executivo

O cumprimento das metas do Acordo de Paris requer uma rápida transformação mundial de nossos sistemas de energia e uso da terra.

O Pacto Climático de Glasgow da Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP26) em novembro de 2021 não apenas reafirmou o compromisso de limitar o aumento da temperatura global a bem abaixo de 2°C, 'mantendo viva a meta de 1,5°C' e construindo resiliência, mas também enfatizou a importância de compromissos e ações governamentais adicionais por meio das Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs). A Agenda de Avanço, também lançada na COP26 e apoiada por mais de 40 países, visa acelerar o progresso em direção aos objetivos de Paris, tornando as tecnologias limpas em cada um dos setores mais poluentes a escolha mais econômica, acessível e atraente para todos até 2030.

Alcançar uma transformação estrutural em todos os setores consumidores de energia de maneira justa requer uma resposta política mais forte e coordenada em vários domínios e níveis de políticas em todo o mundo.

Um envolvimento maior com a sociedade civil, empresas, jovens, trabalhadores, meios de comunicação, povos indígenas e comunidades locais também é essencial¹. Corrigir os esforços políticos destinados a acelerar a transição energética pode desbloquear oportunidades significativas, incluindo novas indústrias, geração de emprego, cidades habitáveis, impactos positivos na saúde e oportunidades para enfrentar simultaneamente os desafios da justiça e da pobreza.

Dada a escala, a velocidade e as interdependências da transição energética em curso, esta ação exigirá dos governos a aplicação de um conjunto adicional de ferramentas e princípios para apoiar a elaboração e a avaliação de políticas.

Muitos dos princípios econômicos, dos modelos e das ferramentas de tomada de decisão usados pelos governos são desenhados para uso em contextos de mudança "marginal" ou complementar, onde tecnologias, mercados e outras estruturas econômicas são relativamente estáveis. São necessários diferentes instrumentos quando, tal como na transição energética, os objetivos e o contexto da política incluem a inovação generalizada e a mudança estrutural.

Os Dez Princípios para a Elaboração de Políticas na Transição Energética

descritos neste relatório são construídos com base em ampla gama de experiências e análises reunidas nas últimas três décadas, quando a política induziu rápida inovação e crescimento em tecnologias de energia limpa. Estabelecemos cinco princípios de formulação de políticas (*Policy Design*), todos complementares entre si, e cinco princípios de avaliação de políticas (*Policy Appraisal*) que se relacionam com a forma como as opções políticas são comparadas e as decisões são tomadas. Estes são resumidos na tabela a seguir, juntamente com "princípios tradicionais", que são versões estilizadas de princípios que às vezes são utilizados para orientar a formulação de políticas em situações de mudança marginal. Ao descrever cada princípio, descrevemos a utilidade desses princípios tradicionais em seus domínios apropriados, apontamos algumas de suas limitações e a necessidade de complementá-los com os Dez Princípios.

O projeto "Economia da Inovação Energética e Transição do Sistema" (*Economics of Energy Innovation and System Transition – EEIST*) desenvolve análises de inovação energética de ponta para apoiar a tomada de decisão do governo envolvendo a inovação de baixo carbono e a mudança tecnológica. Ao se engajar com formuladores de políticas e partes interessadas no Brasil, China, Índia, Reino Unido e UE, o projeto visa contribuir para o desenvolvimento econômico de nações emergentes e apoiar o desenvolvimento sustentável em escala global. Liderado pela Universidade de Exeter, o Projeto EEIST reúne uma equipe internacional de instituições de pesquisa líderes mundiais no Brasil, China, Índia, Reino Unido e União Europeia.

O consórcio de instituições compreende as seguintes entidades. No Reino Unido: Universidade de Exeter, Universidade de Oxford, Universidade de Cambridge, University College London, Universidade Anglia Ruskin, Cambridge Econometrics e Climate Strategies. Na Índia: Instituto de Energia e Recursos e Instituto de Recursos Mundiais. Na China: Universidade de Tsinghua e Instituto de Pesquisa de Energia. No Brasil: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade de Brasília, Universidade Estadual de Campinas. Na União Europeia: Scuola Superiore di Studi Universitari e di Perfezionamento Sant'Anna.

Financiadores

O Projeto EEIST é financiado por meio do programa UK Aid pelo Departamento do Governo do Reino Unido para Negócios, Energia e Estratégia Industrial (*Department for Business, Energy and Industrial Strategy – BEIS*) e a Fundação do Fundo de Investimento para Crianças (*Children's Investment Fund Foundation – CIFF*). Os autores deste relatório são ligados a diversas instituições. Para conhecer as afiliações institucionais completas, consulte www.eeist.co.uk.

O conteúdo deste relatório representa os pontos de vista dos autores e não deve ser considerado como representando os pontos de vista do governo do Reino Unido, da CIFF ou das organizações às quais os autores são afiliados ou de qualquer uma das organizações patrocinadoras.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao BEIS/UK, CIFF, Quadrature Climate Foundation e Founders' Pledge pelo apoio como patrocinadores do projeto EEIST. Também desejamos agradecer a todos aqueles que contribuíram com seu tempo e experiência para desenvolver e refinar as análises, os conceitos e as ideias apresentados neste relatório e providenciar sua publicação, incluindo (mas não se limitando a): Jacqui Richards e membros das Comunidades de Prática dos países parceiros do Projeto EEIST, o Grupo de Supervisão Sênior do EEIST e o governo do Reino Unido.

Princípio tradicional

Princípio para a transição

- A política deve ser “neutra” do ponto vista tecnológico** **É preciso fazer escolhas tecnológicas**

Num contexto de inovação e de mudança estrutural, quase sempre as políticas beneficiarão mais algumas tecnologias do que outras. É melhor escolher deliberadamente do que acidentalmente, apoiando a inovação em direção ao baixo carbono. Algumas políticas têm a intenção de serem neutras, mas podem acabar sendo enviesadas em relação aos incumbentes e a mudanças incrementais.
- Intervenções governamentais aumentam custos** **É preciso investir e regular para reduzir os custos**

Desenhar políticas adequadas de investimento e regulação pode reduzir o custo das tecnologias limpas, criando demanda (“demand pull”) pela inovação complementar à oferta (“supply push”) de pesquisa & desenvolvimento, e fortalecendo os feedbacks decorrentes do aprender-fazendo nos processos de desenvolvimento, implantação e difusão de tecnologia.
- Mercados autogerenciam riscos de forma ótima** **É preciso gerenciar ativamente os riscos para atrair investimentos**

A transição de baixo carbono está envolta em muitas incertezas. Os esforços para reduzir os riscos do investimento privado em tecnologias limpas, incluindo a atuação do Estado como principal investidor, podem reduzir o risco tecnológico e os custos de financiamento, bem como aumentar consideravelmente as taxas de investimento e implantação.
- Apenas precificar o carbono em um nível que internaliza os danos das mudanças climáticas** **É preciso focar pontos de inflexão**

Intervenções com foco adequado podem ativar pontos de inflexão na competitividade tecnológica, preferência do consumidor, confiança do investidor ou apoio social para a transição, onde pequenas contribuições levam a grandes mudanças. Isso pode fundamentar o foco e o nível de subsídios e impostos, bem como o rigor das regulações.
- Considerar políticas separadamente com base em diferentes “falhas de mercado”** **É preciso combinar políticas para obter melhores resultados**

Será necessária uma combinação de políticas para impulsionar a transição de baixo carbono. Uma vez que os efeitos de cada política dependem de suas interações com os outros fatores, avaliar as políticas separadamente pode induzir ao erro. A avaliação das políticas como um pacote permite identificar aquelas que se reforçam mutuamente, gerando resultados “maiores do que a soma das partes”.
- A política deve ser ideal** **A política deve ser adaptativa**

Existem muitos caminhos para as economias se desenvolverem ao longo do tempo. Na prática, não existe escolha política “ótima”. Pelo contrário, devem-se formular políticas adaptáveis, que possam mais facilmente responder a mudanças imprevistas, explorar oportunidades e gerenciar riscos.
- Agir desde que os benefícios totais superem os custos** **É preciso colocar as questões distributivas no centro**

As transições para baixo carbono inevitavelmente implicam em transferências de recursos econômicos. As questões distributivas devem ser centrais na análise de políticas, dada sua importância para os objetivos ambientais, econômicos e sociais, e provavelmente influenciarão muito na obtenção de apoio social para a transição.
- Coordenar os mercados de carbono internacionalmente para promover seu crescimento** **É preciso coordenação internacional para fazer os mercados de tecnologia limpa crescerem**

É preciso coordenação internacional entre os países para fazer desenvolver os mercados de tecnologias limpas, para além de ligar os mercados de carbono nos diferentes setores emissores da economia global. Isso pode acelerar a geração de inovações e promover maiores economias de escala, acelerando a redução de custos das tecnologias limpas, com benefícios para todos os países.
- Avaliar custos e benefícios** **É preciso avaliar riscos e oportunidades**

A avaliação de políticas deve considerar riscos e oportunidades, não apenas custos e benefícios, especialmente diante da provável importância de fatores não quantificáveis ou muitas incertezas. Quando o objetivo é a mudança para transformação, a avaliação deve considerar os efeitos das políticas nos processos de mudança na economia, junto com os resultados esperados.
- Modelos de políticas e avaliação são neutros** **É preciso conhecer os vieses das políticas**

A construção de modelos econômicos inevitavelmente envolve muitas escolhas que influenciarão seus resultados e não há respostas “certas”. É preciso tomar consciência dos vieses existentes, fazer escolhas de modelos de forma transparente e, sempre que possível, usar vários modelos em vez de um único.

Introdução

O projeto Economia da Inovação Energética e Transição do Sistema (*Economics of Energy Innovation and System Transition - EEIST*) foi criado para reunir novos entendimentos e análises econômicas para fundamentar decisões políticas para a ampla descarbonização das economias, conforme estabelecido nos objetivos do Acordo de Paris. O primeiro relatório do projeto, *The New Economics of Innovation and Transition: Evaluating Opportunities and Risks*², lançado na COP26, revisa evidências e teoria para explicar as limitações dos métodos tradicionais e justificar uma nova abordagem na avaliação de políticas. De acordo com o relatório, as políticas centrais em alguns dos casos de maior sucesso de transição de baixo carbono até agora foram implementadas apesar da análise e do aconselhamento econômicos tradicionais (e não por causa deles).

Com base nessa conclusão, o presente relatório estabelece 10 princípios para fundamentar a tomada de decisões políticas no contexto da transição energética, de forma a ajudar os governos a fazer escolhas bem-sucedidas com maior frequência. Os “Dez Princípios” do título do relatório serão chamados, daqui por diante, apenas como “os princípios”. Eles se baseiam na experiência e em evidências da literatura acadêmica³ e no trabalho de parceiros do projeto EEIST na China, Índia, Brasil, União Europeia e Reino Unido. Ao apresentar cada princípio, discutiremos as evidências empíricas que o fundamentam e traremos um caso ilustrativo, buscando cobrir uma ampla gama de geografias.

Os Dez Princípios são apresentados e definidos juntamente com alguns princípios usualmente presentes nos manuais econômicos tradicionais (normalmente derivados do modelo de equilíbrio geral), os quais pressupõem que o objetivo da política, particularmente onde os mercados já estão estabelecidos, é fazer mudanças “marginais”, ou seja, mudanças incrementais nos sistemas existentes sem promover impulsionar mudanças profundas nas tecnologias e estruturas da maneira mais eficiente. Referimo-nos a este tipo de orientação como “princípios tradicionais”. A forma como esses princípios tradicionais vem sendo utilizados e implementados tem variado muito no tempo e conforme os setores e os países, bem como em quão fortemente eles vêm sendo recomendados (ou com quantas ressalvas). Assim, os princípios tradicionais são necessariamente um pouco estilizados e frequentemente apresentadas como “ideais” nos manuais de economia. Apresentamos esses

princípios tradicionais para aprofundar a compreensão de como os princípios propostos podem trazer novos elementos para a tomada de decisões.

É importante ressaltar que os Dez Princípios propostos não se destinam necessariamente a substituir os tradicionais em todas as situações. Faremos uma breve discussão dos contextos em que os princípios tradicionais surgiram e diferenciar, sempre que possível, entre seus respectivos domínios de aplicabilidade. Também vamos explicar como os Dez Princípios buscam incorporar a experiência mais recente e a evidência empírica da literatura internacional das últimas três décadas, de maneira a fornecer insights relevantes para o contexto da transição energética. À medida que mais pesquisadores e analistas de políticas se envolvem com este e outros trabalhos relacionados e que mais evidências se tornam disponíveis, os Dez Princípios podem servir como um ponto de partida útil.

Para começar, ressalta-se que as abordagens tradicionais de avaliação de políticas são muitas vezes essencialmente “estáticas”. Isso significa que, normalmente, as abordagens tradicionais visam prever os efeitos da política em um determinado momento com base na suposição de que essas decisões terão pouco ou nenhum impacto sobre a estrutura dos mercados e os sistemas existentes e de que, com o tempo, o mundo muda, mas muda tão marginalmente que essas mudanças não nem afetadas pela própria política e nem perturbaram os pressupostos fundamentais dessas mesmas políticas.⁴ Tais abordagens são, portanto, mais adequadas para situações em que se buscam

2 Grubb, M., Drummond, P., Mercure, J-F., Hepburn, C., Xiliang, Z., Mathur, R., Ferraz, J.C., Roventini, A., Kelkar, U., Anadon, L.D., Clark, A., Ives, M., Jones, A., Barbrook-Johnson, P., Gao, J., Kolesnikov, S., Lam, A., Ramos, L., Pasqualino, R., Penasco, C., Pollitt, H., Salas, P., Waghray, K., Zhu, S., Sharpe, S., “The New Economics of Innovation and Transition: Evaluating Opportunities and Risks”, EEIST Report to COP26, www.eeist.co.uk/reports; UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy.

3 Ver, por exemplo, Peñasco, C., Anadon, L.D., Verdolini, E. ‘ Systematic review of the outcomes and trade-offs of ten types of decarbonization policy instruments ’ *Nature Climate Change* (2021). doi.org/10.1038/s41558-020-00971-x

4 Stern, N. (2022). ‘A Time for Action on Climate Change and a Time for Change in Economics.’ *The Economic Journal*, Volume 132, Issue 644, May 2022, Pages 1259–1289, doi.org/10.1093/ej/ueac005

ou esperam apenas mudanças marginais – por exemplo, onde as indústrias, as instituições e o *market-share* das tecnologias estabelecidas permanecem em grande parte inalterados.

Entretanto, fortes evidências sugerem que a descarbonização deu início a uma ampla transformação econômica global por meio de diversas políticas de promoção de P&D e implementação de energia limpa. Ao longo dos últimos 30 anos, assistimos à criação de indústrias globais inteiramente novas e interdependências crescentes entre tecnologias e setores, como demonstrado, por exemplo, pela crescente eletrificação do transporte pessoal. Cada vez mais, as opções de menor custo para a descarbonização a médio e longo prazo devem envolver mudanças econômicas estruturais. Isto significa que são necessárias novas abordagens para a avaliação das políticas: abordagens que considerem a mudança estrutural e possam ajudar os tomadores de decisão a gerenciar a transição energética de forma a maximizar as oportunidades e minimizar os custos e riscos. Considerando que, tradicionalmente, a avaliação de políticas muitas vezes se concentrou na alocação de recursos de forma eficiente no âmbito de estruturas de mercado fixas, neste novo contexto a análise da eficiência alocativa precisa ser complementada com novos olhares, especificamente no que diz respeito à “eficiência dinâmica” – isto é, quão bem as políticas alcançam a mudança desejada ao longo do tempo –, e a questões de justiça social.

Visando atender às novas necessidades em termos de políticas no contexto da transição energética, o presente relatório sintetiza o trabalho de pesquisadores e analistas de diversos países abordando o que foi aprendido, nas últimas três décadas, sobre os diferentes esforços para descarbonizar os setores produtores de eletricidade e os consumidores de energia, centrando-se principalmente em geração, transporte e instalação. Os Dez Princípios foram desenvolvidos e agrupados em dois tópicos: Formulação de Política (princípios 1-5) e Avaliação de Política (princípios 6-10). O primeiro grupo trata de princípios para apoiar a formulação de políticas para estimular e ampliar o desenvolvimento e a implantação de tecnologias limpas. O segundo grupo traz princípios preocupados com a necessidade de considerar dimensões, oportunidades e riscos adicionais no processo de avaliação de políticas, bem

como com o próprio processo em si, a fim de garantir que, na medida do possível, não deixe de avaliar as incertezas, as oportunidades, o conhecimento local e o contexto – algo que vai, necessariamente, exigir o engajamento contínuo de muitos *stakeholders* diferentes, incluindo comunidades vulneráveis e marginalizadas.

Embora esses Dez Princípios possam, em teoria, embasar a elaboração de políticas em diferentes situações, o contexto em que elas são formuladas e implementadas varia consideravelmente conforme o setor e o local. Portanto, uma abordagem pragmática ao desenho e à implementação das políticas deve levar em conta diferentes contextos e culturas institucionais e políticas. Por exemplo, é fundamental compreender como os *stakeholders* encarregados da implementação das políticas em uma dada localidade são envolvidos, incentivados, capacitados ou mesmo marginalizados. Além disso, os impactos de algumas políticas em termos de inovação, descarbonização, competitividade e equidade social variam entre países conforme o número de empresas públicas, a estrutura e a capacidade industrial de cada localidade.

O nosso trabalho também sublinha a importância e a complexidade dos investimentos relacionados à transição energética. Além dos princípios propostos, identificamos a importância de mudanças na política fiscal e na regulação financeira para garantir que os investidores institucionais e outros atores empreguem quantidades muito maiores de capital em soluções de tecnologia de energia limpa. Isso pode envolver incentivos e outros instrumentos monetários adicionais, incluindo obrigações fiduciárias (*fiduciary duties*), *capital requirements*, *quantitative easing* e outras regulações. Não é objetivo aqui abranger todos os aspectos da política fiscal ou da regulação financeira relacionada à transição energética, já que nosso foco é no desenvolvimento da política energética.

As evidências revisadas neste relatório sugerem que a adequada implementação desses princípios pode ajudar a lidar com muitas das barreiras identificadas na ampliação do investimento em tecnologia limpa⁵. Pode também contribuir para atualizar nossa maneira de pensar sobre o que funciona e o que não funciona na promoção de transição de carbono zero.

PARTE 1

PRINCÍPIOS PARA A FORMULAÇÃO DE POLÍTICAS

O progresso na inovação energética e na transição para uma economia de baixo carbono tem sido muitas vezes impulsionado por políticas além daquelas mais recomendadas nos manuais de economia tradicionais



PRINCÍPIO I:

É preciso fazer escolhas tecnológicas

Princípio tradicional: A política deve ser neutra em termos de tecnologia



Resumo: Em um contexto de inovação e de mudança estrutural, quase sempre as políticas beneficiarão mais algumas tecnologias do que outras. É melhor escolher deliberadamente do que acidentalmente, apoiando a inovação de baixo carbono. Algumas políticas têm a intenção de serem neutras, mas podem acabar sendo enviesadas em relação aos incumbentes e a mudanças incrementais.

Fundamentação do princípio tradicional

É comum ouvir na arena da política energética e climática que as políticas devem ser “neutras em termos de tecnologia”, ou seja, que os incentivos de mercado devem impulsionar escolhas tecnológicas no sentido de garantir uma redução de emissões de gases de efeito estufa que tenha bom custo-benefício⁶. O objetivo da neutralidade tecnológica aqui é geralmente invocado com o argumento de que as políticas e os governos não devem “escolher os vencedores” e, ao contrário, devem permitir a competição entre tecnologias alternativas em condições de igualdade⁷. É também utilizado no contexto de preocupações de “captura regulatória” da autoridade pública por interesses privados.

No contexto apropriado, a neutralidade tecnológica pode ser uma ferramenta poderosa capaz de promover o surgimento de novas ideias (por exemplo, quando se tem rodadas de financiamento de P&D “abertas” a diferentes tecnologias ou fornecendo algum nível de financiamento em bloco⁸) e de preços, flexibilidade e concorrência (por exemplo, no contexto de precificação do carbono^{9,10}). Além disso, alguns trabalhos empíricos clássicos demonstram que as escolhas tecnológicas podem ser impulsionadas por ou conduzir ao clientelismo (o favorecimento de pessoas conectadas a funções governamentais ou de contratos em bases não competitiva) ou a falhas de governo¹¹ (em termos econômicos, os governos e os mercados podem ser assolados por falhas comparativamente ao melhor cenário teórico).

Limitações do princípio tradicional

Apesar de proeminente, o conceito de neutralidade tecnológica é muitas vezes mal definido e compreendido¹². Uma razão para isso é que, dependendo do instrumento de política adotado, do contexto e do objetivo, a neutralidade tecnológica pode ser utilizada para discutir o favorecimento ou a “escolha” de setores da indústria, partes do sistema de energia (por exemplo, transporte versus eletricidade), diferentes tecnologias para gerar eletricidade (por exemplo, eólica versus solar ou eólica *onshore* versus *offshore*) ou projetos de tecnologia específicos (por exemplo, um projeto específico de *direct air capture*). Em outras palavras, em alguns casos, a parte da “tecnologia” parece estar se referindo aos usos, em outros casos aos dispositivos e mesmo a diferentes níveis de granularidade. Portanto, o princípio da neutralidade tecnológica pode ser de difícil definição.

A neutralidade tecnológica também é um conceito difícil de implementar na prática – e em algumas circunstâncias, impossível. Obviamente, em atividades de P&D, um programa de pesquisa pode apoiar o desenvolvimento de uma série de tecnologias, mas não pode apoiar tudo: algo tem que ser pesquisado e algo tem que ser desenvolvido. Escolhas têm de ser feitas. Menos obviamente, porém igualmente importante, o efeito de uma política focada na formação de mercado em dado setor terá diferentes impactos em diferentes tecnologias. Uma política que incentiva o aproveitamento de oportunidades menos

6 Lehman, P., Gawel, E., Korte, K. (2018). Neutralidade tecnológica: Uma Avaliação Crítica. Neutralidade Tecnológica no Contexto dos Transportes. Agora Verkehrswende. Helmholtz Centre for Environmental Research. Disponível em: www.ufz.de/index.php?en=46374

7 Powell, J. (2011). Why politicians lose so much money trying to pick winners. *Forbes*. October 24. Disponível em: www.forbes.com/sites/jimpowell/2011/10/24/why-politicians-lose-so-much-money-trying-to-pick-winners/?sh=5ecf4cf742af

8 Anadon, LD, Chan, G, Bin-Nun, A, Narayanamurti, V. (2017). The pressing energy innovation challenge of the U.S. national labs. *Nature Energy* 1: 161-17. doi:10.1038/nenergy.2016.117; Chan, G, Goldstein, AP, Bin-Nun, A, Anadon, LD, Narayanamurti, V. (2017) 'Six principles for energy innovation.' *Nature* 552: 25-27; Wang, J, Lee, Y-N, Walsh, J-P. (2018) Funding model and creativity in science: Competitive versus block funding and status contingency effects. *Research Policy* 47(6), 1070-1083.

9 Stavins, R.N. (1998). What Can We Learn from the Grand Policy Experiment? Lessons from SO2 Allowance Trading. *The Journal of Economic Perspectives*. Vol. 12, No. 3 (Summer, 1998), pp. 69-88; Schmalensee, R., Stavins, R.N. (2013). The SO2 Allowance Trading System: The Ironic History of a Grand Policy Experiment. *Journal of Economic Perspectives* (27)1, 103-122.

10 Metcalf, G.E. (2009). Tax Policies for Low-Carbon Technologies. *National Tax Journal*. Vol. 62, No. 3, pp. 519-533.

11 Cohen, L.R., Noll, R. (1991). *The Technology Pork Barrel*. Brookings Press. Washington D.C., USA. June 1, 1991.

12 Greenberg, B.R. (2016). Rethinking Technology Neutrality. *Minnesota Law Review* 207 (Vol. 100, page 1495.) scholarship.law.umn.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1206&context=mlr

onerosas para a redução das emissões no curto prazo tende a encorajar o uso (e, por conseguinte, mais desenvolvimento) de tecnologias limpas relativamente mais maduras (e, portanto, menos onerosas). O efeito relativo de uma determinada política em diferentes tecnologias deve variar não só em função dos custos relativos dessas tecnologias num dado momento do tempo, mas também em função de fatores como a infraestrutura disponível, as estruturas de mercado e o custo do capital.

Como todos esses fatores tendem a pesar a favor das tecnologias mais maduras, a política considerada neutra pode acabar discriminando tecnologias emergentes ou futuras e, potencialmente, até mesmo promovendo ou reforçando um viés pela manutenção do *status quo*.¹³ Em situações que envolvem mudanças estruturais, essa tendência a favorecer mudanças incrementais pode reduzir a velocidade do avanço tecnológico e dificultar a redução de custos necessária em setores-chave da economia para atingir as metas da mudança climática.



O caso do Princípio I

Considerando que, em matéria de política, não há como apoiar todas as tecnologias da mesma maneira, o formulador de políticas deve fazer escolhas tecnológicas de forma deliberada ou aleatória. As tecnologias incumbentes tendem a se beneficiar das redes existentes, de assimetrias de informação e do *lock-in* institucional¹⁴, que normalmente reforçam a posição de dominância. Essa natureza *path-dependent* da tecnologia e do desenvolvimento econômico significa que, aparentemente, qualquer escolha em favor de uma tecnologia ou de outra num dado momento do tempo pode ter grandes consequências no longo prazo. Nossa proposta é que a escolha deliberada é preferível à escolha aleatória, dado que, embora as incertezas não possam ser eliminadas, há fundamentos empíricos para embasar as escolhas deliberadas de forma razoável.

Evidências mostram que, pelo menos até o momento, instrumentos de política *não* desenhados de forma neutra em termos de tecnologia são os principais responsáveis pelo grande (e largamente inesperado¹⁵) progresso recente no sentido da redução de custos e aumento do uso de tecnologias-chave na área de energia, especialmente envolvendo incentivos e regulações para promover o uso e o crescimento do mercado de tecnologias em estágios iniciais¹⁶. Em particular, o rápido progresso tecnológico em áreas como energia solar fotovoltaica, energia eólica *onshore* e *offshore*, concentração de energia solar e baterias de íons de lítio para veículos elétricos, por exemplo, não foi impulsionado por investimentos genéricos em P&D e precificação de carbono, mas sim por “pacotes de políticas de inovação” que impulsionaram a redução de custos e a adoção dessas tecnologias¹⁷, mas que também envolveram muitas escolhas tecnológicas deliberadas por parte de governos em muitos países ao longo de décadas. Incluem-se aí políticas de incentivo à demanda, como padrões de eficiência energética, portfólio renovável ou padrões de combustível, tarifas de *feed-in* e leilões, bem como P&D (direcionado ou não) e apoio ao uso.

A história da energia solar fotovoltaica é agora um exemplo clássico de países que implementaram diferentes políticas “escolhendo” a energia solar fotovoltaica –, incluindo P&D e compras públicas (EUA), subsídios de mercado para uso residencial (Japão), tarifas do tipo *feed-in* (Alemanha) e subsídios para ganho de escala (China) –, resultando em custos decrescentes a uma taxa de mais de 10.000 desde o início da comercialização dessas tecnologias seis décadas atrás¹⁸. Na verdade, as razões para dedicar atenção e recursos à energia solar, apesar dos altos custos iniciais por unidade de energia, se devem a seu potencial: a energia solar é de longe a maior, mais intensa e mais amplamente distribuída fonte de energia limpa do mundo¹⁹.

13 Ibid.

14 Hepburn, C., Stern, N., Stiglitz, J. E. (2020). Carbon pricing. *European Economic Review*, 127, 103440.

15 Meng, J., Way, R., Verdolini, E., Anadon, L.D. (2021) Comparing expert elicitation and model-based probabilistic technology cost forecasts for the energy transition. *PNAS* 118(27). doi.org/10.1073/pnas.1917165118

16 Peñasco, C., Anadon, L.D., Verdolini, E. (2021) 'Systematic review of the outcomes and trade-offs of ten types of decarbonization policy instruments.' *Nature Climate Change*. doi.org/10.1038/s41558-020-00971-x

17 IPCC. (2022). Intergovernmental Panel on Climate Change 6th Assessment Report Working Group III on Mitigating Climate Change. Summary for Policy Makers. B.4. Além disso, o Capítulo 16. report.ipcc.ch/ar6wg3/pdf/IPCC_AR6_WGIII_FinalDraft_FullReport.pdf report.ipcc.ch/ar6wg3/pdf/IPCC_AR6_WGIII_SummaryForPolicymakers.pdf

18 Nemet, G.F. (2019). How solar became cheap. *Routledge*. London and New York.

19 Hoppmann, J., Anadon, L.D., Narayanamurti, V. 'Why matter matters: how technology characteristics shape the strategic framing of technologies.' *Research Policy* (2020) 49:1, 103882. Doi: doi.org/10.1016/j.respol.2019.103882

The unit costs of some forms of renewable energy and of batteries for passenger EVs have fallen, and their use continues to rise.

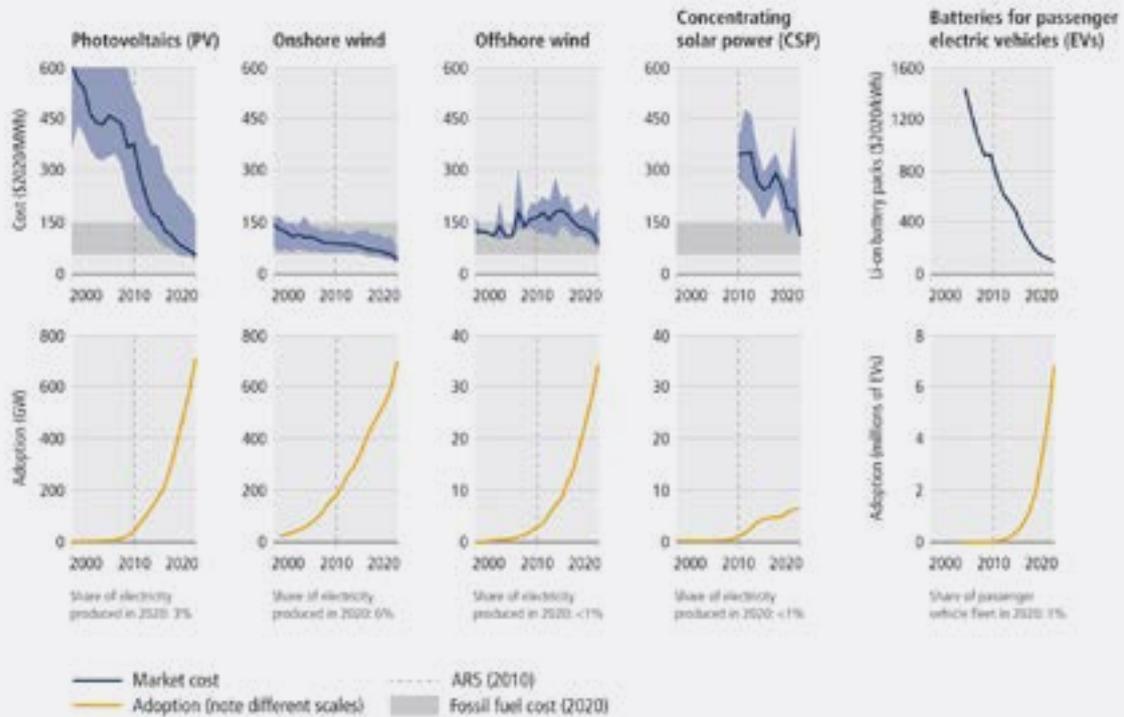


Figura 1: Custo unitário decrescente e uso de algumas tecnologias em rápido desenvolvimento. O painel superior mostra os custos globais por unidade de energia (US\$/MWh) para algumas tecnologias em rápido desenvolvimento. As linhas azuis sólidas indicam o custo unitário médio em cada ano. Áreas sombreadas em azul claro mostram o intervalo entre os percentuais 5 e 95 em cada ano. O sombreamento cinzento indica a gama de custos unitários para novas energias de combustíveis fósseis (carvão e gás) em 2020 (correspondente a US\$ 55–148 por MWh). Em 2020, os custos nivelados da energia (LCOE) das quatro tecnologias de energias renováveis poderiam competir com os combustíveis fósseis em muitos lugares. Para baterias, os custos mostrados são de 1 kWh de capacidade de armazenamento de bateria; para os outros, os custos são LCOE, que inclui custos de instalação, capital, operações e manutenção por MWh de eletricidade produzida. A literatura usa LCOE porque permite comparações consistentes de tendências de custo através de um conjunto diversificado de tecnologias de energia a serem feitas. No entanto, não inclui os custos da integração da rede nem os impactos climáticos. Além disso, a LCOE não leva em consideração outras externalidades ambientais e sociais que possam modificar os custos gerais (monetários e não monetários) das tecnologias e alterar seu uso. O painel inferior mostra a adoção global cumulativa para cada tecnologia, em GW de capacidade instalada para energia renovável e em milhões de veículos para veículos elétricos à bateria. Uma linha tracejada vertical é colocada em 2010 para indicar a mudança desde AR5. As participações de eletricidade produzida e a participação de frota de veículos de passageiros são indicadas no texto para 2020 com base em dados provisórios, ou seja, a porcentagem da produção total de eletricidade (para energia fotovoltaica, eólica em terra, eólica offshore, CSP) e do balanço total de veículos de passageiros (para veículos elétricos). A participação da produção de eletricidade reflete diferentes fatores de capacidade; por exemplo, para a mesma quantidade de capacidade instalada, o vento normalmente produz cerca de duas vezes mais eletricidade do que a solar fotovoltaica. Reduções rápidas de custos semelhantes foram observadas na iluminação de estado sólido²⁰. **Fonte** IPCC SPM3 Figura²¹.

²⁰ Weinold, M, Kolesnikov, S, Anadon, LD. 'Quantifying the impact of performance improvements and cost reductions from 20 years of light emitting diode manufacturing.' *Proceedings of the International Society for Optics and Photonics (SPIE). Light-Emitting Devices, Materials, and Applications XXV (2021): 1170611.*

²¹ IPCC (2022). Intergovernmental Panel on Climate Change. 6th Assessment Report, Working Group III on Mitigating Climate Change. Summary for Policy Makers. Disponível em: www.ipcc.ch/report/ar6/wg3

Há também outras razões pelas quais políticas deliberadamente focadas no apoio a tecnologias específicas devem acelerar a geração de inovação e conduzir a uma melhor relação custo-eficácia num sentido dinâmico ao longo do tempo. A experimentação, a produção e a instalação podem levar a reduções de custos por meio do aprender fazendo e de economias de escala (ver Princípio 2). O processo de aprender fazendo pode ser entendido como uma externalidade positiva (as empresas que usam as tecnologias não se apropriam totalmente dos benefícios dessa experiência^{22,23}) e como um *feedback* de reforço: quanto mais algo é feito, mais aprendemos a fazê-lo melhor; isso leva a mais demanda e mais produção. Em termos econômicos, aprender fazendo pode gerar benefícios para as empresas e atores para além daqueles envolvidos na produção e/ou instalação e, por conseguinte, resultar em mais transbordamentos (*spill overs*). Economias de escala²⁴ também podem gerar *feedback* de reforço: quanto mais a escala unitária de produção aumenta, mais o custo de cada unidade cai; isso tende a aumentar a demanda, levando a mais produção. Políticas focadas em tecnologias específicas podem fortalecer diretamente esses *feedbacks* de reforço, dando à política um efeito de autoamplificação, levando a um progresso tecnológico acentuado ao longo do tempo para algumas tecnologias. Em contraste, as políticas “tecnologicamente neutras” podem, em alguns casos, simplesmente incentivar o sistema de combustíveis fósseis existente a funcionar de forma mais eficiente, situação em esses *feedbacks* não são reforçados.

Além disso, é provável que a geração de inovações, melhorias e reduções de custos se sustentem de maneira mais séria ao longo do tempo quando há alinhamento entre o “impulso tecnológico” (*technology-push*) gerado por P&D e o “impulso à demanda” (*demand-pull*) gerado por políticas de criação de mercado. Aqui, a escolha tecnológica consciente pode ajudar a política a buscar esse alinhamento.

Conforme ilustrado no estudo de caso I sobre a energia eólica no Reino Unido, houve grandes benefícios públicos em termos de inovação e redução de custos e também da abertura de novos recursos nacionais importantes, decorrentes da implantação de políticas de uso de tecnologias específicas, primeiro focadas em energia eólica e solar onshore e mais tarde em energia eólica *offshore*.

Em suma, é preciso fazer escolhas tecnológicas. Fazer escolhas tecnológicas será necessário dependendo em grande parte (mas não apenas) das expectativas em relação ao processo de aprender fazendo, às economias de escala geradas e aos custos financeiros envolvidos. Por sua vez, os instrumentos de política preferidos para descarbonizar setores específicos vão depender da quantidade e dos custos das tecnologias disponíveis, da estrutura do setor, da informação e do financiamento disponíveis e do contexto do país. Por exemplo, a existência de regulações neutras em termos de tecnologia ou o preço do carbono podem ser suficientes para estimular o desenvolvimento e o uso de tecnologias em mercados nos quais há diversas tecnologias alternativas disponíveis que sejam quase competitivas com as tecnologias incumbentes. Por outro lado, nos setores econômicos em que as alternativas são poucas e caras, o preço do carbono pode ter eficácia limitada e uso específico, e podem ser necessários esforços focados na geração de demanda (*demand-pull*) específicos para dados setores e contextos nacionais, com vistas a trazer novas tecnologias aos mercados.

Para progredir em áreas ou setores que são atualmente difíceis de descarbonizar, são necessários investimentos significativos, financiamento e atenção política, o que significa que também existem limites práticos para o número de tecnologias, setores ou missões que podem e devem ser “escolhidos”. Particularmente quando se trata do uso das tecnologias, é importante selecionar quais dentre as mais dispendiosas devem ser apoiadas. Assim, um critério crucial para a formulação de políticas é de quais tecnologias se podem esperar avanços razoavelmente rápidos até elas se tornarem competitivas com o investimento cumulativo. Pesquisas mostram que, até o momento, o melhor fator preditivo de trajetórias de custos futuros não vem dos modelos ou de especialistas, mas das trajetórias de custos anteriores^{25,26}. Há também algumas novas evidências de que as tecnologias mais granulares ou modulares (como as destacadas na Figura 1) têm experimentado trajetórias de custos decrescentes (ou taxas de aprendizado) consistentemente mais rápidas quando comparadas a tecnologias mais volumosas e personalizadas, como a energia nuclear²⁷. As evidências mais robustas apontam, sobretudo, para a importância de se usar as reduções de custos anteriores, especialmente aquelas que ocorrem após a comercialização muito precoce da tecnologia, para entender o futuro diante da incerteza.

22 Thompson, P. (2010). Learning by doing. *Handbook of the Economics of Innovation* 1(10):429-476.;

23 National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2016). *The Power of Change: Innovation for Development and Deployment of Increasingly Clean Electric Power Technologies*. Washington, DC: The National Academies Press. doi.org/10.17226/21712

24 Gillingham, K., and J. Sweeney. 2010. Market failure and the structure of externalities. In *Harnessing renewable energy in electric power systems: Theory, practice, policy*, edited by B. Moselle, J. Padilla, and R. Schmalensee. Washington, DC: RFF Press. Pp. 69-91.

25 Farmer, J.D., Lafond, F. (2016). How Predictable Is Technological Progress? *Research Policy* 45, 647 – 655

26 Meng, J., Way, R., Verdolini, E., Anadon, LD. (2021) Comparing expert elicitation and model-based probabilistic technology cost forecasts for the energy transition. *PNAS* 118(27). doi.org/10.1073/pnas.1917165118

27 Wilson et al. (2019). ‘Granular technologies to accelerate decarbonization.’ *Science* 368(6486):36-39.; Meng, J., Way, R., Verdolini, E., Anadon, LD. (2021) Comparing expert elicitation and model-based probabilistic technology cost forecasts for the energy transition. *PNAS* 118(27). <https://doi.org/10.1073/pnas.1917165118>; Malhotra, A., Schmidt, T.S. (2020). ‘Accelerating Low-Carbon Innovation’. *Joule* 4(11):2259-2267.

Quando se toma a decisão de apoiar uma tecnologia específica com incentivos financeiros, pode ser útil propor ações que garantam a descontinuação dos incentivos uma vez que os objetivos da política sejam alcançados, para evitar o *lock-in* das tecnologias no longo prazo, evitar que sofram a captura estatal ou regulatória. (Este ponto é explorado mais detalhadamente no Princípio 6.)

Em suma, a escolha e a priorização da tecnologia devem ser estratégicas, transparentes, responsáveis e adaptáveis (ver Princípio 6). Sempre que possível, pode-se fazer uso efetivo de uma abordagem de portfólio²⁸ e envolver uma combinação de políticas (Princípio 5). A *escolha estratégica*

envolve focar em fontes substanciais de emissões que exigem grandes saltos tecnológicos, onde o risco de falha em termos de desempenho ou custo da tecnologia é muito grande e as empresas são menos propensas a investir sem a intervenção do setor público. Áreas com essas características também podem ser identificadas usando o Princípio 9 e podem incluir hidrogênio verde, produção líquida de aço e cimento zero, energia distribuível de longo prazo e aviação e transporte “net zero”. A adaptabilidade é importante não só para se gerar inovação a um bom custo-benefício, mas também para reduzir riscos de impactos distributivos desiguais (ver Princípio 7).

²⁸ Way, R, Lafond, F, Lillo, F, Panchenkof, V, Farmer, D. (2019). Wright meets Markowitz: How standard portfolio theory changes when assets are technologies following experience curves. *Journal of Economic Dynamics and Control* 101:211-238.



ESTUDO DE CASO 1:

energia eólica offshore no Reino Unido

[Resumo em grande parte de^{29,30,31}]

Por muito tempo, a energia eólica *offshore* representou uma oportunidade interessante para a produção doméstica de energia no Reino Unido, dado o potencial da capacidade de engenharia *offshore* do Mar do Norte e da indústria do Reino Unido. No entanto, em 2008, os primeiros testes geraram energia em torno de £ 170/MWh, muitas vezes maior do que o custo da eletricidade produzida pelas tecnologias estabelecidas³².

Em 2002, para cumprir a sua meta de 10% de energia a partir de energias renováveis até 2010, o governo do Reino Unido introduziu a *Renewables Obligation* (RO), um mecanismo de certificado verde negociável que fornece subsídios além do preço de mercado da eletricidade. O mecanismo era originalmente neutro em termos de tecnologia (ou seja, um certificado era emitido por unidade de energia gerada por qualquer gerador renovável) e o resultado deveria favorecer o desenvolvimento de tecnologias maduras e de menor custo (principalmente eólica *onshore*), com subsídios potencialmente excessivos, ao mesmo tempo não incentivar investimentos em projetos eólicos *offshore* mais arriscados e dispendiosos³³.

Para resolver este problema, o governo introduziu, em 2009, o sistema de “*banding*” tecnológico, através do qual foi emitido um número diferente de certificados – e, portanto, a concessão de subsídios diferenciados – para tecnologias em diferentes níveis de maturidade. Isso dobrou o volume de apoio para diversas tecnologias imaturas, incluindo a eólica *offshore*, ao mesmo tempo que o reduziu para tecnologias mais maduras. Essa iniciativa foi viabilizada por duas políticas diferentes: (a) a criação do *Offshore Wind Accelerator* (desenvolvido e gerenciado pela Carbon Trust, apoiada pelo governo), que reuniu nove principais desenvolvedores eólicos *offshore* para acelerar a comercialização e a redução de custos; e (b) o leilão de direitos pela Crown Estate por espaço do leito marinho que poderia fornecer mais de 32 GW de capacidade

offshore. A concessão de subsídios estáveis e generosos como parte dos certificados RO para a eólica *offshore* deu aos participantes espaço para experimentar e se desenvolver, levando ao aprendizado (aprender-fazendo) e reduzindo custos em toda a cadeia de suprimentos, inclusive no setor financeiro.

Em 2013, a modalidade RO foi substituída por Contratos de Diferenças (CfDs) com preços fixos. A nova capacidade renovável a ser concedida para esses contratos era dividida em diferentes “recipientes” tecnológicos de acordo com os níveis de maturidade, refletindo as lições aprendidas com o RO, e a necessidade de garantir apoio foi canalizada para uma gama de tecnologias e não apenas para aquelas com custos já relativamente baixos.

Depois da alocação inicial generosa de fundos que foi negociada pelo governo, em escala que atraiu investimento estrangeiro para um centro de fabricação do Reino Unido para turbinas eólicas, o governo então passou para leilões competitivos, que renderam “preços de exercício” (price strikes) (receita fixa) de £120/MWh e £114/MWh (nos leilões de 2015), £75/MWh e £58/MWh (nos leilões de 2017), £42/MWh (em leilão de 2019) e, em 2022, £37/MWh (tudo a preços de 2012) – representando uma queda nos custos de mais de dois terços em menos de uma década (ver Figura 2). Isso foi possível por meio de grandes reduções de custos entre instalação e comissionamento, equilíbrio dos custos de plantas e turbinas e, em menor grau, em operações, manutenção e desenvolvimento – induzidos pelo aprendizado por meio da fabricação e pelas economias de escala. O resultado foi que, apenas uma década depois de introduzir o sistema de “*banding*” das tecnologias na modalidade de RO (que em essência “optou pela eólica *offshore*”), o custo da eólica *offshore* tornou-se competitivo em relação à geração de combustíveis fósseis e agora pode ser considerado livre de subsídios.

29 Grubb et al. (2021) The New Economics of Innovation and Transition: evaluating opportunities and risks. EEIST Report. Novembro de 2021. eeist.co.uk/eeist-reports. Wind Energy in the UK and Brazil Annex.

30 Carbon Trust (2006) 'Policy Frameworks for Renewables'. The Carbon Trust. Page 3. Disponível em: www.carbontrust.com/resources/policy-frameworks-for-renewables. Acesso em 5 de julho de 2022.

31 Jennings, T., Tipper, H.A., Daghli, J., Grubb, M., Drummond, P. (2020) Policy, innovation and cost reduction in UK offshore wind, The Carbon Trust, London

32 Grubb et al. (2021) The new economics of innovation and transition: evaluating opportunities and risks. EEIST Report. Novembro de 2021. eeist.co.uk/eeist-reports

33 Carbon Trust (2006) 'Policy Frameworks for Renewables'. The Carbon Trust. Page 3. Disponível em: www.carbontrust.com/resources/policy-frameworks-for-renewables. Acesso em 5 de julho de 2022.

No último leilão, no início de 2022, a nova eólica *offshore* foi contratada por apenas £37/MWh (preços de 2012), para começar a gerar em 2026³⁴ – menos de um quarto do preço da eletricidade disponível no mercado abastecedor quando os contratos foram concedidos. Sob os CfDs, isso significa que os geradores devem gerar retornos substanciais aos consumidores de eletricidade,

tornando a eólica *offshore* substancialmente “negativa em termos de subsídio” se o cenário dos preços atuais por eletricidade perdurar. Isso não poderia ter sido alcançado se a política de apoio renovável tivesse permanecido neutra em termos tecnológicos.



Figure 2: Development of offshore wind prices and costs in the UK. ‘Strike prices’ (in 2012 prices) are the lowest values awarded to offshore wind under CfD FIDER round (pre-defined prices, awarded in 2013), Auction Round 1 (held in 2015), Auction Round 2 (held in 2017) and Auction Round 3 (held in 2019). ROC (Renewable Obligation Certificate) is the estimated value of the subsidy under the RO mechanism. (Source: ³⁵)

34 assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1088875/contracts-for-difference-allocation-round-4-results.pdf

35 Jennings, T., Tipper, H.A., Daglish, J., Grubb, M., Drummond, P. (2020) Policy, innovation and cost reduction in UK offshore wind, The Carbon Trust, London

PRINCÍPIO 2:

É preciso investir e regular para reduzir os custos

Princípio tradicional: Intervenções governamentais aumentam custos



Resumo: Políticas de investimento e regulação bem formuladas podem reduzir o custo das tecnologias limpas, criando um impulso de demanda (“*demand pull*”) pela inovação que complementa o impulso da oferta (*supply push*) de pesquisa e desenvolvimento, fortalecendo a aprendizagem por meio de *feedbacks* no desenvolvimento, no uso e na difusão de tecnologias.

Fundamentação do princípio tradicional

Às vezes, incentivos ou regulações para tecnologias específicas são descritos ou vistos como “ineficientes” porque distorcem alocações de capital mais eficientes a partir dos mercados.

A base teórica para esse argumento é que o mercado em equilíbrio garante a alocação ótima de recursos econômicos. Qualquer intervenção política, a menos que aborde especificamente uma falha de mercado, levará, por definição, a uma alocação de recursos que é inferior. Em termos mais práticos, em parte esse argumento se baseia na ideia de que, no longo prazo, a concorrência pode gerar alta produtividade, crescimento econômico e prosperidade por meio de melhorias na eficiência dos negócios e incentivos à inovação³⁶. Também pressupõe que a regulação ou os incentivos diminuirão a concorrência e a alocação “eficiente”.

Há também análises empíricas de políticas e países que ilustram como, no curto prazo, as políticas fiscais ou regulatórias normalmente resultam no aumento de custos específicos. Por exemplo, um estudo sugeriu que períodos de rápido aumento no financiamento federal de P&D dos EUA entre 1968 e 1994 levaram a aumentos substanciais nos salários dos cientistas³⁷. Outro estudo mostrou que, ao longo de três anos, as regulações de conteúdo local para

energia solar fotovoltaica na Índia levaram a aumentos de curto prazo nos custos de tecnologia em comparação com projetos semelhantes não sujeitos a tais regulações, durante um período de uso em que os custos da tecnologia em leilões com e sem requisitos de conteúdo local estavam caindo³⁸.

Limitações do princípio tradicional

O pressuposto de que a intervenção governamental eleva custos não reflete de fato os objetivos sociais (ou todos os custos, benefícios, riscos e oportunidades), a dinâmica das mudanças tecnológicas ao longo do tempo ou a realidade prática dos mercados. Está bem estabelecido que os mercados não fornecem bens públicos (como defesa ou segurança energética³⁹) por conta própria ou que sempre trabalham de forma eficiente por causa de diversas externalidades, incluindo o aprender fazendo, problemas de informação e poder do mercado⁴⁰.

Mais fundamentalmente, a ideia de “alocação ótima de recursos econômicos” é estática. Ao longo do tempo, uma economia pode trilhar muitas trajetórias de desenvolvimento diferentes – mais do que se pode prever – e nenhuma delas pode ser realmente descrita como “ideal”. Com o tempo, as economias passam por mudanças tecnológicas e estruturais persistentes.

36 Aghion, P, Blundell, P., Griffith, R., Howitt, P., Prantl, S. (2009). The Effect of Entry on Incumbent Innovation and Productivity. *Review of Economics and Statistics* 91 (1), 20-32.

37 Goolsbee, A. (1998). Does Government R&D Policy Mainly Benefit Scientists and Engineers? *American Economic Review* 88 (2): 298–302

38 Probst, B, Anagnostis, V, Kontoleon, A, Anadon, LD. (2020). The short term costs of local content requirements in the Indian solar auctions. *Nature Energy* doi.org/10.1038/s41560-020-0677-7.

39 Golthau, A. (2012). A public policy perspective on energy security. *International Studies Perspectives* 13, 65-84.

40 OFT. (2009). Government in Markets. UK Office of Fair Trading. Disponível em: assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/284451/OFT1113.pdf

A maioria dos empregos hoje não existia em 1940⁴¹, muitos setores que estão prosperando agora não existiam há algumas décadas. Embora no curto prazo sempre haja custos associados, as várias formas de intervenção governamental, incluindo, mas não se limitando

ao financiamento estatal de P&D, compras públicas, investimento direcionado e regulação têm sido cruciais na criação de novos setores econômicos e na melhoria do bem-estar⁴².

41 Autor, D., Mindell, D., Reynolds, E. (2020). *The Work of the Future*. MIT Task Force on the Work of the Future. Available at: workofthefuture.mit.edu/wp-content/uploads/2021/01/2020-Final-Report4.pdf

42 Mazzucato, M. (2013). *The Entrepreneurial State. Debunking Public vs. Private Sector Myths*. Anthem Press. New York, NY, USA.; Janeway, W. (2012). *Doing Capitalism in the Innovation Economy: Markets, Speculation and the State*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.





O caso do Princípio 2

A grade variedade de dados sobre políticas de descarbonização revisados fornece fortes evidências de que há uma ligação entre políticas *demand-pull* – aquelas que moldam os mercados para aumentar a demanda por tecnologias limpas, incluindo alguns incentivos fiscais e algumas regulações⁴³ (por exemplo, incentivos fiscais, padrões de portfólio ou eficiência, tarifas *feed-in*, compras públicas, agregações de demanda e leilões) –, de um lado, e reduções nos custos das principais tecnologias de energia limpa (por exemplo, energia solar fotovoltaica, eólica *onshore* e *offshore*, baterias de íons de lítio e iluminação de estado sólido), de outro⁴⁴. Como destacamos em nosso último relatório, *The New Economics of Innovation and Transition: Evaluating Opportunities and Risks*:

- As políticas de criação de mercado, em particular as tarifas de incentivo *feed-in* (FiTs) e os padrões de portfólio, notadamente na Alemanha e na China, mas também em muitos outros países, têm sido centrais para as significativas reduções de custos que tornaram a energia solar “a eletricidade mais barata da história”.
- Na Índia, as compras públicas foram centrais para reduzir o custo da iluminação eficiente em 85% em quatro anos, e trazer iluminação elétrica para milhões de casas pela primeira vez.
- No Reino Unido, os subsídios direcionados reduziram o custo da eólica *offshore* em cerca de 70% em uma década, tornando esta uma fonte mais barata de geração de eletricidade do que o gás (ver Estudo de Caso 1).

A maioria dessas políticas – alguns incentivos fiscais, algumas regulações – inicialmente elevaram os custos sistêmicos (especialmente os preços da eletricidade), no sentido de que elas apoiaram novas tecnologias que eram a princípio mais caras do que aquelas já estabelecidas. Porém, com o tempo, elas levaram a reduções profundas de custos. Embora os muitos estudos individuais revisados, por si

só, não sejam totalmente capazes de isolar o impacto de políticas específicas sobre a redução de custos, tomadas como um todo, e junto com o fato de que muitos deles controlam fatores importantes possíveis de influência, esses estudos fornecem evidências robustas de que apoiar a implantação em escala leva a reduções de custos setoriais e tecnológicos por meio do aprender fazendo, das economias de escala e de transbordamentos (*spill-overs*) (ver Estudo de Caso 2 sobre redução de custos de tecnologia eólica *onshore* no Brasil).

Esse efeito pode ser entendido nos termos descritos no Princípio 1: o investimento e a regulação com foco específico podem fortalecer diretamente o aprendizado através da prática e as economias de escala (ou seja, reforçando *feedbacks*) e fomentando novas redes e modelos de negócios, todos os quais aceleram a inovação tecnológica, o desenvolvimento, a redução de custos e a difusão. Para se obter os melhores efeitos no longo prazo, essas políticas devem ser estratégicas (ver Princípio 1), complementares (Princípio 5), adaptativas (Princípio 6) e justas (Princípio 7).

Estudos mais amplos sobre inovação mostram ainda que a inovação é cumulativa⁴⁵ e dependente da trajetória (*path-dependent*)⁴⁶. A política desempenha um papel importante no direcionamento do processo de desenvolvimento. Sem tal direcionamento, é provável que os mercados favoreçam indevidamente os incumbentes. De fato, a preocupação com a captura regulatória⁴⁷, uma crítica comum às políticas do tipo *demand-pull*, também pode se aplicar às instituições e regulações existentes que favorecem os combustíveis fósseis.

Conforme sugerido na “Fundamentação do princípio tradicional”, o apoio às tecnologias de energia limpa é uma forma de política industrial chamada de “política industrial verde”⁴⁸ e geralmente envolve (pelo menos) alguns custos de curto prazo. A política industrial é uma área complexa em que há preocupações legítimas sobre falhas

43 A regulamentação pode ser amplamente definida como a imposição de regras pelo governo apoiadas pelo uso de penalidades. Elas são “especificamente destinadas a modificar o comportamento econômico de indivíduos e empresas do setor privado” e podem envolver regras sobre preços, produção, taxa de retorno, divulgação de informações, desempenho particular ou outros padrões etc. (ver OCDE. (2002). Glossary of Statistical Terms. Disponível em: stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=3295)

44 Peñasco, C., Anadon, LD, Verdolini, E. (2021) ‘Systematic review of the outcomes and trade-offs of ten types of decarbonization policy instruments.’ *Nature Climate Change*. doi.org/10.1038/s41558-020-00971-x.; Grubb, M., Drummond, P., Poncia, A., McDowall, W., Popp, D., Samadi, S., Peñasco, C., Gillingham, K., Smulders, S., Glachant, M., Hassall, G., Mizuno, E., Rubin, E.S., Dechezlepretre, A., & Pavan, G. (2021). Induced innovation in energy technologies and systems: a review of evidence and potential implications for CO2 mitigation. *Environmental Research Letters*. iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abde07; Stephan, A., Anadon, LD, Hoffmann, V.H. (2021). How has external knowledge contributed to lithium-ion batteries for the energy transition? *iScience* doi.org/10.1016/j.isci.2020.101995; and Weinold, M, Kolesnikov, S, Anadon, LD. (2021) ‘Quantifying the impact of performance improvements and cost reductions from 20 years of light emitting diode manufacturing.’ *Proceedings of the International Society for Optics and Photonics (SPIE)*. Light-Emitting Devices, Materials, and Applications XXV 2021: 1170611.

45 Arthur, B. (2007). *The Nature of Technology: What it is and how it evolves*. Simon & Schuster. New York, NY, USA.

46 Unruh, G.C. (2000). Understanding carbon lock-in. *Energy Policy* 28(12), 817-830.

47 Dal Bo, E. (2006). Regulatory Capture: A review. *Oxford Review of Economic Policy* 22(2), 203-225

48 Altenburg, T, Rodrik, D. (2017). ‘Chapter 1: Green industrial policy: Accelerating structural change towards wealthy green economies.’ In ‘Green Industrial Policy: Concepts, Policies, Country Experiences.’ Eds. Altenburg, T, and Assmann, C. Geneva, Bonn: UN Environment; German Development Institute / Deutsches Institut für Entwicklungspolitik (DIE). Available at: drodrik.scholar.harvard.edu/files/dani-rodrik/files/altenburg_rodrik_green_industrial_policy_webversion.pdf; Accessed on July 5, 2022..

governamentais, captura e eficiência, mas também lições sobre como fazê-lo bem (ver várias referências aqui⁴⁹).

Em alguns casos, há evidências de que a política pode gerar o efeito de “roubar os negócios” (ou seja, investimentos que ajudam uma empresa a avançar sem melhorar a

produtividade), e em outros casos há evidências de políticas de descarbonização com efeitos adversos relativamente pequenos na competitividade⁵⁰. No entanto, esses efeitos podem ser pequenos em comparação com os ganhos transformacionais descritos acima.

49 “Green Industrial Policy: Concepts, Policies, Country Experiences.” Eds. Altenburg, T, and Assmann, C. Geneva, Bonn: UN Environment; German Development Institute / Deutsches Institut für Entwicklungspolitik (DIE). Disponível em: drodrik.scholar.harvard.edu/files/dani-rodrik/files/altenburg_rodrik_green_industrial_policy_webversion.pdf; Acesso em 05 jul. 2022; Grubb, M. (2014). Planetary Economics, Section 9.11. Routledge, Londres. Rodrik, D. (2014). “Green Industrial Policy.” *Oxford Economic Review*.30 (3) :469-491

50 Peñasco et al (2021) Systematic review of the outcomes and trade-offs of ten types of decarbonisation policy instruments, *Nature Climate Change*. 11, 257-265



ESTUDO DE CASO 2:

Turbinas eólicas no Brasil

[Para obter informações adicionais, consultar⁵¹]

O primeiro gerador de turbinas eólicas instalado no Brasil foi no arquipélago de Fernando de Noronha, em 1992. Foi resultado de uma parceria entre o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) e a Companhia Energética do Estado de Pernambuco (CELPE) e foi financiada pelo Folkecenter, instituto dinamarquês de pesquisa. Devido aos altos custos tecnológicos, dez anos depois, as usinas eólicas ainda eram parte insignificante do total da matriz energética brasileira. Naquela época (por volta de 2001) o custo médio ponderado instalado de energia eólica no Brasil ainda estava acima de US\$ 3.300/kW (2020 US\$/kW)⁵² com um LCOE de US\$ 0,097/kWh (2020 US\$/kWh) (ver Figura 4).

Em 2001, um intenso período de seca resultou em níveis mais baixos de capacidade de geração de energia a partir de usinas hidrelétricas, que historicamente foram responsáveis por cerca de três quartos da geração de energia no país. Este período de seca foi um ponto de inflexão para a energia eólica na perspectiva dos formuladores de políticas. Para resolver o problema, após uma tentativa fracassada em 2001 de elaborar um Programa de Emergência de Energia Eólica (Proeólica) pela Câmara de Gestão de Crises de Energia Elétrica (GCE), o governo criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa) em 2002. Ele tinha o objetivo de aumentar a participação de energia eólica, biomassa e pequenas usinas hidrelétricas na geração de energia elétrica no Operador Nacional do Sistema⁵³ e consistiu em medidas fiscais e regulatórias.

A Proinfa estava em pleno funcionamento em 2004 quando criou um contrato de compra de energia (PPA) para três fontes alternativas de energia renovável que duraram 20 anos a partir do início das operações das usinas, em dezembro de 2011. O sistema de promoção foi baseado em tarifas feed-in, com preços superiores aos

pagos por usinas hidrelétricas e térmicas, financiadas por taxas extras pagas por todos os usuários do sistema⁵⁴ e o estabelecimento de cotas de energia por tipo de energia renovável (1.100 MW para cada uma das três fontes alternativas).

Os produtores independentes não controlados pelas concessionárias de geração, transmissão ou distribuição de energia elétrica estavam sujeitos ao tratamento preferencial no programa, e o financiamento – apoiado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) – ficou condicionado a 60% da cadeia produtiva proveniente de instalações fabris nacionais^{55,56}.

A intervenção governamental nos anos 2000 criou incentivos para desenvolver infraestrutura e tornar o custo de geração eólica *onshore* competitivo no país. O impacto do Proinfa e posteriores leilões específicos de energia renovável no processo de adoção e consolidação da energia eólica no Brasil foi especialmente significativo. Em 2004, o governo brasileiro iniciou uma segunda fase de reforma do mercado de energia elétrica, exigindo que as distribuidoras se engajassem em contratos de longo prazo por meio de leilões competitivos, seguindo o PPA Proinfa no mesmo ano⁵⁷. Foi criado um leilão exclusivo de energia eólica em dezembro de 2009 e um leilão específico para fontes alternativas de energia, no qual a energia eólica foi incluída, em agosto de 2010. Esses esforços continuaram a apoiar o aprendizado através da prática no desenvolvimento de projetos e instalações. Em agosto de 2011, os empreendimentos de energia eólica ganharam contratos em leilões abertos a uma ampla gama de fontes de energia, incluindo gás natural, biomassa e usinas hidrelétricas. Desde então, o setor eólico continuou a ser altamente competitivo em leilões de energia abertos a outras fontes de energia e a implantação cresceu para mais de 21 GW^{58,59} (ver Figura 3).

51 Grubb et al. (2021) The New Economics Of Innovation And Transition: Evaluating Opportunities And Risks. EEIST Report. Novembro de 2021. eeist.co.uk/eeist-reports/Wind Energy in the UK and Brazil Annex.

52 IRENA (2021), Renewable Power Generation Costs in 2020, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

53 Nogueira, L. P.P. (2011). Estado atual e perspectivas futuras para a indústria eólica no Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

54 Castro, N. & Dantas, G. (2008). Lições do PROINFA e do leilão de fontes alternativas para a inserção da bioeletricidade sucroalcooleira na matriz elétrica Brasileira. Em *Congresso Internacional de Bioenergia* (Vol. 30)

55 Nogueira, L. P.P. (2011). Estado atual e perspectivas futuras para a indústria eólica no Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

56 Diniz, T.B. (2018). Expansão da indústria de geração eólica no Brasil: uma análise à luz da Nova Economia das Instituições. *Planejamento e Políticas Públicas*, (50).

57 Rosa, et al. (2013). The evolution of Brazilian electricity market. In *Evolution of Global Electricity Markets* (pp. 435-459). Academic Press.

58 Ibid.

59 Ferreira, A. C., Blasques, L. C. M., & Pinho, J.T. (2014). Avaliações a respeito da evolução das capacidades contratada e instalada e dos custos da energia eólica no Brasil: do PROINFA aos leilões de energia. *Revista Brasileira de Energia Solar*, 5(1).



Figura 3: Capacidade instalada pela eólica no Brasil (MW) e diferentes leilões de energia eólica. Fonte: Elaboração própria com dados de IRENA (2022)⁶¹ e ANEEL (2022)⁶².

Nota: As figuras ao longo do gráfico representam a capacidade de energia eólica concedida em cada rodada de leilão em MW

A preços constantes de abril de 2013, o preço da energia eólica no Proinfra em 2004 foi de US\$ 182,6/MWh, enquanto quase uma década depois, em leilão realizado em dezembro de 2013, o preço caiu para US\$ 59,5/MWh⁶⁰.

Essas regulações e políticas de incentivo fiscal, combinadas com a disponibilidade de financiamento do BNDES – que assumiu uma posição mais arriscada para prover

o financiamento da energia renovável como prioridade política para fomentar o desenvolvimento da capacidade industrial local – têm sido um sucesso: o custo da capacidade instalada de energia eólica caiu 57% entre 2001 e 2020 (o IRENA relata custos em torno de US\$ 1.400/kW) em menos de 20 anos. Como mostrado na Figura 4, o custo nivelado da energia eólica *onshore* (LCOE) também caiu significativamente: de 1999 a 2020, caiu cerca de 70%.



Figura 4: LCOE de energia eólica *onshore* no Brasil (USD/KWh). Fonte: Elaboração própria com dados de IRENA (2021)⁶³.

A eólica fornece hoje cerca de 11,9% da geração de energia elétrica do Brasil⁶⁴ e se tornou a segunda maior fonte de energia da matriz elétrica nacional. As políticas também contribuíram para o crescimento industrial: O Brasil conta hoje com seis fábricas de turbinas e centenas de empresas da cadeia de fornecimento de energia eólica, e o setor apoiou mais de 150 mil empregos até 2016⁶⁵. Mais recentemente, em janeiro de 2022, o governo brasileiro ampliou sua política e regulamentação para incluir parques eólicos *offshore*, que devem cair de custo e aumentar substancialmente a capacidade de energia do país nesta década.

60 Diniz, T. B. (2018). Expansão da indústria de geração eólica no Brasil: uma análise à luz da Nova Economia das Instituições. *Planejamento e Políticas Públicas*, (50).

61 IRENA (2022), Renewable capacity statistics 2022, International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi

62 ANEEL (2022). Resultados dos leilões de expansão da geração. Relatório interativo. Dados por Empreendimento. Disponível em: app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiYmMzN2Y0NGMtcYjEyNy00OTNlLWllYzctZjI0ZTUwMDg5ODE3liwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBlMSlImMj0jR9. Last accessed July 2022.

63 IRENA (2021), Renewable Power Generation Costs in 2020, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

64 Ministério de Minas e Energia (MME) - www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/publicacoes/boletins-mensais-de-energia/2022-2/ingles/4-boletim-mensal-de-energia-abril-2022/view

65 Associação Brasileira De Energia Eólica (ABEEólica). (2020). Boletim Anual de Geração Eólica 2019. São Paulo



PRINCÍPIO 3:

É preciso gerenciar ativamente os riscos para atrair investimento

Princípio tradicional: Mercados autogerenciam riscos de forma ótima



Resumo: A transição de baixo carbono está envolta em muitas incertezas. Os esforços para reduzir os riscos associados com o investimento privado em tecnologias limpas, incluindo a atuação do Estado principal investidor, podem reduzir o risco tecnológico e os custos de financiamento, bem como aumentar consideravelmente as taxas de investimento e implantação.

Fundamentação do princípio tradicional

O cumprimento das metas internacionais de mudança climática requer um aumento significativo do investimento, da ordem de US\$ 1 trilhão por ano entre 2030 e 2050⁶⁶, de diversas fontes, incluindo capital de risco, *private equity*, bancos, agências estatais e investidores institucionais⁶⁷. Há uma expectativa de que os mercados que apoiam essa transformação com a “política de grau de investimento”⁶⁸, que garante que as externalidades sejam custeadas e internalizadas, impulsionarão essa mudança. Os mercados financeiros podem ser mecanismos úteis para uma alocação de capital mais eficiente em resposta a vários tipos de riscos, incluindo alguns tipos de riscos tecnológicos e de preços. Por exemplo, setores financeiros mais desenvolvidos (ou seja, aqueles que tinham mercados maiores e preços mais fundamentados, menos propriedade estatal e fortes direitos dos investidores minoritários) estão associados a melhores alocações de capital em termos de aumento do investimento em indústrias em crescimento e diminuição do investimento em indústrias em declínio quando comparados com setores financeiros “não desenvolvidos”⁶⁹. Também se sabe que as empresas e os mercados financeiros respondem aos preços (incluindo os preços da energia) aumentando a inovação no nível da empresa.⁷⁰

Em alguns casos, o investimento público pode atrair o investimento privado. Por exemplo, a criação do UK Green Investment Bank (GIB) e os investimentos em tecnologia limpa pelo Banco Alemão de Desenvolvimento (KfW) desempenharam um papel importante na mobilização de financiamento privado em muitas áreas tecnológicas. Ao investir em ativos de maior risco, esses investimentos públicos criaram um histórico de mercado e construíram confiança de modo que o investimento privado poderia chegar. No entanto, em outros casos, como tipos de investimentos feitos pelo GIB em biomassa no Reino Unido e investimentos em alguns mercados maduros feitos pela KfW alemã, os investimentos públicos podem ter em parte substituído o investimento privado, uma vez que essas organizações apoiadas pelo setor público tinham expectativas de retorno mais baixas e, portanto, ofereciam capital mais barato do que os investidores privados⁷¹. Quando o investimento público é utilizado para tecnologias renováveis, há “um risco real de que, sem a devida consideração do contexto local, possam dificultar o envolvimento de atores privados, potencialmente competindo (repelindo) empréstimos ou investimentos do setor privado”⁷².

66 McCollum, D.L., W. Zhou, C. Bertram, H.-S. de Boer, V. Bosetti, S. Busch, J. Després, L. Drouet, J. Emmerling, M. Fay, O. Fricko, S. Fujimori, M. Gidden, M. Harmsen, D. Huppmann, G. Iyer, V. Krey, E. Kriegler, C. Nicolas, S. Pachauri, S. Parkinson, M. Pobleto-Cazenave, P. Rafaj, N. Rao, J. Rozenberg, A. Schmitz, W. Schoepp, D. van Vuuren, and K. Riahi (2018). “Energy investment needs for fulfilling the Paris Agreement and achieving the Sustainable Development Goals.” *Nature Energy*, 3, 589-599.

67 PEW Charitable Trust, 2010. *Who’s Winning the Clean Energy Race?*, 2010 ed. G-20 Investment Powering Forward.

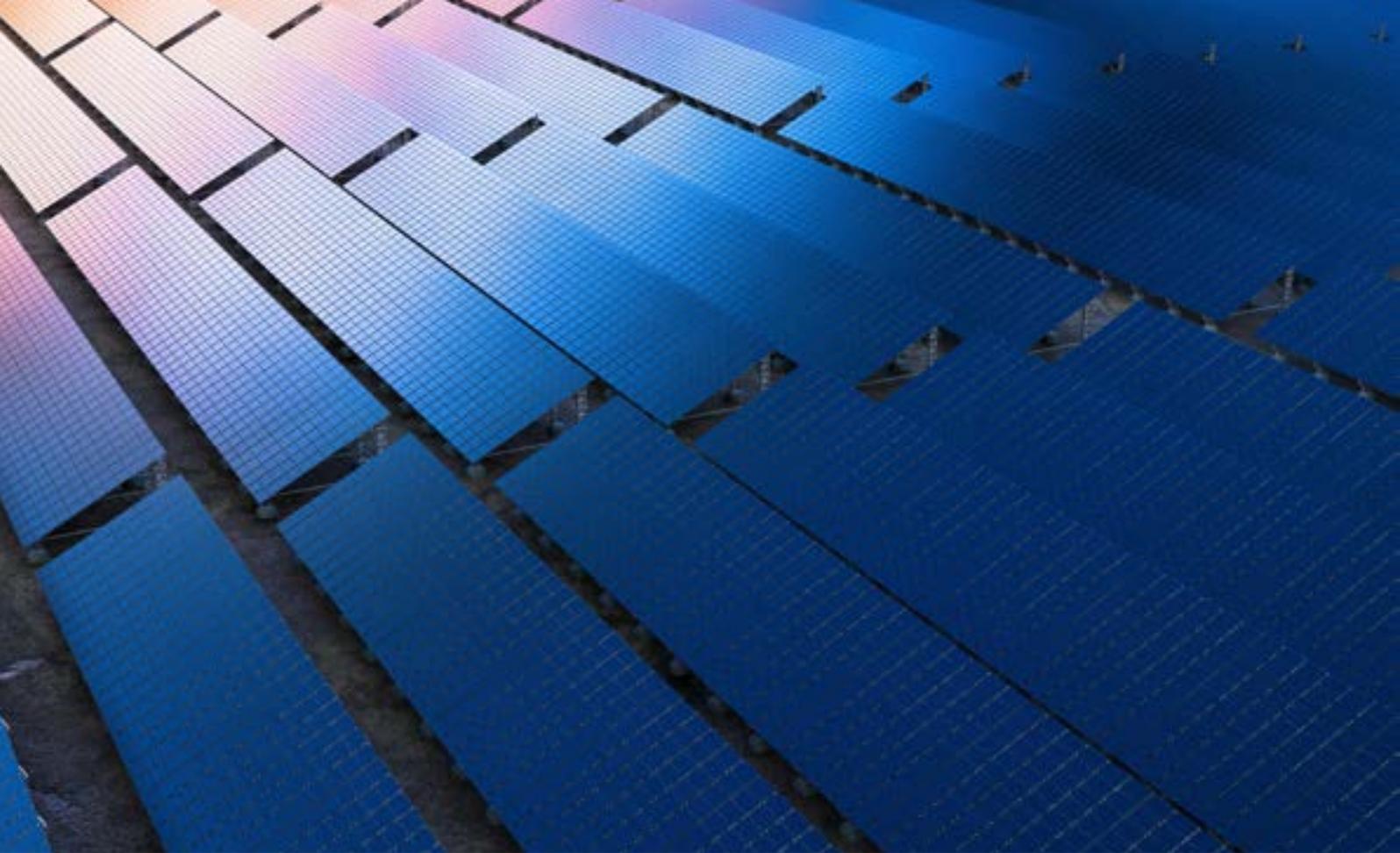
68 Hamilton, K., 2009. *Unlocking Finance for Clean Energy: the Need for ‘Investment Grade’ Policy*. Renewable Energy Finance Project, Chatham House.

69 Wurgler, J. (2000). ‘Financial markets and the allocation of capital’. *Journal of Financial Economics* 58: 187-214.

70 Popp, D. (2022). ‘Induced innovation and energy prices’. *American Economic Review* 92(1): 160-180.

71 Geddes, A., Schmidt, T.S., Steffen, B., 2018. The multiple roles of state investment banks in low-carbon energy finance: an analysis of Australia, the UK and Germany, *Energy Policy*, 115, 158-170

72 B. Buchner, B., Hervé-Mignucci, M., Trabacchi, C., Wilkinson, J., Stadelmann, M., Boyd, R., Mazza, F., Micalé, V., 2013, *Global Landscape of Climate Finance 2013*. Climate Policy Initiative



Limitações do princípio tradicional

O enfrentamento das mudanças climáticas provavelmente dependerá de muitas tecnologias disruptivas cujo desenvolvimento e uso são frequentemente caracterizados por grande incerteza. Nessas circunstâncias, os mercados podem lidar com *alguns* riscos tecnológicos e de mercado, porém não funcionam de forma a gerenciar *todos* os riscos. Uma revisão de literatura recente feita pela OCDE, por exemplo, concluiu que “mercados não estão precificando os riscos climáticos de maneira suficiente, incluindo o risco físico e de transição climática”⁷³.

Uma das razões pelas quais os mercados não são, por si só, totalmente capazes de gerenciar todos os riscos de transição energética se deve ao escopo, à complexidade e à escala de tempo em torno da transição – e sua inevitável dependência da política em múltiplas arenas, incluindo aquelas relativas a preços, mais sensíveis politicamente. A intervenção estatal pode, em alguns casos, reduzir parte da incerteza fundamental associada a essas transformações mais profundas na economia. A incerteza adiciona um prêmio de risco e eleva a expectativa de retorno sobre qualquer investimento, reduzindo os incentivos para

investimentos em tecnologias e negócios nos estágios iniciais da inovação, especialmente quando sua rentabilidade depende da criação de novos mercados.

A dinâmica evolucionária é dominante nessas situações – o que significa que as mudanças nas tecnologias e mercados são constantes, não marginais e interdependentes, e os recursos não podem ser considerados alocados de forma ótima. O investimento público é necessário para promover a transição quando parece não haver outra opção. Isso é aceito mesmo na perspectiva da economia neoclássica, dado que nem todas as externalidades podem ser gerenciadas ou internalizadas⁷⁴. Portanto, em alguns setores relevantes para a transição energética, em vez de afugentar o investimento privado, ao liderarem os investimentos, os governos podem criar um efeito de “*crowding-in*”, mobilizando o investimento privado⁷⁵ e reduzindo, assim, a percepção dos riscos associados à tecnologia, receita e outros. Os investimentos públicos podem, por exemplo, ajudar a reduzir o custo de capital para empresas privadas, sem prejuízo das pressões competitivas sobre o desempenho da tecnologia e da redução de custos. É o que deve ocorrer quando há expectativas de que os investimentos públicos gerem benefícios sociais significativos que não sejam alcançados de outra forma.

73 OECD (2021), *Financial Markets and Climate Transition: Opportunities, Challenges and Policy Implications*, OECD Paris, www.oecd.org/finance/Financial-Markets-and-Climate-Transition-Opportunities-challenges-and-policy-implications.htm

74 Deleidi, M., Mazzucato, M., Semieniuk, G., 2020, Neither crowding in nor out: public direct investment mobilising private investment into renewable energy projects, *Energy Policy*, 140, 111195

75 Deleidi, M., Mazzucato, M., Semieniuk, G., 2020, Neither crowding in nor out: public direct investment mobilising private investment into renewable energy projects, *Energy Policy*, 140, 111195



O caso do Princípio 3

Há alguns tipos de riscos que só os governos têm capacidade de assumir. Eles vão além (por exemplo) do já conhecido risco de descoberta em estágio inicial, financiando pesquisa e desenvolvimento.

O primeiro é o risco tecnológico ao longo do processo de inovação, pós-P&D. Isso inclui o chamado “vale da morte de demonstração”, termo usado para descrever a situação em que o risco tecnológico durante a fase de ganho de escala e comercialização de uma tecnologia é muito alto, em termos de custos e/ou desempenho, para ser assumido sozinho pelos investimentos privados⁷⁶.

O segundo se relaciona aos riscos não tecnológicos associados ao uso de novas tecnologias limpas pela primeira vez sem que haja mercados, regulações, modelos de negócios ou canais de financiamento em funcionamento. Os governos são capazes de assumir pelo menos parte desse risco no início porque detêm o poder de criação de mercado e podem moldar os mercados para que as soluções-chave para as transições de baixo carbono tenham maior chance de sucesso. Nenhum investidor privado pode ter essa confiança. Quando os governos assumem ou compartilham o risco de comercialização antecipada (por meio de subvenções, garantias em empréstimos ou compras públicas, por exemplo) e demonstram que o risco é menor do que o percebido anteriormente, suas ações podem destravar um aumento significativo no investimento privado.

Para afirmar o óbvio, os governos não devem tentar assumir todos os riscos em todos os casos apenas porque eles podem, por exemplo, reduzir os custos financeiros. A questão é, então, como projetar investimentos públicos para incentivar investimentos privados. Dito de outra maneira: qual é o papel adequado dos investimentos públicos e da intervenção estatal para além da noção bem

estabelecida de que, ao intervir nos mercados, a certeza política é fundamental?^{77,78,79}

As políticas mais eficazes para incentivar o uso e o investimento em tecnologias de energia renovável são aquelas que abordam tanto o risco quanto o retorno dos investimentos⁸⁰. Por exemplo, os esquemas de apoio baseados em preços estão positivamente correlacionados com um aumento do investimento privado⁸¹, e investimentos públicos através de bancos de investimento estatais “assumem um papel muito mais amplo na catalisação de investimentos privados em investimentos de baixo carbono, incluindo permitir a aprendizagem do setor financeiro, criar confiança para projetos e assumir um papel de mudança inicial ou antecipada para ajudar os projetos a ganhar um histórico”⁸², embora um efeito de *crowding-out* seja visto se o investimento público continuar à medida que o mercado amadurece. A literatura sobre avaliação de políticas⁸³ indica que o uso do investimento público como investimento direto em tecnologias para criar um “histórico” (por exemplo, em relação aos tempos de construção, desempenho da tecnologia, custos de manutenção e retorno) tem sido particularmente valioso (ver caso 3 sobre o incentivo ao investimento em renováveis em Uganda).

Em relação ao papel de instrumentos políticos específicos, as tarifas *feed-in* têm sido consistentemente eficazes na promoção do investimento privado, reduzindo os riscos associados à receita. Em contraste, o impacto dos esquemas de comércio de emissões no uso de tecnologias renováveis tem sido historicamente menor⁸⁴, algo que pode ser pelo menos em parte atribuído ao fato de que a incerteza de preços futuras mantém a percepção de riscos de receita⁸⁵. Da mesma forma, no caso de certificados verdes negociáveis (TGCs, conhecidos como Certificados de

76 Chan, G, Goldstein, AP, Bin-Nun, A, Anadon, LD, Narayanamurti, V. 'Six principles for energy innovation.' *Nature* (2017) 552:25-27. Doi:10.1038/d41586-017-07761-0. Nemet, G., Zipperer, V., Kraus, M. (2018). The valley of death, the technology pork barrel, and public support for large demonstration projects. *Energy Policy* 119:154-167

77 Jones, A., 2015, 'Perceived barriers and policy solutions in clean energy infrastructure investment', *Journal of Cleaner Production*, 104, 297

78 Polzin, F., Egli, F., Steffen, B., Schmidt, T.S., 2019, How do policies mobilize private finance for renewable energy? A systematic review with an investor perspective, *Applied Energy*, 236, 1249-1268

79 Gilbert, A., Blinde, P., Lam, L., Blyth, W., 2014, Cap-setting, price uncertainty and investment decisions in emissions trading systems, Ecofys on behalf of UK Department of Energy and Climate Change, London, UK, Microsoft Word - EU ETS cap-setting project_REPORT (publishing.service.gov.uk)

80 Polzin, F., Egli, F., Steffen, B., Schmidt, T.S., 2019, How do policies mobilize private finance for renewable energy? A systematic review with an investor perspective, *Applied Energy*, 236, 1249-1268

81 Cárdenas Rodríguez, M., et al. (2014), "Inducing Private Finance for Renewable Energy Projects: Evidence from Micro-Data", OECD Environment Working Papers, No. 67, OECD Publishing, Paris, doi.org/10.1787/5jxvg0k6thr1-en

82 Mazzucato, M., Semieniuk, G., 2018, Financing renewable energy: who is financing what and why it matters, *Technology Forecasting and Social Change*, 127, 8-22

83 Geddes, A., Schmidt, T.S., Steffen, B., 2018, The multiple roles of state investment banks in low-carbon energy finance: an analysis of Australia, the UK and Germany, *Energy Policy*, 115, 158-170

84 Polzin, F., Egli, F., Steffen, B., Schmidt, T.S., 2019, How do policies mobilize private finance for renewable energy? A systematic review with an investor perspective, *Applied Energy*, 236, 1249-1268

85 Cárdenas Rodríguez, M., et al. (2014), "Inducing Private Finance for Renewable Energy Projects: Evidence from Micro-Data", OECD Environment Working Papers, No. 67, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/5jxvg0k6thr1-en.

Obrigações Renováveis, ROCs. no Reino Unido), quando os preços dos certificados têm sido voláteis, eles têm sido menos eficazes na promoção da inovação⁸⁶, especialmente quando medidos por reduções de custos para tecnologias mais imaturas^{87,88}.

O desenho de políticas para atrair o investimento privado para tecnologias com potencial para se tornarem mais baratas e ajudar a cumprir as metas energéticas também deve levar em conta aspectos distributivos (ver Princípio 7). Por exemplo, quando introduzidos em 2002, os Certificados de Obrigações Renováveis do Reino Unido (a versão britânica dos TGCs) mostraram-se favoráveis aos grandes incumbentes e tecnologias de baixo custo existentes em detrimento de investimentos de pequena escala em áreas rurais que envolvem soluções mais inovadoras⁸⁹. Independentemente de as políticas de apoio em fases iniciais assumirem a forma de impostos ou subsídios (como tarifas *feed-in*, TGCs ou Contratos de Diferença), os incentivos fiscais precisam ser proativos e responsivos (ver Princípio 6) para reduzir os riscos no investimento em tecnologia, o custo para o governo e os lucros excessivos. Em outras palavras, é importante focar na eficiência dinâmica da política e do investimento público⁹⁰ para fornecer transparência e medidas de mitigação de risco.

Dada a natureza mutável do risco ao longo do processo de desenvolvimento tecnológico, à medida que as tecnologias são desenvolvidas e implantadas e amadurecem, podem ser necessários diferentes instrumentos de política

visando a mitigação do risco. Tomando o ecossistema de inovação dos EUA como exemplo, instituições como a Agência de Projetos de Pesquisa Avançada – Energia (ARPA-E) podem ajudar a reduzir rapidamente o risco tecnológico de maneira direcionada aos estágios iniciais de desenvolvimento, apoiando financeira e gerencialmente projetos de P&D de alto risco de novas formas⁹¹. O P&D militar orientado para missões, por exemplo, se concentrou em investimentos provados⁹². Mais adiante no processo, o Escritório de Programas de Empréstimos (LPO) do Departamento de Energia dos EUA foi criado com a missão de “Servir de ponte para a viabilidade financeira de tecnologias energéticas inovadoras e de elevado impacto, proporcionando-lhes acesso aos empréstimos e às garantias necessários quando os mutuantes privados não podem ou não poderão fazê-lo até que uma determinada tecnologia tenha atingido a plena aceitação do mercado”⁹³. Apoiou, entre outros esforços, a engenharia de produção e montagem do Model S da Tesla. Em fases posteriores da transição, bancos estatais, diferentes tipos de parcerias público-privadas^{94,95,96} como fundos-de-fundos ou investimento público direto e outros tipos de investimentos públicos (por exemplo, outros subsídios ou incentivos fiscais) podem ajudar a reduzir o custo de capital e atrair o investimento privado em áreas de prioridade nacional, como a transição energética.

86 Peñasco, C., Anadón, L.D. & Verdolini, E. Systematic review of the outcomes and trade-offs of ten types of decarbonization policy instruments. *Nat. Clim. Chang.* 11, 257–265 (2021). doi.org/10.1038/s41558-020-00971-x

87 Menanteau, P., Finon, D. & Lamy, M.-L. Prices versus quantities: choosing policies for promoting the development of renewable energy. *Energy Policy* 31, 799–812 (2003).

88 Midttun, A., Gautesen, K., 2007, Feed in or certificates, competition or complementarity? Combining a static efficiency and a dynamic innovation perspective on the greening of the energy industry, *Energy Policy*, 35 (3), 1419-1422

89 IRENA, 2017, Renewable Energy Auctions: Analysing 2016, International Renewable Energy Agency, United Arab Emirates

90 Scotchmer, S. (2011). Cap and Trade, Emissions Taxes, and Innovation, *Innovation Policy and the Economy*, 11 (1), 29-54

91 Azoulay, P., Fuchs, E., Goldstein, A.P., Kearney, M. (2019). Funding Breakthrough Research: Promises and Challenges of the “ARPA Model”. In *Innovation Policy and the Economy*, Vol 19. University of Chicago Press.

92 Pallante, G., Russo, E., Roventini, A. (2021). ‘Does mission oriented funding stimulate private R&D? Evidence from military R&D for US states.’ LEM Working Paper Series 2020/32, Institute of Economic, Scuola Superiore Sant’Anna, Pisa, Italy

93 LPO. (2022) Loan Guarantee Program Office Mission. U.S. Department of Energy. Disponível em: www.energy.gov/lpo/mission

94 Brown, J., Jacobs, M., 2011. Leveraging Private Investment: the Role of Public Sector Climate Finance. Overseas Development Institute

95 Nassiry, D., Wheeler, D., 2011. A Green Venture Fund to Finance Clean Technology for Developing Countries. Center for Global Development

96 WEF, 2011. Critical Mass Initiative Working Report: Scaling up Low-carbon Infrastructure Investment in Developing Countries. World Economic Forum

ESTUDO DE CASO 3:

Tarifas *feed-in* e complementos financiados internacionalmente para pequenas hidrelétricas em Uganda

[para uma análise completa, veja⁹⁷]

Em 2007, o governo de Uganda lançou sua Política de Energia Renovável, estabelecendo a meta de atingir uma capacidade de energia renovável (incluindo grandes hidrelétricas) de 1.420 MW em 2017 – uma duplicação da capacidade total existente, incluindo térmica e renováveis. No mesmo ano, o governo introduziu tarifas *feed-in* (*Feed-in-Tariff* – FiT) para incentivar o investimento de produtores independentes de energia (IPPs).

O nível inicial do FiT (US\$ 0,09/kWh em 2012) era muito baixo dado o perfil de risco do país. Em 2012, atraiu algum interesse, mas limitado, de IPPs (levando à implantação de apenas 28 MW em hidrelétricas de pequena escala). A escala de investimento na infraestrutura de energia do país foi considerada muito pequena e esperava-se que um cenário *business-as-usual* levaria a restrições de fornecimento de energia em 2015-2016.

Para atrair investimentos do setor privado em energia renovável em Uganda, o governo, a Autoridade Reguladora de Eletricidade de Uganda (ERA) e o Banco Alemão de Desenvolvimento (KfW) lançaram em conjunto o programa FiT de Transferência Global de Energia (GET) em 2013, apoiado por uma série de outros doadores. A iniciativa incluiu melhorar as estruturas regulatórias existentes, mas, mais importante, pagar a diferença entre o preço máximo que uma concessionária podia pagar e o preço da energia renovável, que era determinado por meio de tarifas no caso de pequenas hidrelétricas.

O GET FiT da pequena hidrelétrica envolveu o pagamento de uma tarifa adicional de US\$ 0,01-2/kWh para desenvolvedores de projetos em relação aos US\$ 0,09/kWh anteriores (cerca de um aumento de 20% na receita), aumentando assim os retornos do projeto. Também reduziu o risco de investimento, fornecendo aos desenvolvedores acordos de compra de energia padronizados que eram documentos financiáveis.

Entre as três rodadas (uma por ano entre 2013 e 2015) 17 projetos (14 deles pequenos hidrelétricos) de 39 aplicativos receberam o GET FiT.

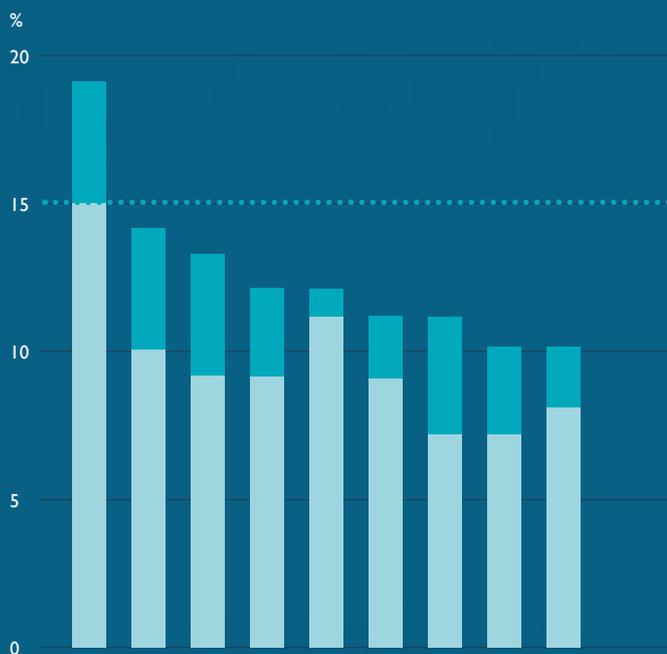
A análise dos dados financeiros detalhados ao longo dos anos mostrou que a taxa interna de retorno (TIR) exigida para investidores de projetos hidrelétricos caiu significativamente ao longo das três rodadas do programa GET FiT, que se estendeu entre 2013 e 2015. Enquanto a TIR exigida nas rodadas um e dois foi de cerca de 15%, para a terceira rodada caiu para 9% (veja a linha descontínua preta na Figura 5). Isso indicou que os investidores estavam enfrentando menores riscos de investimento e, portanto, tolerando retornos mais baixos (Figura 5). Com isso, o custo de capital para projetos hidrelétricos tendeu a reduzir, permitindo que eles gerassem energia a um custo menor.

Também é digno de nota que muitos projetos que receberam suporte do instrumento GET FiT na primeira rodada alcançaram TIRs (após o benefício) que estavam abaixo da TIR de projetos que solicitaram apoio mas foram rejeitados e construídos mesmo assim (uma vez que já eram comercialmente viáveis). Isso sugere que o complemento dado pelo GET FiT trabalhou tanto pelo aumento dos retornos quanto pela redução dos riscos. Como resultado da redução dos riscos de investimento, o programa, ao longo do tempo, reduziu o valor do complemento.

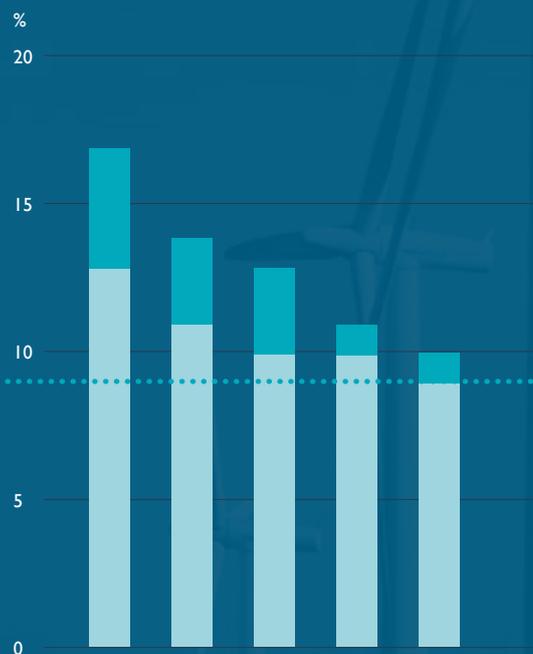
O GET FiT foi lançado com cerca de US\$ 104 milhões de financiamento de desenvolvimento do KfW e outros doadores e atraiu cerca de US\$ 453 milhões em investimentos do setor privado no total para 17 projetos de eletricidade renovável de médio porte totalizando 157 MW, sugerindo que sua abordagem reduzia riscos e custos de financiamento e atraiu investimentos do setor privado.

97 Probst, B., Westermann, L., Anadon, L.D., Kontoleon, A. 'Leveraging private investment to expand renewable power generation: Evidence on financial additionality and productivity gains from Uganda.' *World Development* (2021). doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105347

IRR Small Hydro Projects Round 1 & 2,



IRR Small Hydro Projects Round 3,



Cada barra ao longo do eixo x representa um projeto GET FIT financiado.

- IRR With GET FIT
- IRR Without GET FIT
- ⋯ Counterfactual IRR

Figura 5: Taxa Interna de Retorno das Pequenas Centrais Hidrelétricas no programa GET FIT com Taxa Interna de Retorno (TIR) contrafactual baseada em dados do KfW. O eixo y representa a Taxa Interna de Retorno em nível de projeto em % e cada uma das barras no eixo x representa projetos individuais que receberam a Tarifa de Alimentação Global de Transferência de Energia (GET) (GET FIT) nas respectivas rodadas. Havia nove projetos na Rodada 1 (em 2013) e na Rodada 2 (em 2014) combinados e cinco projetos na Rodada 3 (em 2015). Entre 2013 e 2015, a TIR exigida para os investidores diminuiu, indicando que os riscos de investimento diminuiriam significativamente. A taxa interna de retorno (TIR) contrafactual foi calculada usando projetos que não obtiveram financiamento, mas prosseguiram com o projeto mesmo sem financiamento GET FIT. Esses dados contrafactuals existem porque as empresas precisavam entregar dados financeiros detalhados para solicitar financiamento do KfW. Além disso, era improvável que essas empresas rejeitadas mudassem seu projeto de construção ou outros fatores mais tarde no processo, já que as licenças ambientais e outras estavam vinculadas a um projeto específico. Fonte:⁹⁸

98 Probst, B., Westermann, L., Anadon, L.D., Kontoleon, A. (2021) 'Leveraging private investment to expand renewable power generation: Evidence on financial additionality and productivity gains from Uganda.' *World Development* doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105347

PRINCÍPIO 4:

É preciso focar pontos de inflexão

Princípio tradicional: apenas precificar o carbono em um nível que internalize os danos das mudanças climáticas



Resumo: Intervenções bem direcionadas podem ativar pontos de inflexão na competitividade da tecnologia, preferência do consumidor, confiança do investidor ou apoio social para transições, onde uma pequena ação pode levar a uma grande mudança. Isso pode fundamentar o direcionamento e o nível de subsídios e impostos, bem como o rigor das regulações.



Fundamentação do princípio tradicional

A abordagem padrão para a formulação de políticas econômicas na presença de “externalidades” – custos ou benefícios para atores que não são precificáveis – é o governo identificar e agir para garantir que eles enfrentem um preço apropriado (“internalizando a externalidade”)^{99,100}. No caso das mudanças climáticas, a externalidade central nesse enquadramento é que as emissões de gases de efeito estufa não são precificadas por mercados livres – para que os mercados sejam eficientes, os governos precisam corrigir isso por meio de tributação ou atribuição de “licenças de emissão” que são então precificadas por meio de negociação¹⁰¹. Seguindo essa lógica, o nível do preço do carbono deve refletir o dano econômico que se espera advir da emissão de cada tonelada de carbono emitida, também conhecido como custo social do carbono e/ou a correspondente meta de emissões acordada. Como observamos nos Princípios 1 e 8, no entanto, isso, por si só, não minimizará necessariamente os custos da transição a longo prazo.

Essa abordagem padrão também considera que a inovação em novas tecnologias limpas será necessária para reduzir substancialmente as emissões, a fim de evitar custos de carbono, e que os transbordamentos (*spill-overs*) da inovação (o fato de que a empresa inovadora não obtém todos os benefícios de suas ideias)

implicam que há uma segunda externalidade fundamental que os governos precisam enfrentar¹⁰². Isso justifica o investimento público em pesquisa e desenvolvimento.

A precificação do carbono na forma de impostos de carbono e sistemas de comércio se espalhou em várias partes do mundo e, mesmo com preços médios baixos de US\$ 10/tCO₂ e cobertura de apenas 22% do total de emissões¹⁰³, proporcionaram reduções de emissões úteis¹⁰⁴. Qualquer precificação de carbono é melhor do que nenhuma, e níveis mais altos de preço têm maior probabilidade de serem eficazes do que níveis mais baixos. Os governos também aumentaram, em média, os investimentos públicos em P&D em energia desde a década de 2000^{105,106} e as evidências apontam para o P&D público em energia funciona como um driver para a inovação¹⁰⁷.



Limitações do princípio tradicional

Existem vários desafios nessa abordagem tradicional ainda que muitas vezes ela seja considerada suficiente e/ou melhor do que outras. Alguns dos desafios já foram em parte abordados nos Princípios 1, 2 e 3. Talvez o mais fundamental deles seja a suposição de que a economia funcione em um estado relativamente próximo a algum tipo de equilíbrio ótimo e não como um sistema adaptativo altamente dinâmico e complexo.

99 Pigou, A. C. (1920). *The economics of Welfare*. *McMillan and Co (3rd edition 1928)*

100 Coase, R. H. (1960). *The Problem of Social Cost*. *Journal of Law and Economics*, 3, 1

101 Baumol, W. J., & Oates, W. E. (1988). *The theory of environmental policy*. Cambridge university press

102 Jaffe, A. B., Newell, R. G., Stavins, R. N. (2005). 'A tale of two market failures.' *Ecological Economics* 54(2-3):164-174

103 World Bank. (2022). *State and Trends of Carbon Pricing 2022*, openknowledge.worldbank.org/handle/10986/37455. Washington D.C. Acessado em Julho de 2022.

104 Ellerman, usar isso em vez disso: Skea, J., Shukla, P., & Kilks, S. (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*.*

* Do relatório do IPCC: "O Regime de Comércio de Licenças de Emissão da União Europeia (RCLE-UE), o instrumento de política climática regional mais antigo até à data, reduziu as emissões, embora as estimativas da quantidade variem por estudo, por país, 34 e por setor; variando de 3 a 28% (McGuinness e Ellerman, 2008; Ellerman et al., 2010; Abrell 35 et al., 2011; Anderson e Di Maria, 2011; Egenhofer et al., 2011; Petrick e Wagner, 2014; 36 Arlinghaus, 2015; Martin et al., 2016). O RCLE-UE evitou emitir cerca de 1,2 GtCO₂ entre 2008 e 2016 (3,8%), quase metade do que os governos da UE prometeram reduzir ao abrigo dos seus compromissos do Protocolo de Quioto 38 (Bayer e Aklın, 2020)."

105 IEA Energy RD&D Database. (2022). Disponível em: www.iea.org/data-and-statistics/data-product/energy-technology-rd-and-d-budget-database-2

106 Meckling, J., Galeazzi, C., Shears, E. Xu, T., Anadon, L.D. (2022). 'Energy innovation funding and institutions in major economies'. *Nature Energy*, accepted.

107 Penasco et al. (2021). Systematic review of the outcomes and trade-offs of ten types of decarbonization policy instruments. *Nature Climate Change*.

Outra suposição correlacionada é a de que alcançar a eficiência (na forma de redução ao custo mínimo) no curto prazo também deve proporcionar a redução de custo mínimo no longo prazo e, de fato, essa eficiência (em vez de, digamos, eficácia ou resiliência) é o objetivo primordial. Um terceiro pressuposto é que, onde há múltiplas “falhas de mercado”, é possível isolar cada uma delas e lidar com elas individualmente, com um instrumento político direcionado para corrigir para uma¹⁰⁸, embora essa ideia contraste com a teoria econômica do “segundo melhor” (ver também Princípio 5). No contexto de uma transição de baixo carbono, todos esses pressupostos são questionáveis.

Outro desafio é que o custo social do carbono “varia muito na literatura”: entre US\$ 10/tCO₂ e US\$ 1.000/tCO₂, ou mesmo infinito, se resultados potencialmente catastróficos altamente incertos não forem excluídos. O “desafio da comparabilidade entre metodologias” significa que “muitas estimativas não são robustas”¹⁰⁹ e ainda há uma ampla gama de valores possíveis de preços de carbono para os formuladores de políticas considerarem.

Em termos práticos, existem três desafios adicionais envolvendo o princípio tradicional. Primeiro, os preços do carbono coexistem com os subsídios contínuos aos combustíveis fósseis, cujo valor muitas vezes supera o preço do carbono¹¹⁰. Em segundo lugar, com algumas exceções, tem sido difícil reajustá-los a níveis mais altos (US\$50-100/tCO₂)¹¹¹ que sejam mais consistentes com o intervalo mais usualmente aceito para as estimativas do custo social do carbono, por razões de economia política¹¹². Terceiro, em um mundo incerto e dinâmico, não é necessariamente sensato contar com um conjunto muito pequeno de instrumentos de política para atingir um objetivo importante, o que exige abordagens de portfólio (Princípio 5) e adaptativas (Princípio 6).

Todas essas considerações indicam que a precificação do carbono e o apoio ao P&D, por si só, não fornecerão o ritmo e a escala da transformação necessários para cumprir as metas do Acordo de Paris e não são, por si só, necessariamente a abordagem mais eficiente para a descarbonização.



O caso do Princípio 4

Sistemas adaptativos complexos podem apresentar comportamentos surpreendentes, caóticos, dependentes do caminho (*path-dependent*) e não lineares – especialmente quando consideramos a difusão de tecnologia e as mudanças no comportamento humano. Nesses sistemas, uma abordagem que pode ser útil – dentro de uma gama mais ampla de abordagens para acelerar as transições – é procurar identificar “pontos de intervenção sensíveis” (*sensitive intervention points* – SIPs)¹¹³ ou “pontos de inflexão social” (*social tipping points*)¹¹⁴, onde o sistema sociotécnico está em ou próximo de um estado de criticidade e um “impulso” bem fundamentado poderia movê-lo para um estado diferente (e preferível). Nesses pontos, uma pequena contribuição política pode levar a um resultado desproporcionalmente grande como resultado de *feedbacks* autorreforçados.

Pontos de inflexão podem existir em situações em que, dentro de um determinado setor, as tecnologias concorrentes estão próximas em termos de custo. Nesses casos, um preço de carbono que seja suficiente para fazer pender a balança pode colocar uma tecnologia em um caminho de crescimento e a outra em um caminho de declínio. Pontos de inflexão deste tipo desempenham um papel na descarbonização mais rápida do setor de energia do mundo (no Reino Unido – ver estudo de caso 5) e na transição mais rápida do mundo no transporte rodoviário, como na Noruega¹¹⁵. Nesses casos, foi o valor relativo da precificação do carbono (e de outros impostos e subsídios) que determinou sua eficácia em determinados setores e não o valor absoluto (que é o foco das estimativas do custo social do carbono). Além disso, a precificação do carbono só poderia ativar pontos de inflexão nesses dois casos porque outras políticas – incluindo P&D, investimento em tecnologias limpas e reformas regulatórias do mercado – haviam feito primeiro o trabalho árduo de trazer o sistema para o que se poderia chamar de estado de criticidade.

Em outros casos, um conjunto específico de projetos pode ajudar empresas privadas a decidir onde fazer suas apostas, ativando pontos de inflexão na confiança do investidor. Outro exemplo pode ser quando uma regulação

108 Tinbergen, J. (1952). On the Theory of Economic Policy. North-Holland Pub. Co..

109 IPCC, WGII. (2011). 6th Assessment Report. Cross working group box on 'Estimating Global Economic Impacts from Climate Change'. Chapter 16. Disponível em: [report.ipcc.ch/ar6/wg2/pdf/IPCC_AR6_WGII_FinalDraft_Chapter16.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/pdf/IPCC_AR6_WGII_FinalDraft_Chapter16.pdf); Acessado em 5 de julho de 2022..

110 Indicator 4.2.3, 2021 Lancet Countdown: [www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(21\)01787-6/fulltext#seccetitle570](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(21)01787-6/fulltext#seccetitle570)

111 Stern, N., Stiglitz, J. (2017). Report of the High-level Commission on Carbon Prices. Carbon Pricing Leadership Coalition. World Bank. Disponível em: www.carbonpricingleadership.org/report-of-the-high-level-commission-on-carbon-prices. Acessado em 5 de julho de 2022.

112 Cullenward, D., Victor, D., D. (2020). Making climate policy work. Polity Press, Cambridge, UK.

113 J. D. Farmer, C. Hepburn, M. C. Ives, T. Hale, T. Wetzler, P. Mealy, R. Rafaty, S. Srivastav, R. Way. (2019). 'Sensitive Intervention Points in the Post Carbon Transition', *Science*, 364(6435).

114 I. M. Otto et al., Social tipping dynamics for stabilizing Earth's climate by 2050. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 117, 2354–2365 (2020).

115 Sharpe, S. and Lenton, T., 2021. Upward-scaling tipping cascades to meet climate goals: plausible grounds for hope. *Climate Policy*, 21(4), pp.421-433.

que exige um determinado nível de eficiência energética ou intensidade de carbono torna uma tecnologia mais competitiva ou viável do que outra – como, por exemplo, as regulações mirando a eficiência de veículos da UE inicialmente apenas levaram os fabricantes a produzir carros com motores de combustão interna mais eficientes, mas, para além de um certo nível de rigor, têm impulsionado cada vez a produção de veículos elétricos. Isso fornece uma contribuição útil para a formulação de diferentes tipos de políticas em nível setorial.

Da mesma forma, de uma perspectiva mais ampla, em vez de lamentar que “a vontade política não está lá” para a precificação de carbono ou outras políticas de descarbonização, ou que “o público não gosta”, pode-se pensar em atitudes e preferências públicas como parte do sistema – ou endógenas¹¹⁶ – e que elas podem ser modificadas pela identificação de SIPs na forma de mudanças nas narrativas, crenças e culturas. Abrir o espaço político – ou a Janela de Overton¹¹⁷ – pode então facilitar o desenho de uma gama mais ampla de intervenções fiscais ou regulatórias, incluindo, mas não se limitando à precificação do carbono. Várias outras intervenções que proporcionam mudanças em políticas do banco central, obrigações legais corporativas, mudanças nas normas e conflitos de interesse financeiros, expectativas dos acionistas, comportamentos dos consumidores, custos de

tecnologia limpa e treinamento de habilidades, enfim, todas ajudam a reformular e reconfigurar nossas economias para atingir os objetivos do Acordo de Paris, e identificar possíveis pontos de inflexão pode ajudar a formulação de instrumentos de política e priorização de ações políticas.

Para muitas questões políticas convencionais, pode ser muito sensato identificar a externalidade e o governo usar um instrumento único e bem especificado para internalizá-la. No entanto, para se configurar de forma profunda e rápida nossos complexos sistemas econômicos adaptativos visando atender às metas do Acordo de Paris, precisamos ir (e de fato fomos) muito além dos preços do carbono e do apoio a P&D.

Em resumo, com uma compreensão mais minuciosa dos elementos importantes do sistema ou setor que estamos tentando mudar, em alguns casos podemos identificar possíveis pontos de inflexão na preferência do consumidor, confiança do investidor ou apoio social para a transição, onde uma pequena ação pode levar a uma grande mudança na direção desejada. Podemos usar esse conhecimento para ajudar a definir os níveis de impostos, regulações e/ou incentivos para acelerar de maneira eficiente a transição nos diferentes setores emissores de gases de efeito estufa.

116 Mattauch, L, C Hepburn, F Spuler and N Stern (2022), “The economics of climate change with endogenous preferences”, *Resource and Energy Economics*, p.101312.

117 The Lancet (2021). ‘Moving the Overton Window’. *Lancet Planetary Health* 5(11):E751. [www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196\(21\)00293-X/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196(21)00293-X/fulltext)



ESTUDO DE CASO 4:

Desencadeando a transição da eletricidade no Reino Unido com a Reforma do Mercado de Eletricidade e um preço mínimo do carbono

Uma vez descrito como uma “ilha de carvão em um mar de petróleo e gás”, o Reino Unido passou por uma transformação impressionante em seu setor de energia, eliminando gradualmente o carvão e reduzindo as emissões de CO₂ – a maior parte disso em apenas alguns anos (Figura 6). Por trás desses resultados estão políticas que abriram o setor elétrico à concorrência na década de 1990 e, ao mesmo tempo, aumentaram os controles sobre a poluição produzida pelo carvão, por meio de subsídios ao desenvolvimento de fontes de energia renovável (junto com outros países) e de programas para aumentar a eficiência energética, ao longo da década seguinte. No entanto, a partir de 2010, os progressos na eliminação gradual do carvão e na redução das emissões de CO₂ permaneceram limitados. As mudanças drásticas que se seguiram podem ser atribuídas diretamente a uma política que desencadeou transformações mais profundas.

As duas principais políticas nesse sentido foram uma mudança na abordagem às energias renováveis e o estabelecimento de um preço mínimo para as emissões de CO₂.

O contexto para a revolução das energias renováveis no Reino Unido foi dado pelo reconhecimento da necessidade de diferenciação tecnológica para além dos subsídios de taxa fixa (Princípio 1) que, nos anos 2000, incluíam FiTs para geração em pequena escala e um movimento para acelerar a tecnologia eólica *offshore* por meio de apoio coordenado à indústria e um sistema de “banding” envolvendo subsídios a energias renováveis para aumentar o investimento (Princípio 2). Juntamente com a capacidade de resposta da geração à base de combustível fóssil a variações de preços, isso estabeleceu a capacidade tecnológica, bem como as condições políticas, para desencadear um “ponto de inflexão” por meio da Reforma do Mercado de Eletricidade (além de outras melhorias para expandir as energias renováveis de pequena escala, notadamente PV).

Especificamente, a fase do aprendizado em energia eólica *offshore* fez com que o principal impedimento não fosse mais a incerteza tecnológica, mas a escala de investimento necessário no contexto de alta incerteza em torno das receitas e da escala do mercado. A solução para isso foi uma melhor gestão dos riscos de mercado (Princípio 3), no caso do Reino Unido, através da introdução de Contratos por Diferença (*Contract-for-Difference*), oferecendo um preço fixo para a eletricidade gerada, com um mecanismo para (e um compromisso inicial com) o uso extensivo dessa tecnologia. Isso levou a grandes reduções de custos e à rápida expansão da produção de renováveis, como mostra a Figura 6.

O ponto de inflexão foi alcançado com o segundo mecanismo, qual seja, um preço de carbono eficaz do ponto de vista estratégico. Inicialmente concebido como um preço mínimo para refletir a estimativa do governo do (crescente) custo social das emissões de carbono, esse preço do carbono, a despeito do crescimento do diferencial de preços do Regime de Comércio de Emissões da UE (*EU Emissions Trading Scheme – ETS*), foi transformado em um “suporte de preço de carbono” legislado – uma taxa fixa sobre o carbono com base em eletricidade produzida (para além do EU ETS), que aumentou de £9/tCO₂ (abril de 2013) para £18/tCO₂ (abril de 2015). Para os investidores em energia renovável, isso deu garantia do valor das energias renováveis para além da duração do contrato dos CfDs, reduzindo ainda mais o custo do capital – todos os fatores contribuindo para o financiamento privado de alto volume e baixo custo¹¹⁸.

Porém, o impacto do apoio ao preço do carbono foi ainda maior no sentido de expulsar o carvão. A partir do final de 2015, o efeito combinado dessa taxa de carbono e do preço do carbono previsto no mecanismo EU ETS tornou a energia do gás mais barata do que a energia do carvão.

Essa pequena mudança no preço relativo surtiu grande efeito: inverteu as posições do carvão e do gás na ordem de mérito, com o gás passando a ser usado primeiro para gerar eletricidade e as usinas a carvão trabalhando muito menos horas. A economia da energia do carvão então passou de lucrativa a deficitária. Por fim, o aumento da produção de renováveis combinado com o declínio da demanda por eletricidade significou que o parque de usinas a carvão não era mais necessário para “manter as luzes acesas”. No contexto das tendências predominantes no setor de energia do Reino Unido na época – crescimento dos renováveis, restrições mais rígidas à poluição do carvão e o claro compromisso político com a descarbonização – isso criou um forte incentivo para fechar usinas de carvão, que se tornou o principal e irreversível ponto de inflexão em direção a uma trajetória de muito menos intensiva em carbono¹¹⁹.

Uma questão a ser observada sobre este exemplo é que o preço do carbono que finalmente ativou o ponto de inflexão não foi muito alto – muitas estimativas do custo social do carbono são mais altas. Era o valor relativo que importava, não o valor absoluto. Uma segunda questão importante é que, como observado anteriormente, o preço do carbono só conseguiu desempenhar esse papel porque outras políticas primeiro levaram o sistema a um estado de criticidade: o aumento da eficiência combinado com o crescimento das energias renováveis deixou o carvão e a energia a gás competindo sobre uma parcela decrescente do mercado.

Como resultado dessas políticas, a participação do carvão na geração de eletricidade do Reino Unido caiu de cerca de 40% em 2012 para menos de 1% em 2020 (veja a Figura 6). Isso contribuiu de forma significativa para que o Reino Unido alcançasse a descarbonização do setor de energia muito antes de outros países no período de 2010 a 2019, com uma taxa anual de redução na intensidade de carbono cerca de oito vezes relativamente à média global¹²⁰.

As estimativas sugerem que, como consequência do uso de “energia mais limpa, mas mais cara” e na ausência de “ajustes compensatórios através do aumento das importações”, o preço mínimo do carbono aumentou o preço diário na Grã-Bretanha entre 2015-2018 em cerca de 10 euros/MWh¹²¹. No entanto, embora seja sempre importante considerar os aspectos distributivos das políticas (ver Princípio 7), ressalta-se que o efeito do preço do carbono e dos subsídios à energia renovável sobre as contas de energia do consumidor do Reino Unido foi mais do que compensado por melhorias de eficiência energética no período de 2008 a 2016, o que significa que, no geral, as políticas para fazer frente às mudanças climáticas foram levadas em consideração para economizar dinheiro dos consumidores¹²². Mais recentemente, é claro, o investimento substancial em energias renováveis na década de 2010 também começou a dar bons frutos, com o declínio contínuo nos custos das energias renováveis agora muito abaixo do custo rapidamente aumentado dos combustíveis fósseis durante a crise energética.

119 Sharpe, S. and Lenton, T. (2021). ‘Upward-scaling tipping cascades to meet climate goals: plausible grounds for hope.’ *Climate Policy*, 21 (4), pp.421-433.

120 The carbon intensity of the UK power sector decreased by 8.9% per year between 2010 and 2019 (Drax, 2020., *Electric insights quarterly*, July-Sep 2020, Disponível em: www.drax.com/wp-content/uploads/2020/11/201126_Drax_20Q3_005.pdf), while the global average power sector carbon intensity fell by 1.1% per year over the same period (International Energy Agency: *Tracking Power 2021*, Disponível em: www.iea.org/reports/tracking-power-2021).

121 Castagneto Gisse, G., Guo, B., Newbery, D., Lipman, G., Montoya, L., Dodds, P., Grubb, M., Ekins, P. (2019). *The value of international electricity trading*. Commissioned by Ofgem. Disponível em: www.ofgem.gov.uk/sites/default/files/docs/2019/10/value_of_international_electricity_trading.pdf; Acessado em 5 de julho de 2022.

122 Committee on Climate Change (2017). *Energy Prices and Bills – Impacts of Meeting Carbon Budgets*. Disponível em: www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2017/03/Energy-Prices-and-Bills-Committee-on-Climate-Change-March-2017.pdf

UK Electricity Generation

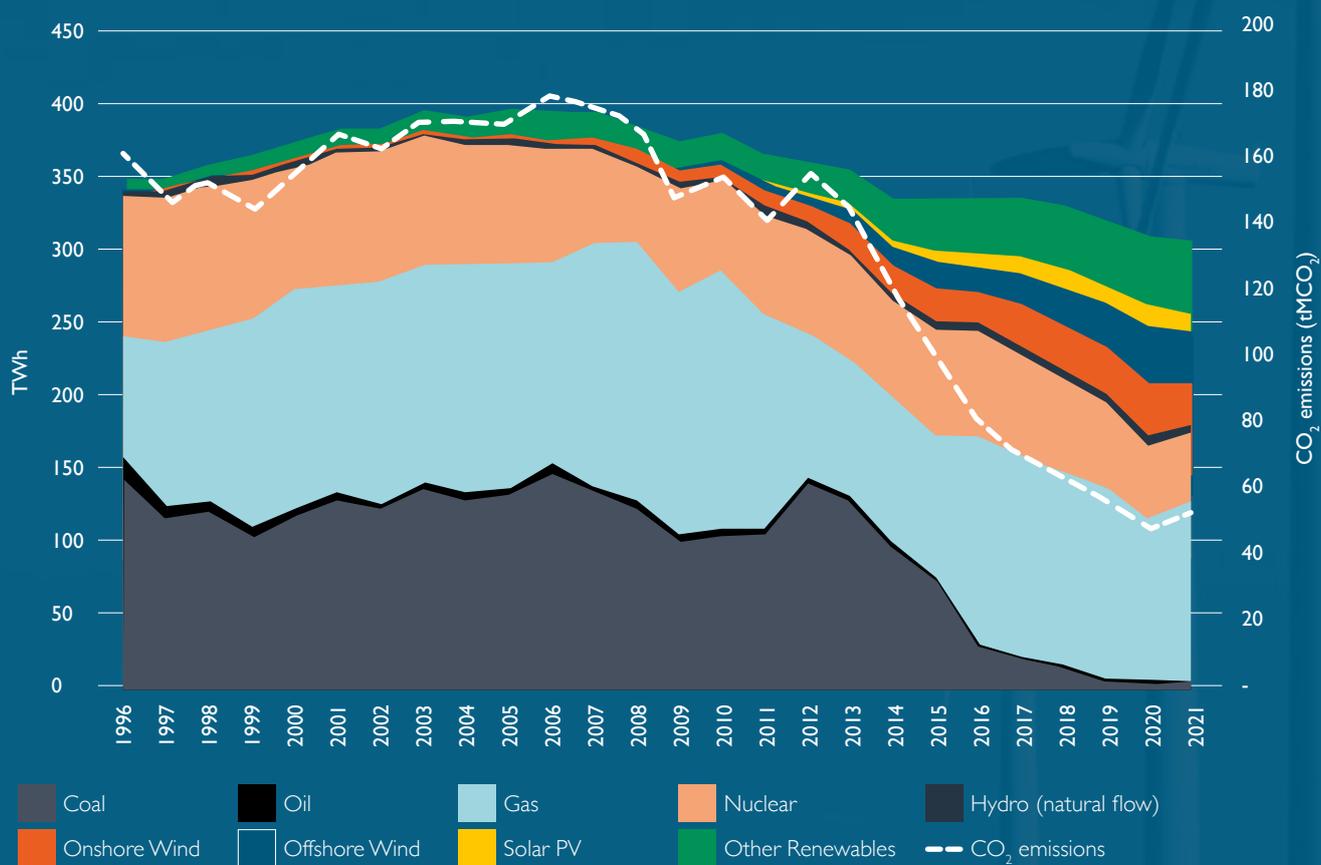


Figura 6: Composição da geração no setor de energia do Reino Unido entre 1996 e 2021. Dados de¹²³ abril de 2013 marcaram a introdução do preço mínimo do carbono.

¹²³ Digest of United Kingdom Energy Statistics (DUKES), UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy. Disponível em: www.gov.uk/government/collections/digest-of-uk-energy-statistics-dukes; Acessado em 28 de julho de 2022.

PRINCÍPIO 5:

É preciso combinar políticas para obter melhores resultados

Princípio tradicional: considerar as políticas individualmente com base em “falhas de mercado” distintas



Resumo: Será necessária uma combinação de políticas para impulsionar a transição de baixo carbono. Como o efeito de cada política depende de suas interações com outras políticas, avaliá-las individualmente pode ser enganoso. Avaliar as políticas como um pacote pode identificar aquelas que se reforçam mutuamente, gerando resultados “maiores do que a soma das partes”.



Fundamentação do princípio tradicional

A prescrição clássica da política econômica é que cada instrumento de política – “intervenção” em um dado mercado – deve ser correlacionado com um objetivo político específico ou uma falha de mercado, sendo, por conseguinte, separável de outros instrumentos¹²⁴. A justificativa teórica para isso é que num contexto amplamente estático de “alocação ótima de recursos”, tradicionalmente referente a um equilíbrio de mercado baseado em preços, o foco está nas falhas de mercado individuais que justificam sua respectiva “correção”. Daí, por exemplo, há toda uma literatura econômica sobre as “falhas gêmeas de mercado” envolvendo os transbordamentos (*spill-overs*) da inovação e a externalidade climática, justificando o P&D público e a precificação do carbono/GHG.

Na prática, a maioria dos formuladores de políticas está bem ciente de que problemas complexos, como transições de baixo carbono, precisam ser abordados com o uso de mais de um instrumento de política. No entanto, as políticas são muitas vezes consideradas separadamente ao se avaliarem seus custos e benefícios e, diante de um orçamento limitado, pode haver uma tendência a classificar as políticas individuais em termos de seu valor presente líquido esperado ou de toneladas projetadas por dólar de emissões economizadas. Isso pressupõe que os efeitos de políticas individuais possam ser separados uns dos outros.



Limitações do princípio tradicional

Uma limitação principal aqui é que pode haver falhas de mercado sobrepostas, distorções e objetivos de política se interinfluenciando. A maioria das economias envolve uma teia complexa de instrumentos de política interagindo uns com os outros em torno de estruturas de mercado, regulação e políticas fiscais. A teoria clássica do segundo melhor demonstrou que, na presença de múltiplas distorções (em comparação com um ótimo teórico), não há garantia de que uma política para resolver uma falha de mercado levará necessariamente a uma melhoria econômica. A própria economia clássica, portanto, desafia os fundamentos teóricos da política tradicional e sugere a necessidade de considerar pragmaticamente as interações entre os instrumentos de política.¹²⁵

No contexto das mudanças climáticas, a maioria dos países está, pelo menos, tão interessada no desenvolvimento econômico e no aumento de oportunidades quanto na descarbonização, se não mais. Os interesses podem incluir o desenvolvimento de infraestrutura urbana ou de transporte, qualidade do ar e saúde pública, criação de empregos e competitividade industrial, segurança energética e segurança alimentar e a acessibilidade de bens e serviços essenciais. Isso torna essencial e inevitável a consideração de como as políticas de descarbonização interagem com políticas e prioridades mais amplas.¹²⁶

124 Tinbergen, J. (1952): On the theory of economic policy. North-Holland.

125 Lipsey, R. G., and Kelvin Lancaster. “The General Theory of Second Best.” *The Review of Economic Studies*, vol. 24, no. 1, 1956, pp. 11–32. [JSTOR, doi.org/10.2307/2296233](https://doi.org/10.2307/2296233); Lipsey, R.G. Reflections on the general theory of second best at its golden jubilee. *Int Tax Public Finance* 14, 349–364 (2007). doi.org/10.1007/s10797-007-9036-x

126 Veja por exemplo análise no Relatório de Mitigação do IPCC (2022), particularly relating to ‘shifting development pathways towards sustainability’ (Chapter 4) and the role of governance and enabling conditions (Chapter 13) as well as the literature on innovation systems (Chapter 16).

Além disso, as “transições de sistema” necessárias para a descarbonização são complexas e envolvem mudanças em tecnologias, estruturas de mercado, infraestrutura, etc. Geralmente, não é viável que um único instrumento de política alcance todas essas coisas e, quando várias deles estão em vigor, interações entre eles são inevitáveis. Não considerar as interações políticas é uma falha que, na prática, pode ser prejudicial, como ilustrado pela experiência de estabelecer limites de emissões para o EU ETS, que não levou em conta o tamanho do impacto da eficiência energética ou das políticas de energia renovável, contribuindo para o preço do carbono colapsar¹²⁷.



O caso do Princípio 5

Quando o foco muda para uma perspectiva dinâmica e metas de longo prazo e, em especial, para as principais transições requeridas para o cumprimento das metas do Acordo de Paris, a necessidade de avaliar as políticas em pacote torna-se inevitável. Uma literatura crescente fornece múltiplas linhas teóricas e empíricas para o entendimento de que as transições – em particular, o direcionamento dos processos de transição, como a descarbonização – necessariamente envolvem uma combinação de diferentes instrumentos de política¹²⁸. A categorização a seguir é útil e identifica três “pilares de política” complementares^{129,130}:

- **Investimento estratégico** em um amplo espectro de tecnologias e infraestruturas interrelacionadas, projetadas para moldar a evolução de tecnologias, estruturas econômicas e regimes regulatórios na direção do baixo carbono;
- **Mercados e precificação** para garantir que, em seu mínimo, a estrutura de mercados e a tributação não restrinjam tecnologias emergentes de baixo carbono,

incluindo a remoção de subsídios a combustíveis fósseis e o uso de precificação de carbono para alinhar ao máximo as decisões do setor privado com metas de descarbonização estabelecidas pelo estado (ou estimativa equivalente do custo social das emissões de GHG);

- **Padrões e engajamento** para ajudar a superar várias barreiras à adoção de novas e melhores tecnologias pelos consumidores. Tais “barreiras” são estruturais (por exemplo, divisão inquilino / proprietário e outras “falhas contratuais”) e normativas do ponto de vista social/comportamental. O objetivo é acelerar a difusão e fomentar a confiança e novas normas em torno de tecnologias e práticas mais limpas surgidas a partir dos outros dois pilares.

A necessidade de misturar instrumentos de políticas já está bem estabelecida em estudos de inovação, havendo agora a necessidade de integrá-la a uma tendência semelhante em estudos de política¹³¹.

O papel de instrumentos de política complementares foi documentado em vários setores, incluindo energia,¹³² indústria¹³³, transporte¹³⁴ e agro-alimentação¹³⁵. Orientar as transições também requer um direcionamento claro, com visões compartilhadas e coordenação de atores em diferentes campos (tais como a política climática e a industrial), bem como níveis de governança^{136,137}.

Essa literatura aponta múltiplas razões pelas quais combinar instrumentos de política é necessário para promover transições dinâmicas em direções específicas. Uma maneira de explicar e categorizar os diferentes instrumentos para transições de baixo carbono é dada pela noção dos “Três Domínios” ou “Pilares da Política”, que enfatiza a complementaridade entre as políticas que moldam os *trade-offs* usando mercados e preços relativos; políticas

127 Wettestad J, Jevnaker T. (2016). *Rescuing EU Emissions Trading: The Climate Policy Flagship*. Palgrave Macmillan, Disponível em www.amazon.co.uk/Rescuing-EU-Emissions-Trading-Flagship/dp/1349849758

128 Rogge, K. S. and Reichardt, K. (2016) 'Policy mixes for sustainability transitions: An extended concept and framework for analysis', *Research Policy*. Elsevier B.V., 45(8), pp. 1620–1635. doi: 10.1016/j.respol.2016.04.004.

129 Grubb, M., Hourcade, J. C. and Neuhoﬀ, K. (2014) *Planetary economics : energy, climate change and the three domains of sustainable development*. Routledge. Disponível em: https://books.google.co.uk/books/about/Planetary_Economics.html?id=b2nOygAACAAJ&redir_esc=y (Acessado em: 31 de agosto de 2019).

130 Grubb, M., Hourcade, J.-C. and Neuhoﬀ, K. (2015) 'The Three Domains structure of energy-climate transitions', *Technological Forecasting and Social Change*, 98. doi: 10.1016/j.techfore.2015.05.009

131 Kern, F., Rogge, K. S. and Howlett, M. (2019) 'Policy mixes for sustainability transitions: New approaches and insights through bridging innovation and policy studies', *Research Policy*. Elsevier B.V., 48(10), p. 103832. doi: 10.1016/j.respol.2019.103832.

132 Rogge, K. S., Kern, F. and Howlett, M. (2017) 'Conceptual and empirical advances in analysing policy mixes for energy transitions', *Energy Research & Social Science* 33(September), pp. 1–10. doi: 10.1016/j.erss.2017.09.025.

133 Scordato, L. et al. (2018) 'Policy mixes for the sustainability transition of the pulp and paper industry in Sweden', *Journal of Cleaner Production*, 183, pp. 1216–1227. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.02.212.

134 Givoni, M. et al. (2013) 'From Policy Measures to Policy Packages', *Transport Reviews*. Taylor & Francis, 33(1), pp. 1–20. doi: 10.1080/01441647.2012.744779.

135 Kalfagianni, A. and Kuik, O. (2017) 'Seeking optimality in climate change agri-food policies: stakeholder perspectives from Western Europe', *Climate Policy* 17, pp. S72–S92. doi: 10.1080/14693062.2016.1244508.

136 Yurra, E., Shapira, P. and Harding, A. (2016) 'Low carbon innovation and enterprise growth in the UK: Challenges of a place-blind policy mix', *Technological Forecasting and Social Change*, 103, pp. 264–272. doi: 10.1016/j.techfore.2015.10.008

137 Nemet, G. F. et al. (2017) 'Addressing policy credibility problems for low-carbon investment', *Global Environmental Change*, 42, pp. 47–57. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2016.12.004.

que abordam comportamentos e escolhas^{138,139,140}; e políticas para moldar a evolução da fronteira tecnológica em direções de baixo carbono¹⁴¹. Esses três pilares (veja a Figura 7) repousam sobre um quadro econômico amplo para trazer *insights* da economia comportamental e evolucionária, juntamente com a visão clássica de “equilíbrio/alocação de recursos”.

Pode haver vários instrumentos dentro de cada categoria – ou seja, diferentes mecanismos e aplicações de investimento estratégico, desde P&D até instrumentos específicos de atração de demanda (*demand-pull*) para a tecnologia, bem como políticas para aumentar o engajamento do consumidor e acelerar a adoção. Quando usadas em conjunto, as políticas nessas categorias podem se reforçar mutuamente. Por exemplo, a precificação do carbono pode afastar os incentivos dos investimentos intensivos em carbono e reforçar a busca por alternativas mais limpas. Combinado com investimentos estratégicos e

políticas de criação de mercado, isso pode incrementar o impulso por demanda (“*demand-pull*”) geral para inovação em tecnologia limpa, enquanto o P&D também amplifica o “impulso de oferta” (“*supply push*”). O resultado é a geração de inovação de forma mais rápida do que seria com a aplicação de qualquer política individualmente. Da mesma forma, os padrões regulatórios podem aumentar a oferta de tecnologias limpas para o mercado, ao mesmo tempo em que políticas orientadas para o comportamento aumentam a demanda; juntas, aceleram a difusão mais do que qualquer política sozinha, aumentando as perspectivas e o ritmo de se atingir um ponto de inflexão (Princípio 4). Além disso, investimentos em infraestrutura podem remover obstáculos tanto para a oferta quanto para a demanda.

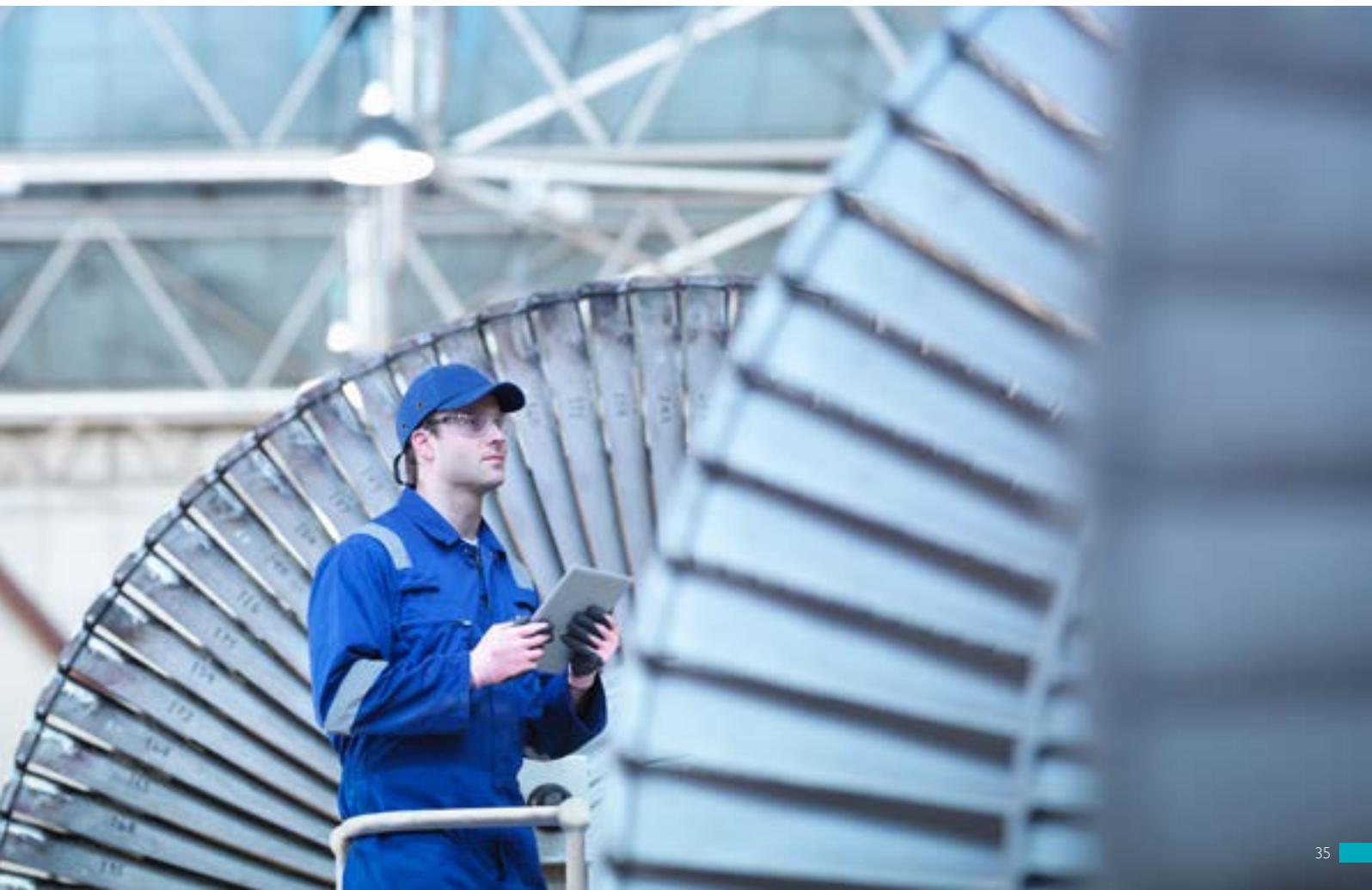
A Figura 7 resume algumas interações entre esses três grandes “pilares da política”.

138 Kahneman, D., Knetsch, J. L. and Thaler, R. H. (1991) 'Anomalies: The Endowment Effect, Loss Aversion, and Status Quo Bias', *Journal of Economic Perspectives*, 5(1), pp. 193–206. doi: 10.1257/JEP.5.1.193.

139 Tversky, A. and Kahneman, D. (2017) 'Rational choice and the framing of decisions', in *Decision Science*. doi: 10.1086/296365.

140 Surana, K., Anadon, L.D. 'Public Policy and Financial Resource Mobilization in Developing Countries: a Comparison of Approaches and Outcomes in China and India.' *Global Environmental Change* (2015) 34:340-359. doi:10.1016/j.gloenvcha.2015.10.001.

141 Nemet, G. F. (2009) 'Demand-pull, technology-push, and government-led incentives for non-incremental technical change', *Research Policy*, 38(5), pp. 700–709. doi: doi.org/10.1016/j.respol.2009.01.004.



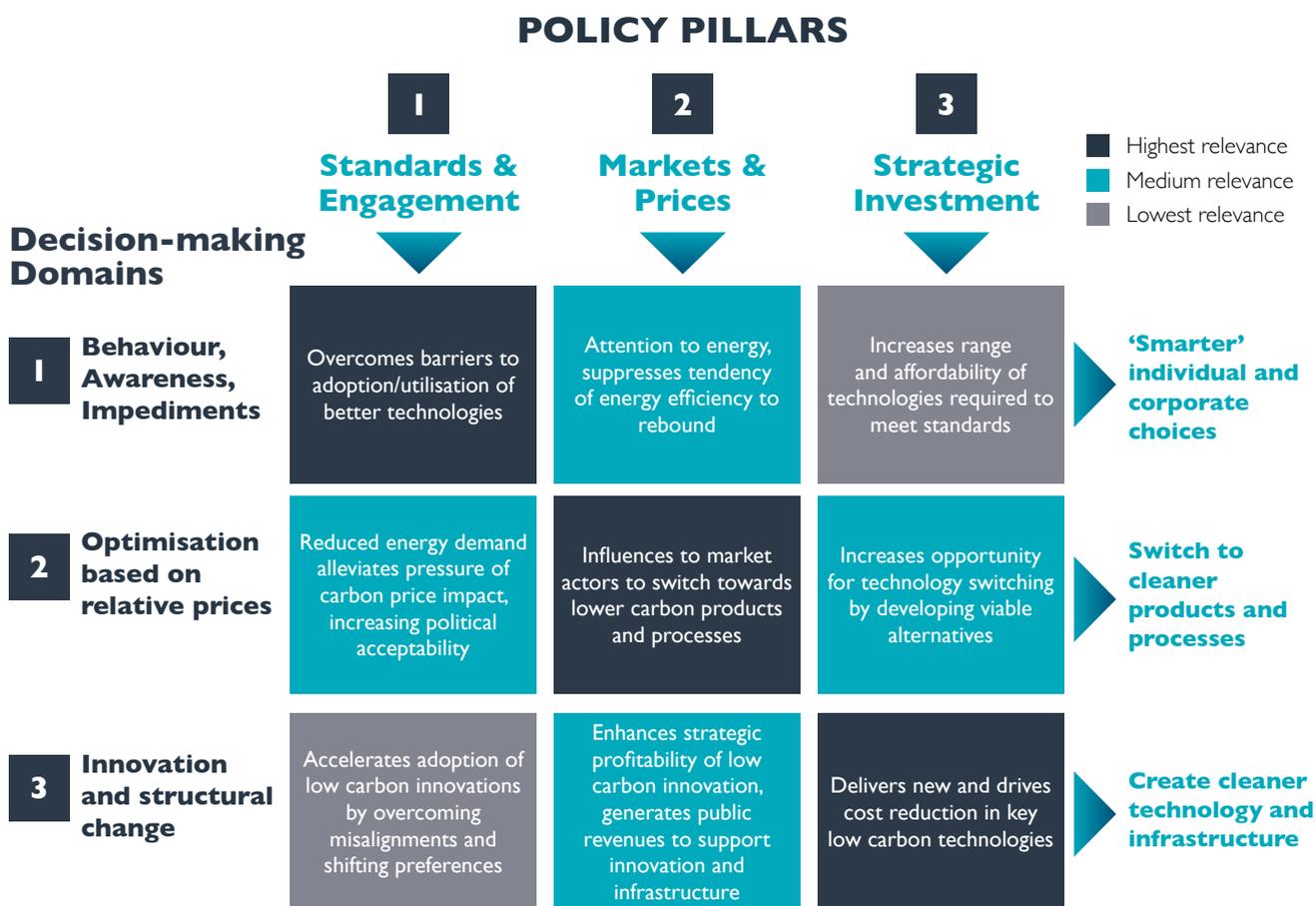


Figura 7: Tipos complementares de políticas podem funcionar sinergicamente para promover mudanças e inovações em diferentes setores. Este esquema destaca a necessidade de avançar por meio de diferentes tipos de políticas, principalmente devido aos prazos para a geração de inovação e a urgência das mudanças climáticas. Um pacote de políticas deve combinar os pontos fortes dos instrumentos de políticas que são eficazes em cada domínio de tomada de decisão. Os elementos diagonais mostram o efeito direto das políticas em influenciar as escolhas individuais e corporativas, incentivando consumidores e empresas a mudar para produtos e processos mais limpos; e fomento ao desenvolvimento de novas tecnologias e infraestrutura complementar. Outros elementos na matriz indicam importantes formas indiretas pelas quais as políticas voltadas principalmente para um domínio de tomada de decisão podem apoiar outros. Fonte¹⁴².

142 Grubb M, Poncia, A, Drummond, P. (2022). 'Different therefore equal: economic diversity and the paradox of carbon pricing,' Paper for Swedish Entrepreneurship Forum and KTH Royal Institute of Technology workshop, "The Political Economy of Climate Change", Stockholm, June 2022

Nesse contexto, faz pouco sentido tentar considerar o efeito de cada política individualmente. O efeito de uma política é determinado pelo pacote de políticas do qual ela faz parte. Além disso, os pacotes de políticas podem aproveitar melhor as diferentes fontes de financiamento, mais uma vez apoiando o crescimento das indústrias de baixo carbono. Esse crescimento impulsiona o conhecimento e a confiança, reduzindo os riscos percebidos e, por sua vez, o custo financeiro^{143,144}. Calcular o “valor presente líquido” de cada política individualmente como meio de priorização pode errar o alvo e ser enganoso. Em vez disso, a eficácia dos *pacotes de políticas* (às vezes chamados de mix de políticas¹⁴⁵) deve ser considerada e comparada, com as interações entre as políticas avaliadas de forma detalhada.

A importância relativa e o equilíbrio desses diferentes tipos de instrumentos de política variam de acordo com o tipo de tecnologia, bem como com o contexto nacional e setorial. A importância relativa de diferentes tipos de

instrumentos também pode variar com a fase do processo de transição, conforme descrito em nosso primeiro relatório, “*A Nova Economia da Inovação e Transição do Sistema*”. A questão subjacente permanece sendo a de que não apenas todos os tipos de instrumentos podem ser necessários para efetivamente conduzir a uma ampla transição energética, mas também que eles podem se reforçar mutuamente.

Finalmente, pacotes de instrumentos de política que podem ser classificados e interrelacionados precisam combinar objetivos climáticos, econômicos e de desenvolvimento, e devem ser definidos no contexto de “condições facilitadoras” mais amplas, que segundo o IPCC 2022¹⁴⁶ incluem governança e instituições, bem como capacidade financeira (por exemplo, mercados de capitais suficientes ou apoio financeiro internacional) – juntamente com a disponibilidade e a capacidade de utilizar tecnologias emergentes necessárias para transições de baixo carbono¹⁴⁷.

143 Hall, S., Foxon, T.J. and Bolton, R. (2017) 'Investing in low-carbon transitions: energy finance as an adaptive market', *Climate Policy*. Taylor and Francis Ltd., 17(3), pp. 280–298. doi: 10.1080/14693062.2015.1094731.

144 Schot, J. and Geels, F.W. (2008) 'Strategic niche management and sustainable innovation journeys: theory, findings, research agenda, and policy', doi: [10.1080/09537320802292651](https://doi.org/10.1080/09537320802292651). Routledge, 20(5), pp. 537–554. doi: 10.1080/09537320802292651.

145 Rogge, K.S., Reichardt, K. (2016). 'Policy mixes for sustainability transitions: An extended concept and framework for analysis.' *Research Policy* 45(8):1620-1635.

146 IPCC (2022). Intergovernmental Panel on Climate Change 6th Assessment Report, Working Group III on Mitigating Climate Change. Chapter 4.

147 IPCC (2022). Intergovernmental Panel on Climate Change 6th Assessment Report, Working Group III on Mitigating Climate Change. Chapters 4 and 13.



ESTUDO DE CASO 5:

Políticas de apoio ao desenvolvimento de veículos elétricos na China

Em 2006, a China escolheu os veículos de nova energia (*new energy vehicles* – NEVs, incluindo veículos elétricos e veículos a gasolina altamente eficientes ou híbridos) como uma das prioridades em seu Plano Nacional de Longo Prazo sobre Desenvolvimento Científico e Tecnológico¹⁴⁸ para a indústria automobilística do país, tendo em vista a dependência chinesa do petróleo importado e os problemas de poluição do ar urbano. O relatório observou lacunas na capacidade tecnológica em veículos com motor de combustão interna (*internal combustion engine vehicles* – ICEVs) entre a China e os países desenvolvidos, e os veículos elétricos (*electric vehicles* – EV) foram vistos como uma oportunidade para o país liderar uma nova indústria.

Para atingir esse objetivo, o governo implementou um amplo pacote de políticas de reforço mútuo, a partir do plano de 2006, que incluiu investimentos estratégicos, esforços em mercados e preços e ações sobre padrões e engajamento visando a mudança de comportamento. Em 2009, os programas ‘10 City’ e ‘1000 EVs’ representaram o início da promoção de EVs no sistema de transporte público através de investimentos estratégicos.

A fase seguinte das políticas visava aumentar a demanda. Em 2010, o governo emitiu a primeira política de subsídios para EVs privados. Esse esforço foi seguido em 2011 por algumas províncias, que implementaram os seus próprios subsídios. À medida que as vendas de EVs se expandiam, tornou-se importante também aumentar a infraestrutura complementar; portanto, em 2012, o subsídio de compra de EVs foi expandido para incluir suporte para estações de carregamento. Em 2013, com subsídio adicional de jurisdições subnacionais, o maior subsídio de compra atingiu CNY120.000 (cerca de US\$ 18.500) por carro¹⁴⁹. À medida que os custos dos veículos elétricos diminuíram, o subsídio foi reduzido em nível nacional. Em 2015, o governo chinês anunciou planos de cortar os subsídios em 20% em 2017-2018 e em 40% em 2019, em comparação com o nível de 2016. Em 2020, o governo anunciou planos adicionais para

reduzir os subsídios em 10%, 20% e 30% ano a ano em 2020 a 2022¹⁵⁰. Até 2021, 15,5% dos novos veículos leves vendidos eram NEVs, e a eliminação total foi anunciada, em um cronograma em negociação.

Juntamente com esses incentivos econômicos para aumentar a demanda por EVs, várias grandes cidades, incluindo Pequim e Xangai, aceleraram os números de registro para novos EVs (os números gerais são limitados). Essas políticas, que introduziram uma Política de Loteria de Placas que favorece EVs em vez de ICEVs¹⁵¹, enviaram um forte sinal comportamental sobre a preferência por EVs e os riscos em torno de carros movidos a combustíveis fósseis (os padrões e o pilar de engajamento). Outras cidades fornecem placas gratuitas para novos consumidores de veículos elétricos e de células de combustível.

Outro conjunto de políticas atuou simultaneamente para aumentar a oferta de veículos elétricos. Em 2011, o governo estabeleceu o esquema de Consumo Médio Corporativo de Combustível (CAFC), que estabelece metas de consumo médio de combustível da frota¹⁵². Atrelado a isso, em abril de 2018 o governo criou uma política de crédito duplo, que atribui créditos para a produção de NEVs. Os fabricantes podem atingir as metas por meio de uma combinação de garantir alta eficiência energética em seus carros convencionais e garantir que os EVs sejam uma alta proporção de suas vendas. Essa política tem sido cada vez mais importante na dinamização do mercado de NEVs, após a redução dos subsídios aos NEVs¹⁵³. Espera-se que essa política de crédito duplo seja crucial para cumprir a meta da China de 20% de vendas NEV até 2025.¹⁵⁴

Ao mesmo tempo em que apoia a oferta e a demanda por veículos elétricos, a China investiu na infraestrutura de capacitação. Muitas cidades em todo o país ofereceram subsídios de capital e operacionais para infraestrutura de carregamento de veículos elétricos e a China possui a maior rede de carregamento do mundo, com mais de 1,1 milhão

148 State Council (2006) National Long-term Plan on Science and Technology Development, State Council, Beijing

149 Beijing Government (2013) Beijing's New Energy Vehicle Supporting Policies and Subsidy, Beijing Municipal Government, Beijing

150 Ministry of Finance (2020). 关于完善新能源汽车推广应用财政补贴政策的通知 (Notice on optimizing fiscal subsidies for promoting new energy vehicles). jjs.mof.gov.cn/zhengcefagui/202004/t20200423_3502975.htm?from=timeline&isappinstalled=0

151 Zhang, X., Bai, X., & Zhong, H. (2018). Electric vehicle adoption in license plate-controlled big cities: Evidence from Beijing. *Journal of Cleaner Production*, 202, 191-196.

152 IEA (2021). *Fuel economy in China*, IEA, Paris www.iea.org/articles/fuel-economy-in-china

153 Li, Y., Zhang, Q., Li, H., Tang, Y., & Liu, B. (2019). The impact of dual-credit scheme on the development of the new energy vehicle industry. *Energy Procedia*, 158, 4311-4317.

154 Chen Z. He H. (2022) How will the dual-credit policy help China boost new energy vehicle growth? Disponível em: ccci.berkeley.edu/sites/default/files/China_Dual_Credit_Policy_Brief_Feb2022.pdf (2022/03/31)

de pontos de carregamento públicos em todo o país em 2021¹⁵⁵, em comparação com 141.200 em 2016 (ver Figura 8). Os carregadores privados, instalados junto com as compras de EVs, aumentaram de 62.000 em 2016 para 47 milhões em 2021¹⁵⁶.

Em 2015, a China já tinha o maior número de vendas de veículos elétricos do que qualquer país do mundo. O efeito desse pacote de políticas funcionando em todas as três áreas de formulação de políticas foi um rápido crescimento das vendas de EVs na China, de apenas 6.023 em 2010 para mais de 3 milhões em 2021 (veja a Figura 8). O crescimento continua superando as expectativas: as previsões de vendas

de 2,2 milhões de EVs em 2020 foram superadas em mais de 50%, auxiliadas também pela crise energética em curso e pelo fato de a China não subsidiar a gasolina. Os dados mais recentes indicam vendas de NEV de 2,6 milhões no primeiro semestre de 2022 – mais que o dobro do mesmo período de 2021 – representando mais de 20% do total de vendas de carros novos¹⁵⁷. De acordo com as previsões do Centro de Pesquisa e Tecnologia Automotiva da China (CATARC), as vendas de NEVs atingirão 40% do total de vendas de carros novos até 2030 e mais de 50% até 2035. Considerando os dados de 2021/2022, essas metas podem até ser alcançadas mais cedo.

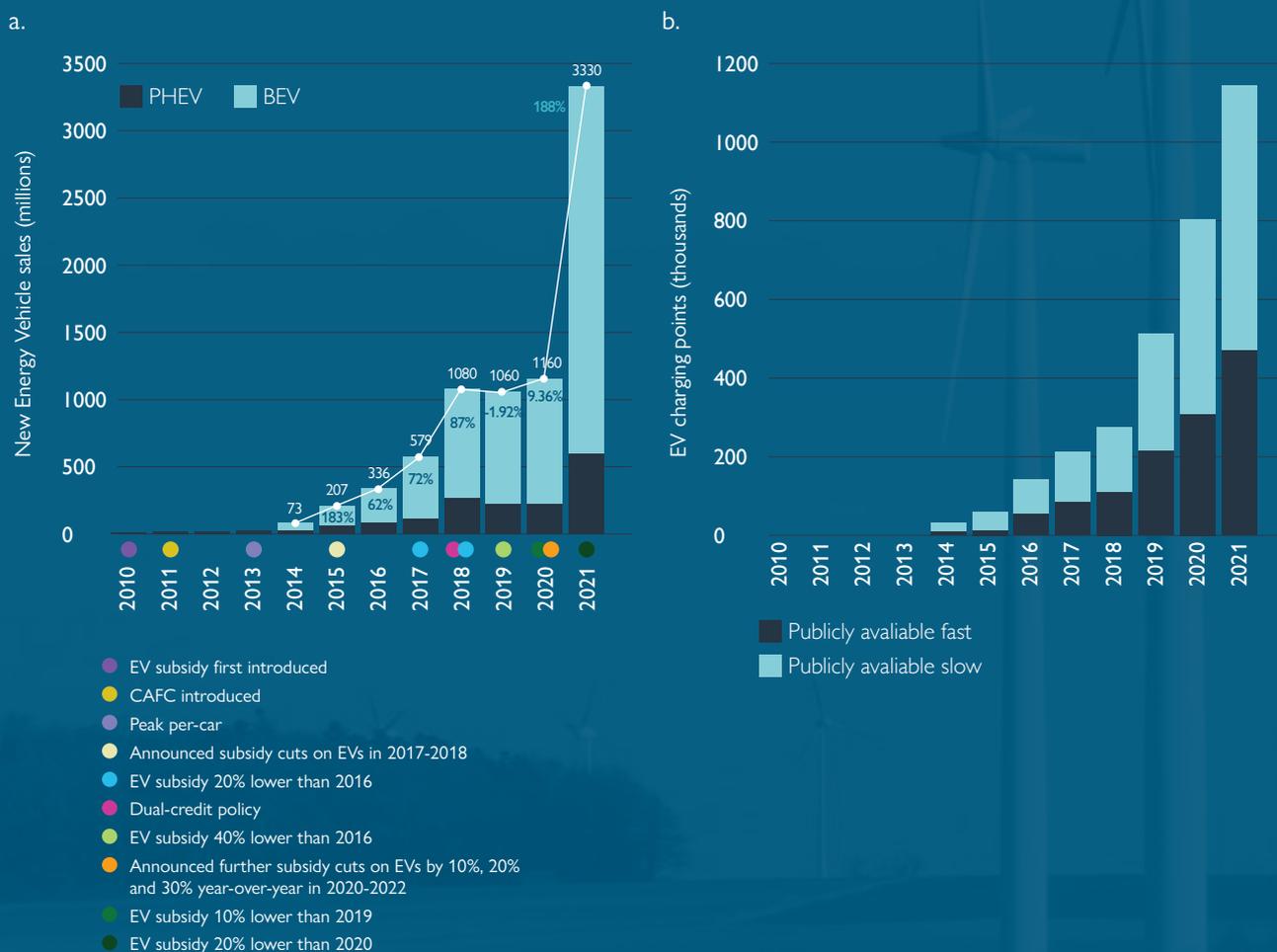


Figura 8: a) vendas de EVs e b) pontos de carregamento públicos (painel inferior) na China entre 2010 e 2021. Rápido e lento refere-se à velocidade de carregamento dos pontos de carregamento. Fonte de dados: Global EV Data Explorer¹⁵⁸.

155 IEA (2022), Global EV Outlook 2022, IEA, Paris www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022

156 All data except that from IEA is from China Electrical Vehicle Charging Infrastructure Alliance (EVCIPA, www.evcpa.org.cn)

157 Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China (MIIT) (2022), Economic operation of the automobile industry in June 2022. Disponível em: www.miit.gov.cn/gxjsj/tjfx/zbgy/qc/art/2022/art_236f9381746c4f56a9c2bdd0e8748b31.html; Acessado em julho de 2022..

158 IEA (2022), Global EV Data Explorer, IEA, Paris www.iea.org/articles/global-ev-data-explorer

PARTE 2

PRINCÍPIOS PARA AVALIAÇÃO DE POLÍTICAS

A análise custo-benefício é muitas vezes equiparada à identificação de políticas que maximizem a eficiência econômica em termos de agregados monetários ou PIB. Trata-se de uma simplificação da teoria formal subjacente da análise de custo-benefício (ver “*The New Economics of Innovation and Transition: Evaluating Opportunities and Risks*”, Relatório do Projeto EEIST para a COP26, www.eeist.co.uk/reports, Box 1).

Esta seção apresenta maneiras de melhorar a avaliação de políticas por meio da atenção particular a quatro desafios fundamentais: ampla incerteza; distribuição dentro dos países; cooperação e complementaridade entre países; e dinâmica ao longo do tempo, inclusive por meio da integração de metodologias de avaliação que abordam riscos e oportunidades.

PRINCÍPIO 6:

A política deve ser adaptativa

Princípio tradicional: a política deve ser ideal



Resumo: Existem muitos caminhos pelos quais as economias podem se desenvolver ao longo do tempo. Muitas vezes é impossível na prática identificar qual é o “melhor” em termos de objetivos públicos, ou mesmo o “menor custo” economicamente, o que implica que pode não haver uma única política “ideal”. Dado também o potencial de aprender com a experiência, devem-se formular políticas adaptáveis, que possam mais facilmente responder a mudanças imprevistas, explorar oportunidades e gerenciar riscos.

Fundamentação do princípio tradicional

Os analistas de política econômica geralmente se preocupam em maximizar a eficiência econômica, buscando uma política “ótima” para entregar um resultado desejado ao menor custo. Isso está fundamentado na teoria econômica do bem-estar, que sugere que é possível identificar e arquitetar uma situação na qual ninguém pode melhorar sem que outra pessoa piore. Isso é, então, considerado uma alocação “ideal” de recursos econômicos. Seguindo essa lógica, em situações em que as falhas de mercado levam a uma alocação sub-ótima de recursos, a política pode (e deve) procurar estabelecer um estado de alocação ideal.

Limitações do princípio tradicional

A teoria simples, além de fazer suposições muito fortes sobre distribuição (ver Princípio 7), é estática: diz respeito à alocação de recursos existentes em um dado momento no tempo. O desafio da transição de baixo carbono é diferente: diz respeito à inovação – a criação de novos recursos econômicos e técnicas – e à mudança estrutural (a transformação da economia) ao longo do tempo. Nesse contexto, é difícil (se não impossível) identificar a escolha “ótima” *ex ante* – é ilimitada a gama de diferentes trajetórias que o desenvolvimento econômico pode trilhar, muitas das quais podem ser consideradas melhores ou piores em relação a múltiplos interesses políticos possíveis.

Diante disso, identificar uma trajetória “ótima” para uma economia, incluindo a resposta ótima às mudanças climáticas, é teoricamente impossível (pelo grande número de possibilidades) – e na prática, a multiplicidade de interações e incertezas em torno da transição energética

torna extremamente difícil a escolha de uma trajetória e o desenho de uma política que sejam “melhores” e não “piores” em relação a múltiplos objetivos de política. Nesse contexto, a procura de uma política de otimização pode afastar o formulador de considerar de maneira mais realista e completa a eficácia e a robustez da política, incluindo as oportunidades e os riscos associados, com base no conhecimento disponível e nas incertezas existentes.



O caso do Princípio 6

As políticas focadas na transição para economias descarbonizadas devem inevitavelmente ser implementadas em um contexto de alta incerteza. Nas próximas três décadas, mudanças de todos os tipos provavelmente acontecerão de forma generalizada. É inevitável que algumas coisas não saiam como o esperado. No contexto da política de transformação estrutural, se uma política não pode ser ótima, ela pode pelo menos ser adaptativa – preservando a capacidade de se modificar, para aproveitar as oportunidades que surgem das mudanças no ambiente e reduzindo os riscos e custos de estar excessivamente comprometida com uma determinada trajetória desde muito cedo. Isso sugere que, em vez de buscar a otimização, a escolha política deve valorizar a flexibilidade e a geração de opções (oportunidades), ao mesmo tempo em que minimiza os riscos (Princípio 9).

Os Princípios 1-5 descrevem os fundamentos da formulação de políticas para estimular transições profundas. As incertezas intrínsecas a tais processos dinâmicos – que contrastam fortemente com a ideia de equilíbrios conhecidos e estáveis e os pontos de referência para mudanças marginais – exigem adaptabilidade. Para permanecer eficaz e durável, a política – incluindo instrumentos individuais e combinações de políticas mais amplas (ver Princípio 5)¹⁵⁹ – deve ser capaz de se adaptar diante de tendências e mudanças de

¹⁵⁹ Um “mix de políticas” incorpora tanto instrumentos individuais quanto estratégia de política, e os objetivos, metas e características de design de cada um, juntamente com os processos de formulação e implementação de políticas e as características abrangentes do mix como um todo (incluindo consistência, coerência, credibilidade e abrangência)⁶



natureza macroeconômica, demográfica, social e geopolítica relevantes, juntamente com as contingências da dinâmica envolvendo a tecnologia, as infraestruturas, os mercados, as preferências e a política. Isso inclui ser adaptável à dinâmica moldada pela própria política. Se não, a política pode se tornar ineficaz e fraca, ou se tornar frágil e se romper, acarretando paradas abruptas com consequências danosas e custosas. Tomando emprestada a terminologia empresarial, dada a impossibilidade de um *ótimo* duradouro, o objetivo deve ser a *melhoria contínua*.

Alguns efeitos e *feedbacks*, e a capacidade deles de gerar ciclos virtuosos ou viciosos ao longo dos processos de descarbonização, podem ser previstos de maneira bastante razoável. Por exemplo, as características de diferentes tecnologias podem ajudar a prever a extensão e a rapidez das reduções de custos (ver o Princípio 1 e nosso relatório anterior, *The New Economics of Innovation and Transition*, seção 3.5). Pode-se estimar o efeito de qualquer subsídio ao longo do tempo e, ainda que com bastante incerteza, também a janela de tempo para que uma nova tecnologia se torne competitiva relativamente às incumbentes. No entanto, outros resultados podem não ser passíveis de previsão com alguma confiança. A maneira como o P&D, o aprender fazendo e as economias de processos de escala,

que são processos inerentemente incertos, interage com a dinâmica mais ampla do sistema, incluindo os efeitos das condições macroeconômicas e geopolíticas em constante mudança (e seus efeitos sobre, por exemplo, os preços internacionais da energia e outras *commodities*) é fonte de considerável incerteza. A experiência nos diz que surpresas acontecem – e acontecem com frequência.

O conceito de política adaptativa tem sido usado desde a década de 1920, quando o filósofo e educador americano John Dewey argumentou que as políticas deveriam ser tratadas como experimentos que precisam ser adaptados ao longo do tempo, à medida que novas informações derivadas da experiência se tornam disponíveis e o contexto muda¹⁶⁰. A formulação de políticas adaptativas representa uma abordagem de aprendizagem^{161,162,163}, em que os planos iniciais são monitorados e reavaliados à medida que informações adicionais são adquiridas. No contexto da transição de baixo carbono, a aplicação deste princípio é fundamental.^{164,165,166,167,168,169,170} A Figura 9 mostra as diferentes dimensões que devem ser consideradas ao formular uma política com o objetivo de torná-la adaptável e a importância de envolver diferentes tipos de *stakeholders* no processo de elaboração e implementação de políticas.

160 Dewey, J., & Rogers, M. L. (2012). *The public and its problems: An essay in political inquiry*. Penn State Press.

161 Busch, J., Foxon, T. J., & Taylor, P. G. (2018). Designing industrial strategy for a low carbon transformation. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 29, 114-125

162 Haasnoot, M., Kwakkel, J. H., Walker, W. E., & Ter Maat, J. (2013). Dynamic adaptive policy pathways: A method for crafting robust decisions for a deeply uncertain world. *Global environmental change*, 23(2), 485-498

163 Walker, W. E., Rahman, S. A., & Cave, J. (2001). Adaptive policies, policy analysis, and policy-making. *European journal of operational Research*, 128(2), 282-289

164 Busch, J., Foxon, T. J., & Taylor, P. G. (2018). Designing industrial strategy for a low carbon transformation. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 29, 114-125

165 Zandvoort, M., Campos, I. S., Vizinho, A., Penha-Lopes, G., Lorencová, E. K., van der Brugge, R., ... & Jeuken, A. B. (2017). Adaptation pathways in planning for uncertain climate change: Applications in Portugal, the Czech Republic and the Netherlands. *Environmental Science & Policy*, 78, 18-26

166 Michas, S., Stavrakas, V., Papadelis, S., & Flamos, A. (2020). A transdisciplinary modeling framework for the participatory design of dynamic adaptive policy pathways. *Energy Policy*, 139, 111350

167 Polzin, F. (2017). Mobilizing private finance for low-carbon innovation—A systematic review of barriers and solutions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 525-535

168 Geels, F. W., Sovacool, B. K., Schwanen, T., & Sorrell, S. (2017). The socio-technical dynamics of low-carbon transitions. *Joule*, 1(3), 463-479

169 Green, F., & Gambhir, A. (2020). Transitional assistance policies for just, equitable and smooth low-carbon transitions: who, what and how?. *Climate Policy*, 20(8), 902-921

170 Bizikova, L., Swanson, D., Tyler, S., Roy, D., & Venema, H. D. (2018). Policy adaptability in practice: Lessons learned in the application of the Adaptive Design and Assessment Policy Tool (ADAPTTool) to examine public policies in Canada in the context of climate change. *Policy Design and Practice*, 1(1), 47-62.

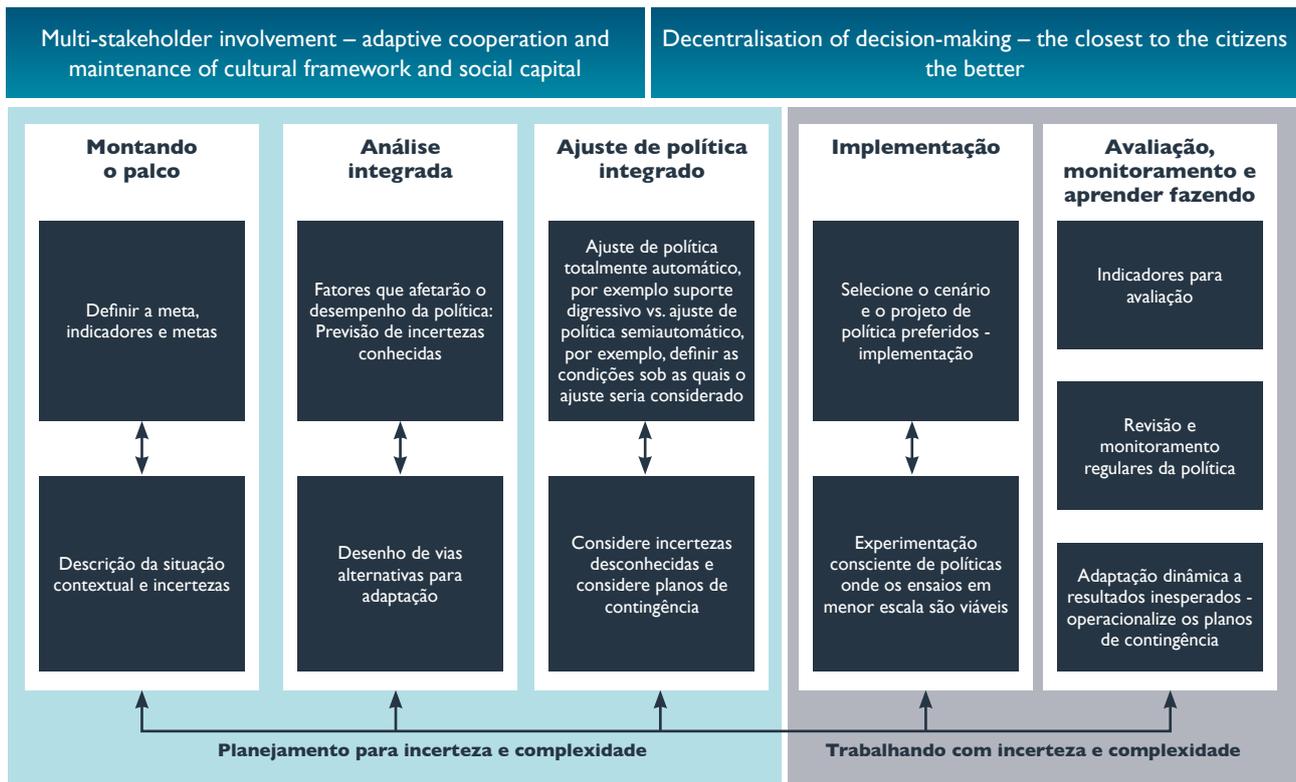


Figura 9: Estrutura esquemática para o desenvolvimento e implementação de políticas adaptativas para funcionar de forma mais eficaz em condições complexas, dinâmicas e incertas¹⁷¹. A linha superior indica a importância de envolver diferentes tipos de stakeholders e especialistas durante o processo de formulação, implementação e avaliação de políticas. Fonte: elaboração própria com base em^{172,173,174}.

Para serem adaptáveis, as políticas para a transição de baixo carbono precisam ser capazes de mudar quando os mercados mudam e à medida que mais informações se tornam disponíveis¹⁷⁵. Essa flexibilidade pode ser criada no nível do programa que gera as políticas (por exemplo, colocando em prática metas dinâmicas claras que o programa pretende alcançar em diferentes momentos e gerenciando as expectativas sobre as mudanças que podem ser consideradas com base nos resultados e outras melhorias), ou no nível do instrumento de política (por exemplo, incorporando períodos de revisão pré-definidos ou ajustes automáticos nos níveis de exigência ou subsídio em resposta à evolução das características tecnológicas). Esses mecanismos de flexibilidade incorporados podem permitir o ajuste, substituição ou cancelamento de elementos da política, restando espaço para qualquer coisa, desde pequenas alterações no projeto da política até mudanças na direção estratégica, se necessário, de maneira ordenada e razoavelmente previsível. Tais alterações podem ser feitas automaticamente por meio de critérios pré-determinados, ou por meio de escolha ativa dos tomadores de decisão¹⁷⁶.

Para serem eficazes, os mecanismos de flexibilidade devem ser sustentados por sistemas robustos de monitoramento e prestação de contas envolvendo indicadores-chave, apoiados por aparato e capacidade institucional suficientes (veja a última coluna na Figura 9 sobre Avaliação e Monitoramento). O monitoramento e a avaliação precisam ser uma parte intrínseca do desenho de políticas desde o início¹⁷⁷. Ao fornecer informações claras e comuns sobre os efeitos da política e do contexto em que está operando, pode-se influenciar a natureza dos feedbacks da política. Para manter a confiança, pode ser melhor contar com uma agência independente para desempenhar uma função de monitoramento e fornecer aconselhamento sobre ajustes de políticas. Geralmente essa abordagem é bem-sucedida com bancos centrais independentes no domínio da política monetária e também no domínio da política climática com, por exemplo, o Comitê de Mudanças Climáticas do Reino Unido.

171 Swanson, D., Barg, S., Tyler, S., Venema, H., Tomar, S., Bhadwal, S., ... & Drexhage, J. (2010). Seven tools for creating adaptive policies. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(6), 924-939

172 Swanson, D., & Bhadwal, S. (Eds.). (2009). *Creating adaptive policies: A guide for policymaking in an uncertain world*. IDRC

173 Haasnoot, M., Kwakkel, J. H., Walker, W. E., & Ter Maat, J. (2013). Dynamic adaptive policy pathways: A method for crafting robust decisions for a deeply uncertain world. *Global environmental change*, 23(2), 485-498

174 Walker, W. E., Rahman, S. A., & Cave, J. (2001). 'Adaptive policies, policy analysis, and policy-making.' *European Journal of Operational Research*, 128(2), 282-289

175 Konidari, P., & Mavrakis, D. (2007). A multi-criteria evaluation method for climate change mitigation policy instruments. *Energy Policy*, 35(12), 6235-6257

176 Konidari, P., & Mavrakis, D. (2007). A multi-criteria evaluation method for climate change mitigation policy instruments. *Energy Policy*, 35(12), 6235-6257

177 Chan, G., Goldstein, A.P., Bin-Nun, A., Anadon, L.D., Narayanamurti, V. 'Six principles for energy innovation.' *Nature* (2017) 552: 25-27. Doi:10.1038/d41586-017-07761-0.

ESTUDO DE CASO 6:

A expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil

O Brasil é muito mais ensolarado do que a Europa, mas a energia solar representou apenas 1,7% da oferta de energia do país em 2021¹⁷⁸. Isso é muito menor do que em países como Alemanha (9%), França (3%) e Espanha (6%), que investiram fortemente na implantação da geração solar fotovoltaica¹⁷⁹. Essa disparidade deve-se, em parte, a uma adoção um tanto tardia de instrumentos de política no Brasil.

A primeira grande usina fotovoltaica do país foi instalada apenas em 2011, em Tauá, no Ceará. No entanto, desde então, o número de sistemas fotovoltaicos instalados no território brasileiro vem crescendo rapidamente (Figuras 10 e 11) graças a mudanças nas políticas que foram fundamentais para impulsionar a implantação solar e a redução de custos.

A expansão ganhou força após uma mudança na regulação brasileira, em 2012, permitindo que pequenos fornecedores acessem a rede elétrica do país com custo zero ou baixo¹⁸⁰. Embora o regulamento inicial em 2012¹⁸¹ tenha sido uma mudança na política, os ajustes que ocorreram nos anos seguintes, incluindo a introdução de uma nova regulação em 2015¹⁸², representou uma adaptação planejada dessa política. É importante ressaltar que, em 2015, a regulação foi adaptada para estender os prazos de compensação dos sistemas distribuídos com *net metering*, ou seja, o excedente de energia produzido pelo consumidor é introduzido na rede e ele pode utilizar esse excedente como recompensa na forma de créditos de energia para até 60 meses e também aumentar os limites da capacidade instalada que era elegível, entre outras modificações¹⁸³. Essas mudanças foram possíveis devido às flexibilidades na lei que permitiram que a experiência do terreno em relação à demanda de diferentes usuários fosse incorporada.

A geração centralizada de energia ganhou força em 2014, quando as usinas solares foram incluídas em leilões públicos (com garantia de demanda) a preços favoráveis aos produtores¹⁸⁴. Os leilões foram instituídos como instrumento de política em 2004, durante uma reestruturação do marco regulatório da energia elétrica concebida como resposta à escassez de energia experimentada pelo país entre 2001 e 2002¹⁸⁵. Durante essa reestruturação do marco regulatório, o sistema foi projetado para realizar licitações e reservas de energia neutra em tecnologia e leilões específicos de tecnologia. Essa flexibilidade de design permitiu que os formuladores de políticas realocassem o suporte entre diferentes tecnologias sem precisar aprovar nova legislação ou realizar novas reformas de mercado. Com o tempo, eles foram capazes de responder ao rápido progresso global em energia solar, mas relativamente baixa implantação no Brasil, incluindo cada vez mais a energia solar (assim como a eólica) nos leilões de “reserva” específicos de tecnologia. Coincidindo com a mudança na regulamentação mencionada acima, os leilões somente solares também começaram em 2015. As Figuras 10 e 11 mostram implantação particularmente rápida e reduções de custos após 2015. O progresso feito em termos de redução de custos, desenvolvimento de modelos de negócios e crescente confiança do consumidor resultou em desenvolvimentos adicionais em 2017, quando um número crescente de residências e empresas começou a investir em energia solar para reduzir suas contas de eletricidade e vender sua produção excedente à rede pública, dando um impulso à energia solar fotovoltaica no país.

Além de adaptar prazos e elegibilidade para compensação e criar leilões específicos de tecnologia, outra característica do design da política adaptativa foi que os volumes de leilões no Brasil, com exceção dos leilões de reserva, estão vinculados às previsões de demanda¹⁸⁶.

178 MME (2022). Ministério de Minas e Energia. Boletim Mensal de Energia Novembro 2021. Disponível em: www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/publicacoes/boletins-mensais-de-energia/2021/ingles/111-boletim-mensal-de-energia-novembro-2021/view

179 IEA (2021). Electricity Information www.iea.org/data-and-statistics/data-product/electricity-information. The percentage of solar PV energy over the country's electricity generation for Germany, France and Spain is from 2020

180 Esposito, A. & Fuchs, P. (2013). Desenvolvimento tecnológico e inserção da energia solar no Brasil. web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1421

181 Regulation ANEEL RN 482/2012, see: www.legisweb.com.br/legislacao/?id=342518

182 Regulation ANEEL's RN 687/2015, see: microinversor.com.br/resolucao-normativa-687-aneel/?v=19d3326f3137

183 Barbosa, J. P., Saraiva, J. D., & Seixas, J. (2020). Solar energy policy to boost Brazilian power sector: *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 12(3), 349-367.

184 Pereira, N. (2019). Desafios e perspectivas da energia solar fotovoltaica no Brasil: geração distribuída vs geração centralizada. UNESP

185 Barbosa, J. P., Saraiva, J. D., & Seixas, J. (2020). Solar energy policy to boost Brazilian power sector: *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 12(3), 349-367.

186 Fraundorfer, M., & Rabitz, F. (2020). The Brazilian renewable energy policy framework: Instrument design and coherence. *Climate Policy*, 20(5), 652-660.

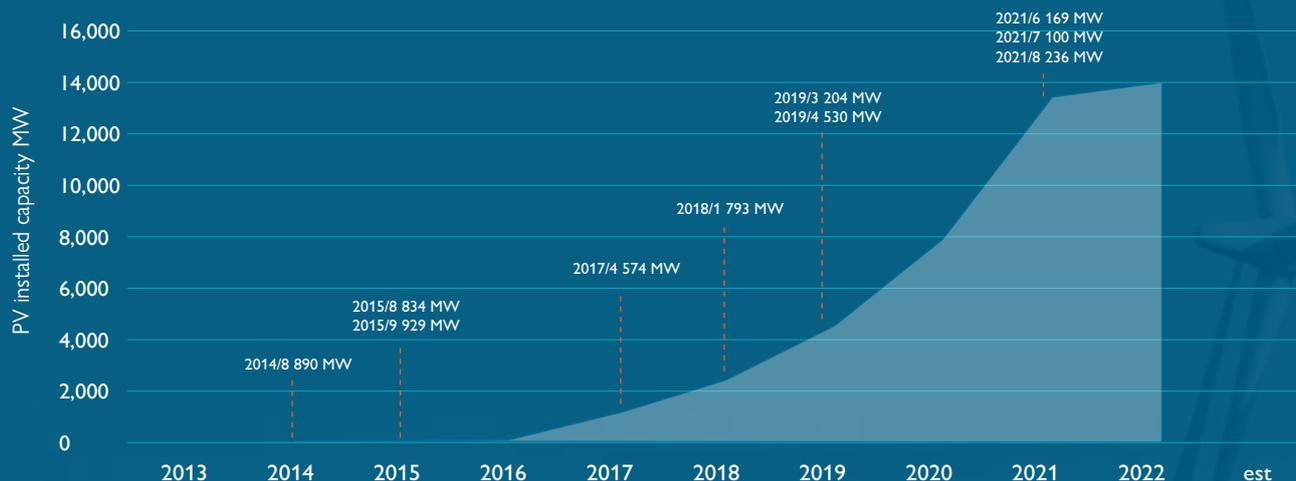


Figura 10: Capacidade instalada de energia solar fotovoltaica em MW no Brasil (incluindo capacidade centralizada e capacidade distribuída). Fonte: Elaboração própria com dados da Absolar. Também mostrando a introdução dos Leilões de Expansão da Geração Solar FV (ano/número do mês do leilão) e a capacidade de energia concedida por leilão em MW (por exemplo, 2014/8 890MW é um leilão de energia em agosto (mês 8) em 2014 com 890MW de energia solar)¹⁸⁹.



Figura 11: Custos totais instalados (eixo y esquerdo) e custos nivelados de eletricidade (eixo y direito) de energia solar fotovoltaica no Brasil. Fonte: Elaboração própria com dados de¹⁹⁰

Em outras palavras, se a demanda prevista aumenta, também aumenta o volume de contratos de energia limpa a serem leiloados. Isso permite que a política seja constantemente ajustada para acompanhar melhor o ritmo de crescimento do mercado, em vez de permitir o desenvolvimento de disparidades que exigem correções maiores. No entanto, foram identificadas outras oportunidades para tornar a política mais adaptativa. Por exemplo, a falta de previsibilidade no calendário de leilões é uma característica geralmente citada como barreira para maiores investimentos¹⁸⁷.

No geral, os esforços brasileiros no projeto adaptativo da política solar fotovoltaica criaram incentivos para a adoção de tecnologias limpas e sustentáveis após um início lento. Conforme mostrado na Figura 10, entre 2017 e 2022 o país experimentou um aumento exponencial na capacidade instalada de tecnologias solares e, para 2022, espera adicionar 3,7 GW de geração solar fotovoltaica já em construção e mais 28,6 GW já autorizados¹⁹¹.

187 Diógenes, J. R. F., Claro, J., & Rodrigues, J. C. (2019) Barriers to Onshore Wind Farm Implementation in Brazil. *Energy Policy* 128: 253-266.

188 www.absolar.org.br/mercado/infografico

189 ANEEL (2022). Resultados dos leilões de expansão da geração. Relatório interativo. Dados por Empreendimento. Access: app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiYmZmN2Y0NGMtYjE-yNy00OTNlLW1lYzctZjI0ZTUwMDg5ODE3IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSlmMi0JR9. Último acesso em julho de 2022.

190 IRENA (2021), Renewable Power Generation Costs in 2020. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

191 www.statista.com/statistics/685667/brazil-power-generation-capacity-additions-by-source

PRINCÍPIO 7:

Coloque as questões distributivas no centro

Princípio tradicional: Aja desde que os benefícios totais superem os custos



Resumo: As transições de baixo carbono inevitavelmente envolvem transferências de recursos econômicos. As questões distributivas devem ser centrais para a análise de políticas, uma vez que são importantes para os objetivos ambientais, econômicos e sociais e, provavelmente, têm uma forte influência no apoio social para a transição.



Fundamentação do princípio tradicional

Muitas análises econômicas analisam os resultados da eficiência agregada. A análise custo-benefício (*cost-benefit analysis* – CBA) geralmente se preocupa com os custos e benefícios agregados (e não como eles são distribuídos), e os governos que utilizam a CBA são guiados pelo princípio geral de agir se os benefícios de uma política excederem os custos, todos medidos em termos monetários¹⁹², embora as decisões geralmente levem em conta também considerações estratégicas mais amplas. Na prática, a CBA raramente é aplicada de acordo com a teoria completa da maximização do bem-estar (ver¹⁹³, Caixa 2, “Fundamentos da Avaliação de Custo-Benefício”) – mas os benefícios e custos são normalmente calculados como valores monetários agregados e as decisões procuram maximizar o PIB (ou minimizar os custos agregados).

Isso se deve à dificuldade prática de definir uma função de bem-estar social adequada¹⁹⁴ e se justifica por referência à ideia de que o “aumento da dimensão da torta econômica” pode beneficiar a todos: se pressionado, isso se baseia na ideia de que a “eficiência de Pareto” (por exemplo, melhorar o bem-estar de alguém sem reduzir nenhum outro) poderia ser alcançada se os “vencedores” de uma política usarem alguns de seus ganhos para compensar

os “perdedores”. Alternativamente, alguns analistas argumentam que abordar a desigualdade através de políticas redistributivas viria à custa do crescimento¹⁹⁵. O pressuposto de uma compensação, para conciliar medidas agregadas com a ideia de melhorias de Pareto e preocupações de distribuição, pode ser interpretado mais vagamente como a ideia de que a política em relação aos mercados (e descarbonização) pode se concentrar razoavelmente na maximização do PIB (ou minimizando os custos agregados), enquanto os governos devem lidar com as preocupações de distribuição usando mecanismos, incluindo despesas públicas diretas (por exemplo, em serviços públicos) e através da estrutura de tributação.

Embora as limitações da análise CBA sejam amplamente reconhecidas (por exemplo, em relação à incerteza, Princípio 6 e Princípio 9)¹⁹⁶, a abordagem CBA tem sido tradicionalmente vista por analistas econômicos como uma ferramenta objetiva que pode fornecer salvaguardas contra decisões baseadas em pressões políticas, aspirações, sentimentos ou poder¹⁹⁷. Pode ser útil para impor uma estrutura à tomada de decisão, no lugar do que poderia ser escolhas arbitrárias, não estruturadas ou excessivamente politizadas. O rigor da CBA é considerado um dos pontos fortes da metodologia de avaliação de projetos e investimentos públicos¹⁹⁸.

192 Sunstein, C.R. 2005 ‘Cost-benefit analysis and the environment’. *Ethics*, 115 (2), 351-385.

193 Grubb, M., Drummond, P., Mercure, J.-F., Hepburn, C., Xiliang, Z., Mathur, R., Ferraz, J.C., Roventini, A., Kelkar, U., Anadon, L.D., Clark, A., Ives, M., Jones, A., Barbrook-Johnson, P., Gao, J., Kolesnikov, S., Lam, A., Ramos, L., Pasqualino, R., Penasco, C., Pollitt, H., Salas, P., Waghay, K., Zhu, S., Sharpe, S. (2021) ‘The New Economics of Innovation and Transition: Evaluating Opportunities and Risks’, EEIST Report to COP26, www.eeist.co.uk/reports; UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy.

194 Adler, M. 2012. *Well-being and fair distribution: beyond Cost-benefit analysis* (2012). Oxford University Press

195 Okun, A. (2015). *Equality and Efficiency: The big trade-off*. Brookings Institution Press. Washington D.C.

196 Adler, M. 2012. *Well-being and fair distribution: beyond Cost-benefit analysis* (2012). Oxford University Press

197 Sunstein, C. Some benefits and Costs of Cost-Benefit Analysis. *Daedalus*, Forthcoming. Disponível em SSRN: ssrn.com/abstract=3825061

198 HM Treasury (2022). *The Green Book*. London. UK Government.



Limitações do princípio tradicional

Como observado, o argumento de que a análise econômica deve se concentrar nos benefícios agregados pressupõe implicitamente que os benefícios serão distribuídos de forma justa ou equitativa, algo que não pode ser pressuposto. Além disso, em nosso relatório anterior, argumentamos que a CBA pode influenciar as decisões em relação ao *status quo*. Além disso, evidências empíricas indicam que altos níveis de desigualdade podem impedir ou restringir o crescimento¹⁹⁹. Há também questões em diferentes domínios sobre até que ponto as políticas são bem-sucedidas em lidar com questões de distribuição²⁰⁰.

Uma preocupação particular na avaliação de políticas tradicionais é, portanto, que as consequências distributivas de uma dada política, incluindo sua percepção de justiça, a atribuição de custos e benefícios resultantes e outros efeitos de bem-estar não sejam capturados adequadamente²⁰¹. A consideração de quem “ganha” ou “perde” torna-se menos visível²⁰² nesse processo de agregação. Embora estas possam ser consideradas questões “políticas” incluídas na política distributiva do governo em torno do financiamento regional e da tributação progressiva (ou regressiva), a realidade é que muitas políticas específicas de transição energética terão consequências distributivas. Isso torna logicamente essencial que governos e formuladores de políticas considerem explicitamente as questões distributivas.

Uma literatura crescente reconhece que as ferramentas usadas pelos governos para decidir os caminhos das políticas para a transição de baixo carbono podem não sinalizar ou considerar adequadamente os impactos distributivos e de bem-estar da implementação de políticas em diferentes grupos. Por exemplo, alguns podem negligenciar os impactos adversos nas famílias mais pobres²⁰³ e, embora alguns processos de avaliação incluam pesos cuidadosamente escolhidos para diferentes grupos de renda, eles nem sempre são capazes de equilibrar totalmente os impactos distributivos e de bem-estar juntos.

Compreender se um projeto de instrumento de política específico, ou uma combinação de políticas, pode gerar – ou agravar – impactos distributivos negativos (mesmo que os benefícios agregados superem os custos) provavelmente será essencial para os esforços de descarbonização no futuro²⁰⁴. Se as políticas forem percebidas como tendo impactos injustos (por exemplo, levando à perda de empregos em comunidades específicas, como economias e regiões baseadas no carvão), elas podem ter dificuldades para garantir o apoio público. Isso poderia retardar a transição, o que a ciência atual sugere que não podemos permitir²⁰⁵. Quando são esperados impactos distributivos negativos, abordá-los ou reduzi-los é uma dimensão crucial da política de descarbonização. De fato, novas abordagens para análise de custo-benefício incluem cada vez mais algumas considerações sobre a incidência de custos e benefícios²⁰⁶.



O caso do Princípio 7

Os impactos distributivos das políticas de descarbonização precisam estar no centro de qualquer tomada de decisão política. Uma transição bem-sucedida e justa para economias de carbono líquido zero envolve a distribuição de custos e benefícios de maneira justa.²⁰⁷

Evitar algumas consequências distributivas negativas é difícil porque a transição de baixo carbono necessariamente envolve mudanças econômicas em grande escala. Inevitavelmente, haverá transferências de recursos econômicos – entre setores, entre tecnologias e produtores dentro de setores, entre regiões geográficas e entre grupos sociais²⁰⁸. Seremos capazes de antecipar algumas dessas mudanças, mas não outras. No Princípio 1, argumentamos que, como nenhuma política pode ser verdadeiramente “neutra em termos de tecnologia”, em alguns casos é melhor escolher deliberadamente do que acidentalmente. Aqui argumentamos que, uma vez que qualquer conjunto de políticas de transição de baixo carbono terá consequências distributivas, é melhor ter clareza sobre quais elas provavelmente serão, para que possam ser avaliadas e, se necessário, tratadas de forma adequada. Além disso, a experiência sugere que não considerar suficientemente os

199 Ostry, J.D., Loungani, P., Berg, A. (2019). 'Confronting Inequality How Societies Can Choose Inclusive Growth' Columbia University Press, New York, USA.; see also: Boushey, H (2019). 'Unbound: How Inequality Constricts Our Economy and What We Can Do about It'. Harvard University Press, Cambridge, MA, USA.

200 E.g., Piketty, T. (2017) Capital in the Twenty First Century. Harvard University Press, Cambridge MA, USA.

201 Shortall, R., & Mouter, N. (2021). Social and distributional impacts in transport project appraisals. In *Advances in Transport Policy and Planning* (Vol. 8, pp. 243-271). Academic Press.

202 Van der Pol, T., Bos, F., Romijn, G. (2017). Distributionally weighted cost-benefit analysis: From theory to practice. CPD Discussion Paper N 364.

203 Ruiz-Huerta, J. 2022. Libro Blanco sobre la reforma tributaria. Madrid, Government of Spain. www.ief.es/docs/investigacion/comiteexpertos/LibroBlancoReformaTributaria_2022.pdf

204 Klenert, D., Mattauch, L., Combet, E., Edenhofer, O., Hepburn, C., Rafaty, R., & Stern, N. (2018). Making carbon pricing work for citizens. *Nature Climate Change*, 8(8), 669-677.

205 IPCC 2022. Mitigation of Climate Change. Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change report.ipcc.ch/ar6wg3/pdf/IPCC_AR6_WGIII_FinalDraft_FullReport.pdf in particular Chapters 3 and 4.

206 Robinson, LA., Hammitt, JK, (2018). Assessing the Distribution of Impacts in Global Benefit-Cost Analysis. Guidelines for Benefit-Cost Analysis Project Working Paper No. 3. Also Disponível em SSRN: ssrn.com/abstract=4014003. Disponível em: cdn2.sph.harvard.edu/wp-content/uploads/sites/94/2017/01/Robinson-Hammitt-Adler-Distribution-2018.03.07.pdf ; Acessado em: Julho de 2022.

207 McInnes, G. (2017). Understanding the distributional and household effects of the low-carbon transition in G20 countries. OECD report. February. Disponível em: www.oecd.org/env/cc/g20-climate/collapsecontents/McInnes-distributional-and-household-effects-low-carbon-transition.pdf; Acessado em: 19 de jul. de 2022.

208 Markkanen, S., Anger-Kraavi, A., (2019), Social impacts of climate change mitigation policies and their implications for inequality, *Climate Policy*, 19 (7), 827-844

impactos distributivos das políticas pode inflamar a oposição pública (veja o estudo de caso 7 sobre os impostos sobre o combustível de carbono e os “Gilet Jaunes” na França), levando ao abandono e talvez colocando em risco outras políticas de descarbonização no futuro.

Um número crescente de estudos encontrou exemplos de impactos distributivos negativos de curto ou médio prazo de várias políticas de descarbonização²⁰⁹. Em muitos casos, esses custos foram pagos pelos consumidores de energia^{210,211,212}. Isso tem sido particularmente verdadeiro para os instrumentos de política usados para apoiar a implantação de energia renovável – por exemplo, tarifas *feed-in* (FITs), *Renewable Portfolio Standards* (RPS), *Tradeable Green Certificates* (TGC) e/ou licitações de energia. Embora muitas vezes tenham acelerado a inovação, também aumentaram os preços da energia para os consumidores (pelo menos no curto prazo), o que, por sua vez, representa um fardo relativamente maior para as famílias mais pobres do que para as mais ricas²¹³ – em termos econômicos, os aumentos dos preços da energia são geralmente regressivos^{214,215,216}.

Os efeitos distributivos negativos também estão bem documentados no nível da empresa e geralmente dependem do tamanho das firmas. Produtores independentes de energia renovável, por exemplo, em alguns casos estão em desvantagem quando comparados a grandes empresas^{217,218,219}. Esses efeitos negativos também foram amplamente documentados para projetos específicos de impostos sobre carbono, pois, sem reciclagem e/ou mecanismos compensatórios, os impostos sobre carbono impactaram desproporcionalmente as famílias mais pobres²²⁰ e famílias na zona rural²²¹.

Algumas dessas questões e compensações podem ser gerenciadas por um planejamento cuidadoso de políticas²²². Por exemplo, as políticas de apoio às energias renováveis podem ser concebidas para serem estáveis, previsíveis, dinâmicas e ajustáveis ao longo do tempo e, em coordenação com políticas complementares, podem impedir a obtenção de lucros inesperados para os produtores e limitar o potencial de impactos distributivos negativos nos consumidores de energia^{223,224,225,226}. Os impostos sobre o carbono podem ser acompanhados por mecanismos de reciclagem, como redistribuição de montante fixo ou deslocamento da carga tributária por meio de uma reforma tributária ambiental mais profunda que recicla impostos ambientais por meio de uma redução nos impostos sobre a folha de pagamento, para dar origem a um dividendo duplo, até triplo. Ou seja, eles simultaneamente contribuem positivamente para os objetivos ambientais e a equidade social^{227,228}.

A política também precisa abordar potenciais tensões fundamentais em torno dos custos associados aos investimentos relacionados à inovação dentro e entre os países. Esses investimentos geralmente envolvem maiores custos no curto prazo, mas podem render benefícios no longo prazo e são essenciais para enfrentar as grandes desigualdades decorrentes dos impactos climáticos e que estão no centro das diferenças entre países de alta renda e países de baixa e média renda. Será necessário apoio prático e financeiro com a adoção de novas tecnologias para promover uma transição mais rápida e justa²²⁹ (ver Princípio 8).

209 Peñasco, C., Anadón, L. D., & Verdolini, E. (2021). 'Systematic review of the outcomes and trade-offs of ten types of decarbonization policy instruments.' *Nature Climate Change*, 11(3), 257-265.

210 del Río, P. & Gual, M.A. (2007). 'An integrated assessment of the feed-in tariff system in Spain.' *Energy Policy* 35, 994–1012 (2007)

211 Bean, P., Blazquez, J. & Nezamuddin, N. (2017). 'Assessing the cost of renewable energy policy options – A Spanish wind case study.' *Renew. Energy* 103, 180–186 (2017)

212 Menanteau, P., Finon, D. & Lamy, M.-L. (2003). 'Prices versus quantities: choosing policies for promoting the development of renewable energy.' *Energy Policy* 31, 799–812 (2003).

213 Costa-Campi, M.T., Trujillo-Baute, E. (2015). 'Retail price effects of feed-in tariff regulation'. *Energy Economics*, 51: 157-165

214 Alguns economistas afirmam que esse não é o caso em economias de baixa e média renda e a precificação do carbono pode ser progressiva nesses contextos em determinadas circunstâncias (ver Ohlendorf et al. 2021; Steckel et al., 2021)

215 Ohlendorf, N., Jakob, M., Minx, J. C., Schröder, C., & Steckel, J. C. (2021). Distributional impacts of carbon pricing: A meta-analysis. *Environmental and Resource Economics*, 78(1), 1–42

216 Steckel, J.C., Dorband, I.I., Montrone, L. et al. Distributional impacts of carbon pricing in developing Asia. *Nat Sustain* 4, 1005–1014 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00758-8>

217 Van der Linden, N.H., Uytendaele, M.A., Vrolijk, C., Nilsson, L.J., Khan, J., Astrand, K., Ericsson, K., Wisser, R. 2005. Review of international experience with renewable energy obligation support mechanisms. ECN, ECN-C-05-025.

218 Jacobsson, S., Bergek, A., Finon, D., lauber, V., Mitchell, C., Toke, D., Verbruggen, A. 2009. EU renewable energy support policy: faith of facts? *Energy Policy*, 37 (6): 2143-2146

219 Shrimali, G., Konda, C., & Farooque, A.A. (2016). Designing renewable energy auctions for India: Managing risks to maximize deployment and cost-effectiveness. *Renewable Energy*, 97, 656–670.

220 McInnes, G. (2017). Understanding the distributional and household effects of the low-carbon transition in G20 countries. OECD. Paris

221 Callan, T., Lyons, S., Scott, S., Tol, R.S.J., Verde, S. (2009). The distributional implications of a carbon tax in Ireland. *Energy Policy*, 37:407-412

222 Peñasco, C., Anadón, L. D., & Verdolini, E. (2021). Systematic review of the outcomes and trade-offs of ten types of decarbonization policy instruments. *Nature Climate Change*, 11(3), 257-265.

223 Ang, G., Röttgers, D., Burli, P. (2017). The empirics of enabling investment and innovation in renewable energy. OECD Environment Working Papers, No. 123, OECD Publishing, Paris.

224 Butler, L., Neuhoff, K. (2008). Comparison of feed-in tariff, quota and auction mechanisms to support wind power development. *Renewable Energy*, 33(8): 1854-1867.

225 Schallenberg-Rodriguez, J. (2017). Renewable electricity support systems: Are feed-in systems taking the lead?. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 1422-1439.

226 Fagjani, R., Barquín, J., & Hakvoort, R. (2013). Risk-based assessment of the cost-efficiency and the effectivity of renewable energy support schemes: Certificate markets versus feed-in tariffs. *Energy policy*, 55, 648-661.

227 Oueslati, W., Zipperer, V., Rousseliere, D., Dimitropoulos, A. (2017). Energy taxes, reforms and income inequality: An empirical cross-country analysis. *International Economics*, 150: 80-95.

228 Vona, F. (2021). Managing the distributional effects of environmental and climate policies: The narrow path for a triple dividend. OECD Work in Paper. Paris

229 Taconet, N., Méjean, A., & Guivarch, C. (2020). Influence of climate change impacts and mitigation costs on inequality between countries. *Climatic Change*, 160(1), 15-34.

ESTUDO DE CASO 7:

Impostos sobre combustíveis rodoviários de carbono e o movimento “Gilet Jaunes” na França

Um exemplo bem conhecido de um instrumento de precificação de carbono que carecia de uma consideração completa dos impactos distributivos foi o imposto sobre o transporte rodoviário que o governo francês impôs em 2018, que pretendia reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GHG) no setor. No âmbito dos compromissos assumidos após a COP21 em Paris, a tributação ambiental e, em particular, a tributação da energia para produtos destinados ao transporte, surge como um dos principais instrumentos da estratégia francesa para uma transição hipocarbônica e a redução das emissões de GHG nos transportes setor. Concretamente, uma das medidas previstas consistiu no aumento dos impostos sobre a gasolina e o gasóleo em cerca de 5 e 8 cêntimos por litro (sem VAT), respetivamente, representando um aumento médio de 3-5% do preço pago nas estações de serviço. Enquanto a medida foi acompanhada por um subsídio fixo para a compra de veículos elétricos e um desconto de energia, os impostos sobre os combustíveis, conforme inicialmente concebidos, afetaram desproporcionalmente os pobres.

Do ponto de vista da economia do bem-estar, havia razões para se opor ao pacote de políticas original do governo, uma vez que não considerou suficientemente os impactos distributivos dos impostos²³⁰.

A natureza injusta percebida da política²³¹ levou à criação em novembro de 2018 do movimento “*Gilets Jaunes*” (coletes amarelos), com um objetivo amplo de bloquear o imposto. Embora muito heterogêneo como um grupo, 48% dos participantes do movimento tinham mais de 50 anos, 75% estavam usando um veículo motorizado todos os dias e 65% estavam abaixo da renda média mensal nacional padrão^{232,233}. Cerca de um mês depois, o governo respondeu propondo um aumento mais gradual nos impostos sobre os combustíveis e dobrando o valor do subsídio fornecido para a compra de EVs para grupos de baixa renda.

Ambas as mudanças de política foram resultado de considerar, de maneira mais central, o equilíbrio entre mitigação climática e justiça socioeconômica^{234,235}. Este caso ilustra a importância de incorporar aspectos de bem-estar e distribuição na avaliação das políticas antes da implementação.

230 Salies, E. (2019). *Gilets Jaunes: Is the energy transition possible while still reducing inequality?* OFCE –le Blog. SciencesPo publishing. Paris. www.ofce.sciences-po.fr/blog/gilets-jaunes-is-the-energy-transition-possible-while-still-reducing-inequality

231 Teixidó, J. J., & Verde, S. F. (2017). Is the gasoline tax regressive in the twenty-first century? Taking wealth into account. *Ecological economics*, 138, 109-125.

232 Les ‘Gilets Jaunes’: La Partie Emergée de la Crise Sociale Française?. (2019), Institut Montaigne. www.institutmontaigne.org/blog/les-gilets-jaunes-la-partie-emergee-de-la-crise-sociale-francaise

233 Martin, M., & Islar, M. (2021). The ‘end of the world’vs. the ‘end of the month’: understanding social resistance to sustainability transition agendas, a lesson from the Yellow Vests in France. *Sustainability Science*, 16(2), 601-614.

234 Martin, M., & Islar, M. (2021). The ‘end of the world’vs. the ‘end of the month’: understanding social resistance to sustainability transition agendas, a lesson from the Yellow Vests in France. *Sustainability Science*, 16(2), 601-614.

235 Salies, E. (2019). *Gilets Jaunes: Is the energy transition possible while still reducing inequality?* OFCE –le Blog. SciencesPo publishing. Paris. www.ofce.sciences-po.fr/blog/gilets-jaunes-is-the-energy-transition-possible-while-still-reducing-inequality

PRINCÍPIO 8:

É preciso coordenação internacional para fazer os mercados de tecnologia limpa crescerem

Princípio tradicional: Vincular os mercados de carbono para minimizar os custos atuais



Resumo: Os países devem se coordenar internacionalmente para desenvolver mercados de tecnologia limpa nos diferentes setores emissores da economia global. Isso pode acelerar a geração de inovações e promover economias de escala, acelerando a redução de custos de tecnologias limpas, com benefícios para todos os países.

Fundamentação do princípio tradicional

Economistas e instituições econômicas tradicionalmente aconselham os países a trabalharem juntos para aumentar os mercados internacionais de carbono, como uma maneira eficiente de reduzir as emissões globais²³⁶. A lógica para isso é que um mercado de carbono pode encontrar as oportunidades de menor custo para reduzir as emissões a qualquer momento, e quanto maior o mercado, mais oportunidades de redução de emissões de baixo custo podem ser descobertas²³⁷. Na prática, os mercados internacionais de emissões de carbono deram algumas contribuições para a redução das emissões. Por exemplo, como observamos em nosso relatório anterior “*The New Economics of Innovation and Transition*”, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Protocolo de Kyoto forneceu apoio importante para a fase inicial da transição da Índia para iluminação eficiente²³⁸. Também forneceu financiamento para apoiar a adoção inicial de uma série de outras tecnologias limpas nos países em desenvolvimento, embora em muitos casos não tenha sido adicional a outros tipos de financiamento²³⁹.

Limitações do princípio tradicional

Uma compreensão dinâmica da economia deixa claras as limitações dessa abordagem. As reduções de emissões de menor custo em um determinado momento não levam necessariamente a uma redução de emissões de menor custo ao longo do tempo. O drástico progresso tecnológico que tornou a energia solar “a eletricidade mais barata da história”²⁴⁰ foi provocada por políticas focadas no que inicialmente era uma maneira muito cara de reduzir as emissões. Conforme discutido no Princípio 1, essas políticas ativaram os *feedbacks* de aprendizado, melhoria e redução de custos.

Como mencionado anteriormente no Princípio 4, precificar o carbono é melhor do que não o precificar, e um mercado de carbono é melhor do que política nenhuma. Porém, já que os mercados de carbono incentivam a busca de reduções de emissões de menor custo, eles podem acabar desviando ou atrasando investimentos em oportunidades de alto custo, mas, em última análise, alto benefício. Logicamente, quanto maior o mercado de carbono, mais reduções de emissões de curto prazo de baixo custo podem ser encontradas²⁴¹ e mais fácil é para as empresas atenderem aos requisitos regulatórios sem investir em tecnologias de emissão zero que são inicialmente mais caras²⁴².

236 See icapcarbonaction.com/system/files/document/icap_linking-input-paper.pdf e www.oecd.org/economy/growth/towards-global-carbon-pricing-direct-and-indirect-linking-of-carbon-markets.pdf e openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/26430/WP-PUBLIC-RegulatoryFrameworkWeb.pdf?sequence=1&isAllowed=y
Observação: esse conselho foi advertido com a necessidade de considerar cuidadosamente os riscos à eficácia que podem surgir de diferentes níveis de rigor em diferentes mercados e de outros aspectos práticos da vinculação. A limitação em termos de eficácia dinâmica que discutimos aqui é distinta dessas questões.

237 icapcarbonaction.com/system/files/document/icap_linking-input-paper.pdf [p4: Flachsland et al. (2008) and IETA (2006) among others, emphasize three main potential economic benefits to larger linked markets: increased efficiency through the cost effective allocation of abatement among a larger number of abatement options, increased market liquidity, and a reduction in competitiveness distortions. Together, these benefits serve as the underlying motivation to link domestic systems.]

238 Grubb et al., *The New Economics of Innovation and Transition: Evaluating Opportunities and Risks*, p19 and India case study, www.eeist.co.uk.

239 ec.europa.eu/clima/system/files/2017-04/clean_dev_mechanism_en.pdf

240 IEA, *World Energy Outlook 2020*

241 icapcarbonaction.com/system/files/document/icap_linking-input-paper.pdf

242 Vogt-Schlib, A., Meunier, G., Hallegatte, S., (2018), When starting with the most expensive option makes sense: Optimal timing, cost and sectoral allocation of abatement investment, *Journal of Environmental Economics and Management*, 88, 210-233

Conforme explicado no Princípio 5, a inovação efetiva na prática requer uma combinação de instrumentos de política para impulsionar as transições, dos quais alguns outros elementos (principalmente, investimentos estratégicos) podem ser inicialmente mais caros.

Consequentemente, onde já existem mercados nacionais de carbono, vinculá-los para criar mercados internacionais de carbono pode, em alguns casos, atrasar os processos de transição, particularmente em países que são os principais impulsionadores da mudança tecnológica e na ausência de outra ação nacional ou internacional efetiva²⁴³.



O caso do Princípio 8

O progresso feito até agora nas transições de baixo carbono destaca o valor da coordenação internacional para aumentar os mercados de tecnologia limpa. Isso deriva das curvas de aprendizado observadas empiricamente (ou retornos crescentes) que normalmente surgem ao expandir novas tecnologias limpas. Conforme discutido no Princípio 1, os custos de painéis solares, turbinas eólicas, baterias EV e eletrolisadores de hidrogênio caíram em uma fração amplamente constante com cada duplicação da implantação global cumulativa, embora com volatilidade significativa em torno disso²⁴⁴. Quanto mais rápido essas tecnologias aumentarem sua participação nos mercados globais, mais rapidamente seus custos cairão, beneficiando todos os países. Existem várias maneiras importantes pelas quais os países podem trabalhar juntos para aumentar os mercados de tecnologias limpas:

i) Coordenação no desenvolvimento inicial e teste de tecnologias limpas. Nos estágios iniciais de uma transição, o alinhamento internacional dos esforços de pesquisa e desenvolvimento, combinado com o compartilhamento de aprendizado, pode acelerar a identificação de soluções viáveis. Testar novas tecnologias em uma variedade de contextos pode ajudar a aumentar a compreensão de seu potencial e de suas limitações. Embora os países tenham um forte interesse em competir pela liderança industrial em novas tecnologias, o compartilhamento contínuo de *insights* por meio dos Programas de Colaboração Tecnológica da Agência Internacional de Energia²⁴⁵, o *US China Clean Energy Center*²⁴⁶, ou

o aumento do financiamento para P&D de energia limpa nas principais economias após o lançamento da Missão Inovação²⁴⁷, por exemplo, sugere que alguma colaboração pré-competitiva no desenvolvimento de tecnologia é possível e pode ser valiosa.

ii) Coordenação de políticas para expandir a implantação. Embora no início da transição possa haver vantagens na experimentação com uma gama diversificada de soluções, mais tarde um maior alinhamento na ampliação das soluções que se mostraram mais viáveis pode trazer benefícios. Cada país desejará escolher as tecnologias mais adequadas às suas circunstâncias nacionais; ao mesmo tempo, quanto mais países apoiarem a implantação das mesmas tecnologias limpas, mais rápido essas tecnologias progredirão na curva de aprendizado. No setor de energia, as ações alinhadas dos cinco países que juntos criaram 70% do mercado global para cada um de energia solar e eólica²⁴⁸ desempenharam um papel decisivo em tornar a energia renovável mais barata do que a energia do carvão ou do gás na grande maioria dos países do mundo²⁴⁹. Da mesma forma, uma ação internacional coordenada para aumentar os mercados de hidrogênio verde resultaria em uma queda mais rápida nos custos dos eletrolisadores²⁵⁰. Se os países coordenarem as trajetórias políticas ou regulatórias com um ritmo acelerado de implantação, isso pode incentivar uma realocação mais rápida do investimento industrial para tecnologias de emissão zero, o surgimento de *designs* dominantes e de regras de mercado harmonizadas e mecanismos de alocação de capital. O setor de transporte rodoviário é um exemplo dessa oportunidade (ver estudo de caso 8).

iii) Coordenação para estabelecer campos de jogo nivelados onde são necessários. Medidas para estabelecer condições de concorrência equitativas podem ser importantes em setores como indústrias de uso intensivo de energia, transporte e aviação, onde as tecnologias limpas são mais caras do que as alternativas baseadas em combustíveis fósseis e os primeiros adotantes de tecnologias limpas correm o risco de serem prejudicados no comércio internacional.

243 Cullenward, D., Victor, D.G..(2020). Making climate policy work. John Wiley & Sons, 1–242 pp.

244 Way et al., (2021). Empirically grounded technology forecasts and the energy transition (2021) www.inet.ox.ac.uk/files/energy_transition_paper-INET-working-paper.pdf

245 IEA (2022). *International Energy Agency Technology Collaboration Programme*. <https://www.iea.org/programmes/technology-collaboration-programme>; Acessado em 8 de ago. de 2022.

246 Lewis, J. (2014). 'Managing intellectual property rights in cross-border clean energy collaboration: The case of the US–China Clean Energy Research Center'. *Energy Policy* 69:546-554,

247 Meckling, J., Galeazzi, C., Shears, E, Xu, T., Anadon, L.D. (2022). 'Energy innovation funding and institutions in major economies'. *Nature Energy*, accepted.

248 For solar: China, USA, Japan, Germany, and India; for wind: China, USA, Germany, India and Spain www.irena.org/publications/2021/March/Renewable-Capacity-Statistics-2021

249 IRENA www.irena.org/newsroom/pressreleases/2021/Jun/Majority-of-New-Renewables-Undercut-Cheapest-Fossil-Fuel-on-Cost

250 www.energy-transitions.org/publications/making-clean-hydrogen-possible

A coordenação de padrões (por exemplo, regular a intensidade de carbono de um produto comercializado ou exigir combustíveis de emissão zero em rotas de transporte) pode garantir que a concorrência seja um acelerador do crescimento da participação das tecnologias limpas nos mercados globais e não um freio²⁵¹. A coordenação da precificação do carbono também pode ser usada para esse fim, e isso pode assumir a forma de coordenação sobre o nível de precificação do carbono em um setor específico ou de vinculação de países dentro de um mercado de carbono específico do setor. A última opção pode não ser a mais eficaz dependendo da situação, pelas razões discutidas acima.

iv) **Assistência prática e aprendizagem compartilhada.**

No setor de energia, a assistência internacional para reformas do mercado de eletricidade ajudou muitos países a acessar os benefícios da energia barata e limpa²⁵². Isso inclui, por exemplo, assistência na elaboração de leilões de energia renovável, criação de mercados de capacidade ou outras mudanças regulatórias que ajudem a mobilizar investimentos em energia limpa. Quando essas medidas são bem-sucedidas, elas adicionam mais crescimento ao mercado global de tecnologias solares e eólicas e reduções adicionais em seus custos. Assistência internacional semelhante pode ser fornecida em cada um dos setores emissores com base na experiência.

v) **Investimentos coordenados em infraestrutura.**

No transporte marítimo internacional, aviação e frete rodoviário, investimentos coordenados em infraestrutura de reabastecimento ou carregamento serão essenciais para permitir a implantação de tecnologias ou combustíveis de emissão zero em rotas internacionais. As ligações físicas entre os países também podem apoiar o crescimento mais rápido dos mercados de tecnologias limpas: os interconectores podem facilitar a transição dos países para energia limpa²⁵³, e os oleodutos internacionais de hidrogênio podem apoiar o crescimento da economia do hidrogênio²⁵⁴.

Limitar o aumento da temperatura global abaixo de 2 ou 1,5°C requer uma aceleração significativa do ritmo da descarbonização em todos os setores emissores. A coordenação internacional para aumentar os mercados de tecnologias limpas em cada setor emissor pode tornar isso mais viável. Isso foi reconhecido pelos países que representam mais de 70% do PIB global que lançaram a *Breakthrough Agenda* na COP26, comprometendo-se a trabalhar juntos para tornar as tecnologias limpas e as soluções sustentáveis a opção mais acessível e atraente em cada setor emissor até o final desta década. As formas de cooperação descritas acima podem criar incentivos mais fortes ao investimento e estimular inovações mais rápidas e redução de custos. Uma abordagem direcionada para cada setor é essencial, uma vez que cada setor difere em suas tecnologias e suas estruturas de mercado .

As empresas e os países sempre competirão pela liderança em novas tecnologias e pelos benefícios em empregos e crescimento decorrentes de uma grande participação nos mercados globais. Com a coordenação certa para acordar as regras do jogo, essa competição pode ser um poderoso acelerador de transições de baixo carbono e não precisa ser um freio.

251 www.energy-transitions.org/publications/mission-possible

252 See Climate Investment Funds: Ten years on www.climateinvestmentfunds.org/news/cif-ten-years

253 www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032119301364

254 www.energy-transitions.org/publications/making-clean-hydrogen-possible

255 Victor, Geels & Sharpe, Accelerating the low carbon transition: the case for stronger, more targeted and coordinated international action (2019) www.energy-transitions.org/publications/accelerating-the-low-carbon-transition

ESTUDO DE CASO 8:

Cooperação internacional em veículos de emissão zero

No transporte rodoviário, cada duplicação na implantação global cumulativa de baterias de veículos elétricos trouxe uma redução de custos de cerca de 20%²⁵⁶. Desde o início de 2020, na maioria dos maiores mercados de automóveis do mundo, os governos começaram a discutir o ritmo necessário da transição, primeiro bilateralmente e depois como um grupo no Conselho de Transição de Veículos de Emissão Zero²⁵⁷.

Um consenso crescente se refletiu nos compromissos da Califórnia (setembro de 2020), Reino Unido (novembro de 2020) e Canadá (junho de 2021) e nas propostas da Comissão Europeia (julho de 2021), seguidas por muitos outros países na COP26 em novembro de 2021, para exigir que todas as vendas de carros novos sejam de emissão zero até 2035.

A modelagem sugere que, se os três maiores mercados de automóveis (China, UE e EUA) implementassem políticas alinhadas a essa trajetória, então, devido a maiores economias de escala e inovação mais rápida, o alcance da paridade de custos entre elétrico e fóssil veículos abastecidos podem ser antecipados em até quatro anos (ver Figura 12)²⁵⁸. O progresso na curva de aprendizado será mais rápido se os países coordenarem a escolha de tecnologia, apoiando apenas as tecnologias que são consistentes com a meta de emissão zero - predominantemente, significando veículos elétricos a bateria e elétricos a célula de combustível²⁵⁹. Além disso, a assistência internacional pode ajudar os países em desenvolvimento a se beneficiarem dessa transição ao mobilizar investimentos em infraestrutura de recarga²⁶⁰.

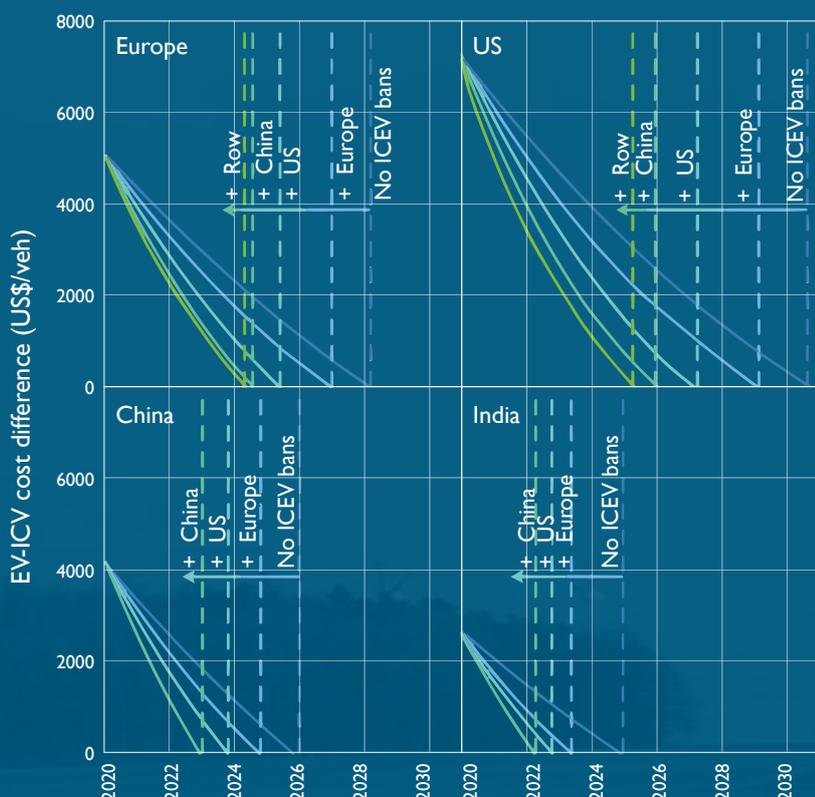


Figura 12: Reduções de custos mais rápidas e paridade de custos entre veículos elétricos (EVs) e veículos com motor de combustão interna (ICEVs) como resultado da coordenação internacional para aumentar o mercado global de veículos elétricos. Cada quadrado refere-se a um mercado de veículos diferente. O impacto da adição do Resto do Mundo (RoW) só é visível para a Europa e os EUA, onde a paridade de custos é alcançada mais tarde. O impacto da adição da Índia não é mostrado, pois as diferenças induzidas são pequenas, o mercado permanece pequeno em relação aos outros mostrados. Fonte:²⁶¹

256 Ziegler, M.S., Trancik, J.E. (2021). 'Re-examining rates of lithium-ion battery technology improvement and cost decline'. *Energy & Environmental Science* 4. <https://doi.org/10.1039/D0EE02681F>

257 Joint Statement of the Zero Emission Vehicle Transition Council (2020) www.gov.uk/government/news/joint-statement-of-the-zero-emission-vehicle-transition-council

258 Lam, A., Mercure, J-F. (2022) 'Evidence for a Global Electric Vehicle Tipping Point', forthcoming. Note: cost parity refers to total cost of ownership.

259 theicct.org/sites/default/files/Global-LCA-passenger-cars-FS-EN-jul2021.pdf

260 World Bank, Global Facility to Decarbonise Transport concept note thedocs.worldbank.org/en/doc/e14c76f49f8907a58bfe039fc51d8d3-0190072021/original/GFDT-Concept-Note.pdf

261 Lam, A., Mercure, J-F. (2022). Evidence for a global electric vehicle tipping point. University of Exeter, Global Systems Institute. Working Paper Series 2022/01. Disponível em: ore.exeter.ac.uk/repository/handle/10871/129774; Accessed on: July 2022.

PRINCÍPIO 9:

Avalie oportunidades e riscos

Princípio tradicional: Avalie os custos e benefícios agregados



Resumo: A avaliação de políticas deve considerar riscos e oportunidades, não apenas custos e benefícios, quando fatores não quantificáveis ou muito incertos provavelmente serão importantes. Quando o objetivo é a mudança transformacional, a avaliação deve considerar os efeitos das políticas nos processos de mudança na economia, juntamente com os resultados esperados.

Fundamentação do princípio tradicional

Conforme observado (por exemplo, Princípio 6, Princípio 7), em muitos países a avaliação das políticas públicas propostas é feita com base na comparação de custos e benefícios agregados, bem como implicações e restrições políticas e jurídicas estratégicas. Em alguns países, como o Reino Unido e os EUA, isso é formalizado sob estruturas de análise de custo-benefício (CBA). Na Comissão Europeia, são utilizadas análises multicritério. Em outros países, incluindo Alemanha e Índia, não existem diretrizes formais e, em vez disso, abordagens mais personalizadas são adotadas para informar as escolhas de políticas com evidências relevantes.

O CBA pode ser uma ferramenta valiosa em seu domínio de aplicabilidade (consulte a justificativa para o Princípio 7 tradicional). Incentiva uma abordagem metódica para comparar opções alternativas, que podem ter vantagens em comparação com abordagens mais *ad-hoc* ou excessivamente politizadas para avaliação de políticas.

Limitações do princípio tradicional

No entanto, é importante entender os limites da aplicabilidade do CBA, que é menos apropriado quando qualquer uma das seguintes condições está presente²⁶².

a) Incerteza: O uso do CBA envolve a suposição implícita de que as probabilidades para todos os eventos e resultados possíveis são quantificáveis e que as incertezas são limitadas²⁶³. Na realidade, alguns dos resultados das políticas serão sempre incertos – ou seja, sua probabilidade ou magnitude não podem ser quantificadas com confiança. Se alguns dos resultados *mais importantes* pretendidos ou possíveis da política

forem dessa natureza, então a análise que compara as opções principalmente em termos de seus custos e benefícios quantificáveis corre o risco de ser enganosa. Como os custos específicos de curto prazo tendem a ser mais conhecidos do que os benefícios subsequentes mais amplos da ação, isso pode criar um viés sistemático para a inação que mantém o *status quo*. Isso pode se aplicar, por exemplo, quando a inovação é um dos resultados políticos pretendidos ou resultantes. Isso é ilustrado pelos cenários do Sexto Perspectiva Ambiental Global da ONU (GEO-6), que explora as implicações de ambas as tendências atuais e a transformação para uma economia de baixo carbono e eficiente em termos de recursos: “nenhuma análise convencional de custo-benefício para qualquer cenário é possível. Isso ocorre porque o custo final de atender a vários caminhos de descarbonização e gestão de recursos depende das decisões tomadas hoje para mudar o comportamento e gerar inovação. As inadequações das abordagens de modelagem convencionais geralmente levam a subestimar os riscos de mudanças climáticas não mitigadas e superestimar os custos de uma transição de baixo carbono, perdendo os ganhos cumulativos da inovação dependente do caminho”²⁶⁴.

b) Diversidade de interesses: o CBA converte todos os resultados das políticas em uma única métrica: dinheiro. Existem diferentes métodos pelos quais essa conversão, ou monetização, pode ser feita e, embora um método possa ser aplicado de forma consistente, a escolha de qual método usar é inevitavelmente arbitrária (ver Princípio 7). Isso pode ser uma desvantagem não apenas em relação às implicações de equidade, mas em situações em que o formulador de políticas está interessado em possíveis resultados em diversas dimensões. Ao atribuir pesos implicitamente a diferentes interesses ou resultados, torna as escolhas importantes menos visíveis.

262 Mercure, J.F., Sharpe, S., Vinales, J.E., Ives, M., Grubb, M., Lam, A., Drummond, P., Pollitt, H., Knobloch, F. and Nijssse, F.J., 2021. Risk-opportunity analysis for transformative policy design and appraisal. *Global Environmental Change*, 70, p.102359

263 HM Treasury, 2020b. The Green Book - Central Government Guidance on Appraisal and Evaluation

264 Ekins, P., Zenghelis, D. (2021). 'The costs and benefits of environmental sustainability'. *Sustain Sci* 16, 949–965. doi.org/10.1007/s11625-021-00910-5

c) Mudança estrutural: o CBA considera os resultados esperados da política em um momento fixo, ou momentos, no tempo. Isso significa que ele tem capacidade limitada para avaliar a eficácia de uma política em trazer mudanças *ao longo do tempo*. Consequentemente, é apropriado para uso em situações de “mudança marginal”: onde a estrutura da economia (incluindo o preço ou a existência de tecnologias e a estrutura dos mercados) não se espera ou se pretenda mudar; mas não é apropriado para uso onde o objetivo da política, ou o contexto no qual se espera que ela opere, seja de mudança estrutural ou transformacional.

Além disso, o CBA é geralmente conduzido em nível de projeto ou nacional, com base puramente em critérios nacionais, e negligencia o tipo de dimensões internacionais e potenciais ganhos coletivos considerados no Princípio 8.

Essas limitações podem ser criticamente importantes para políticas com objetivos transformacionais em que a inovação assume um papel central²⁶⁵, onde a incerteza fundamental está presente e muitos interesses políticos diferentes (e muitas partes interessadas diferentes) são afetados. Muitas das políticas necessárias para a transição zero carbono estão nesta categoria.

Uma limitação adicional refere-se à resiliência. Em muitos sistemas, há um *trade-off* entre desempenho e resiliência^{266,267}. Quanto mais ajustamos os sistemas (por exemplo, instituições, mecanismos ou ecossistemas) para maximizar o desempenho, maior a probabilidade de falha. Da mesma forma, políticas que maximizam a relação custo-benefício podem apresentar baixa resiliência a circunstâncias imprevistas. Por exemplo, operar hospitais com números de leitos adaptados à demanda diária é menos caro, mas oferece pouca resiliência a pandemias. Uma compensação semelhante pode existir, pois quanto mais buscamos maximizar os resultados que podem ser conhecidos com alta certeza, menor nossa capacidade de capturar oportunidades de inovação imprevistas.



O caso do Princípio 9

A análise de risco-oportunidade pode ser vista como uma generalização da análise de custo-benefício. Se o CBA for adequado nos casos especiais em que há grande certeza, muito poucas dimensões de interesse de resultado e apenas uma mudança marginal, então a análise de oportunidade de risco é apropriada para situações que não atendem a essas condições.

Os principais aspectos envolvidos na análise de risco-oportunidade, e suas vantagens, são:

a) Incerteza. Possíveis resultados que são importantes para os interesses do formulador de políticas, mas que não podem ser quantificados (riscos e oportunidades) são considerados ao lado daqueles que podem ser quantificados (custos e benefícios), de forma estruturada e em pé de igualdade. O valor de uma opção de política não é descrito por uma soma apenas dos fatores que são quantificáveis. Isso incentiva a consideração adequada de todos os fatores importantes e evita apresentar uma conclusão enganosa.

b) Diversidade de interesses. Diferentes resultados da política são avaliados em suas próprias métricas (por exemplo, empregos, custos, emissões, competitividade, benefícios para a saúde pública, consequências distributivas), sem monetização. Essa abordagem multicritério evita que o *default* do valor monetário seja a única métrica de *trade-offs* e, assim, torna mais explícitos e transparentes os julgamentos sobre a importância relativa de diferentes interesses e impactos: em última análise, visa informar aos tomadores de decisão para que as escolhas sejam feitas usando informações e julgamentos explícitos.

c) Mudança estrutural. O provável efeito das políticas sobre os processos de mudança na economia é considerado juntamente com seus resultados esperados. Os *processos de mudança* incluem inovação e difusão tecnológica, mudanças nas expectativas dos investidores e preferências dos consumidores, o crescimento e declínio das estratégias e setores de negócios e mudanças nas estruturas financeiras, industriais e de mercado. A consideração da dinâmica desses processos – os *feedbacks* entre variáveis – pode ajudar a distinguir entre políticas cujos efeitos serão auto-amplificadores e aqueles cujos efeitos serão autolimitantes.

265 Seguindo as orientações do Livro Verde do Reino Unido sobre avaliação de políticas, atualização de 2020 (HMT 2020), a mudança marginal refere-se a projetos ou políticas que apresentam pouco impacto para a economia como um todo, enquanto a mudança transformacional refere-se a ações que deixam a economia ou a sociedade irreversivelmente transformada qualitativamente.

266 Carlson, J.M., Doyle, J. (2002). Complexity and robustness. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 99 (Supplement 1), 2538–2545

267 Doyle, J., Carlson, J.M. (2000). Power laws, highly optimized tolerance, and generalized source coding. *Phys. Rev. Lett.* APS 84 (24), 5656



A análise de oportunidade de risco (veja nosso relatório anterior, *The New Economics of Innovation and Transition*, seção 4) pode ser útil, pois os governos buscam cada vez mais alcançar não apenas a descarbonização marginal a um custo mínimo, mas maximizar os benefícios da mudança transformacional necessária para atender os objetivos do Acordo de Paris. Como observa o IPCC, combinado com a atenção para minimizar as compensações e maximizar as sinergias, pode ajudar os formuladores de políticas a identificar “co-benefícios” líquidos para a descarbonização profunda, particularmente no contexto de buscar um desenvolvimento sustentável mais amplo²⁶⁸.

Na gestão de negócios e inovação, posicionar deliberadamente uma empresa para tirar proveito de uma situação de incerteza é uma aposta que muitas vezes compensa. Evidências de mais de 35.000 empresas em toda a UE mostram que uma boa gestão da incerteza nas estratégias de inovação sustenta em grande parte os altos níveis de desempenho e resiliência das empresas

européias²⁶⁹. Da mesma forma, a falta de inovação em um contexto de mudança não é uma estratégia segura: pode levar ao fracasso do negócio. Considerações semelhantes provavelmente serão relevantes para os interesses dos governos em posicionar seus países para o sucesso na transição global de baixo carbono.

Finalmente, a análise de oportunidade de risco pode apoiar uma consideração cuidadosa do equilíbrio apropriado entre os objetivos de desempenho, resiliência e criação de oportunidades. Isso pode ajudar a coordenar algumas das diferentes funções da formulação de políticas: formulação de estratégias (por exemplo, decisões executivas), regulação (manter as taxas de falha do sistema dentro dos limites regulatórios) e contabilidade (gerenciar despesas). Também pode ajudar a evitar os riscos que surgem do exercício dessas funções sem coordenação: onde as estratégias que maximizam o desempenho podem criar problemas para os reguladores, em última análise, com maiores custos imprevistos para os contadores²⁷⁰.

268 IPCC (2022), Summary for Policymakers, and Chapters notably sections 1.8 and 13.6).

269 Klingebiel, R., & Rammer, C. (2014). Resource allocation strategy for innovation portfolio management. *Strategic Management Journal*, 35(2), 246-268

270 Cont, Rama, Moussa, Amal, and Santos, Edson B. (2010). Network structure and systemic risk in banking systems. SSRN

ESTUDO DE CASO 9:

A transformação da Índia de agregação de demanda de LED por meio de compras

Fonte em grande parte de ²⁷¹

Durante a última década e meia, uma série de políticas do governo indiano para aumentar a eficiência da iluminação doméstica teve um sucesso notável. A principal motivação do governo para lançar esses esquemas foi a gestão eficaz da demanda de eletricidade no nível macro e a redução das emissões de carbono para a economia. O *spin-off* foi a poupança das famílias, que foi então usada como uma poderosa estratégia de marketing.

Um precursor das políticas nacionais foi o Programa de Iluminação Eficiente Doméstica, lançado em 2014 na cidade de Pondicherry para promover a adoção de iluminação residencial mais eficiente e lidar com a grande carga de custos de iluminação para famílias de baixa renda. Isso envolveu uma *joint venture* entre empresas de energia estatais, *Energy Efficiency Services Ltd* (EESL), que adquiriu em massa lâmpadas LED de alta eficiência energética e as distribuiu aos consumidores a um custo mínimo, com as concessionárias se beneficiando da demanda reduzida por energia. O esquema foi bem-sucedido: quase metade das residências em Pondicherry mudou para iluminação LED e a economia anual de energia atingiu 14 GWh.

Isso inspirou uma política semelhante em nível nacional: o esquema *Unnat Jyoti by Affordable LED for All* (UJALA), lançado em 2015 com o objetivo de substituir 770 milhões de lâmpadas ineficientes até 2019. Mais uma vez, o esquema foi baseado na aquisição em massa de LEDs por EESL, que foram vendidos a vendedores a um custo mínimo, sendo o valor de compra remanescente recuperado através de prestações nas contas de energia elétrica. Isso foi acompanhado por várias campanhas de sensibilização do público. O esquema foi projetado para abordar os obstáculos à adoção de LEDs, especialmente seus altos custos iniciais, baixa disponibilidade inicial e falta de conhecimento de seus benefícios a longo prazo em comparação com as lâmpadas incandescentes.

A adoção da política da UJALA e seu desenho foram informados pela consideração de uma variedade de oportunidades e riscos. O conjunto de oportunidades mais importante foi melhorar o acesso à energia, as condições de vida e as perspectivas econômicas das famílias de baixa renda. Outras oportunidades incluíram a redução da carga de pico no sistema de energia (aumentando sua resiliência), ajudando as empresas de distribuição de eletricidade a gerenciar a demanda com mais eficiência e permitindo usos mais produtivos para a eletricidade. Os riscos incluíam impactos negativos à saúde e ao meio ambiente decorrentes do descarte de lâmpadas fluorescentes compactas²⁷². Alguns dos resultados potenciais mais importantes da política não foram calculados de maneira confiável. Uma grande incerteza foi o nível de adoção de LEDs que resultaria da política. Como a economia de custos imediata se traduziria em melhores perspectivas econômicas para as famílias de baixa renda – talvez a consideração mais importante – era ainda mais incerta.

Além disso, a adoção da política foi fortemente fundamentada em considerações distributivas. A parcela da demanda total de eletricidade doméstica ocupada pela iluminação na Índia varia fortemente entre os grupos de renda. Enquanto a média nacional está em torno de 20-27%, a proporção é de apenas 14% para famílias ricas, mas atinge cerca de 60% para famílias pobres²⁷³.

Finalmente, a política foi influenciada por considerações de mudança estrutural. Havia uma expectativa razoável de que a aquisição em massa de LEDs poderia levar a reduções em seu custo, dada sua disponibilidade no mercado global e inicialmente baixa penetração na Índia. O governo também esperava aumentar a fabricação de LEDs na Índia e exigia que os LEDs adquiridos para o esquema UJALA tivessem um componente indiano de valor agregado.

271 Grubb et al. (2021) The new economics of innovation and transition: evaluating opportunities and risks. EEIST Report. November. eeist.co.uk/eeist-reports. Transforming Lighting Efficiency in India Annex.

272 Chunekar, Aditya, Sanjana Mulay and Mrudula Kelkar (2017). Understanding the impacts of India's LED bulb programme, "UJALA". Acessado em shaktifoundation.in/wp-content/uploads/2014/02/PEG-Report-on-impacts-of-UJALA.pdf

273 TERI-NFA (2020), Behavioural Dimensions in the Indian Power Sector (13), presented at "Behavioural Dimensions in Indian Power sector" organized on 24th Sept., 2020

Todas essas considerações – riscos e oportunidades não quantificáveis, questões distributivas e o potencial de mudança econômica estrutural (ou não marginal) – forneceram uma razão mais forte para a ação e uma apresentação mais transparente de interesses e *trade-offs* do que poderia ter sido fornecida pela análise de custo-benefício.

A política foi bem-sucedida em várias medidas. Transformou a eficiência da iluminação nas residências indianas, com cerca de 90% das residências eletrificadas atendendo à demanda de iluminação usando LEDs até 2019. Embora o número de LEDs implantados diretamente por meio do esquema tenha sido menor do que sua meta altamente ambiciosa – gerenciando 368 milhões até julho de 2022, em comparação com uma meta de 770 milhões até 2019 – trouxe uma queda dramática

de 85% no preço dos LEDs entre 2014 e 2016²⁷⁴ (veja a Figura 13) e estimulou o crescimento de um mercado mais amplo. As vendas anuais de lâmpadas LED na Índia aumentaram de 3 milhões em 2012 para 670 milhões em 2018, tornando-se a tecnologia de iluminação com a maior participação de mercado (veja a Figura 14)²⁷⁵.

Estima-se que o esquema em si economizou cerca de 50 TWh de energia e evitou até 10 GW de demanda de energia de pico. Estima-se também que tenha alcançado uma economia anual de emissões de 40 MtCO₂ e uma economia de custos de US\$ 2,4 bilhões. O requisito local de valor agregado da política levou a uma mudança da importação de lâmpadas LED para a importação de componentes de LED e o estabelecimento de uma indústria nacional de fabricação de LED a jusante com um valor de mercado atual de mais de US\$ 1 bilhão.

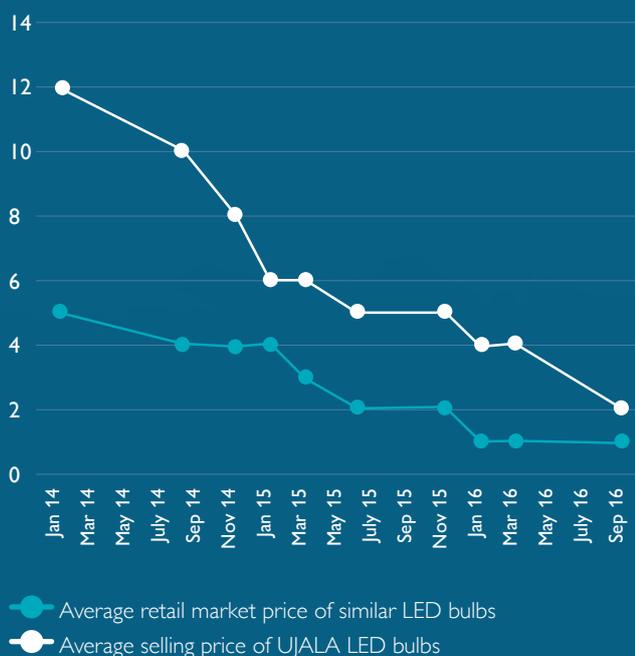


Figura 13: Tendências de preços de LED na Índia 2014-2016 (USD). Fonte:²⁷⁶



Figura 14: Tendências no mercado de iluminação na Índia indicando o número de vendas de diferentes tipos de lâmpadas ao longo do tempo (2010-2018). Fonte:²⁷⁷

274 IEA, LED price trends in India, January 2014 to September 2016, for 9 watt LED bulb, IEA, Paris www.iea.org/data-and-statistics/charts/led-price-trends-in-india-january-2014-to-september-2016-for-9-watt-led-bulb

275 Kamat, A. S. et al. (2020) Illuminating homes with LEDs in India: Rapid market creation towards low-carbon technology transition in a developing country, *Energy Research & Social Science*, doi:10.1016/j.erss.2020.101488

276 IEA, LED price trends in India, January 2014 to September 2016, for 9 watt LED bulb, IEA, Paris www.iea.org/data-and-statistics/charts/led-price-trends-in-india-january-2014-to-september-2016-for-9-watt-led-bulb

277 Kamat, A. S. et al. (2020) Illuminating homes with LEDs in India: Rapid market creation towards low-carbon technology transition in a developing country, *Energy Research & Social Science*, doi:10.1016/j.erss.2020.101488

PRINCÍPIO 10:

Conheça seu viés

Princípio tradicional: os modelos de políticas e a avaliação são neutros



Resumo: A construção de modelos econômicos inevitavelmente envolve muitas escolhas que influenciarão seus resultados, nas quais não há respostas “corretas”. Devemos estar cientes de nossos preconceitos, escolher modelos de forma transparente e, sempre que possível, usar uma variedade de modelos em vez de um único.

Fundamentação do princípio tradicional

Os processos de avaliação de políticas foram concebidos para fornecer uma forma sistemática de avaliação de evidências associadas a opções políticas alternativas. As ferramentas usadas na avaliação de políticas no espaço de energia incluem Modelos de Avaliação Integrada, como os usados no Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e Modelos Econômicos de Energia, juntamente com análise de custo-benefício ou análise multicritério (ver Princípio 9).

O caso para o uso de modelos e processos formais para avaliar políticas é que eles podem ajudar a fornecer uma estrutura de tomada de decisão consistente e comparável. Eles também podem ser úteis para tornar as suposições transparentes e explícitas. Todas essas ferramentas de modelagem econômica são atualizadas regularmente²⁷⁸ para dar conta de novos requisitos no desenvolvimento de políticas e à medida que novos dados se tornam disponíveis. A maioria dos governos tem diretrizes políticas oficiais que exigem ou recomendam o uso de métodos apropriados de avaliação de políticas que levam em consideração o contexto em que serão aplicados.

Limitações do princípio tradicional

No entanto, na avaliação de políticas, é importante reconhecer que a escolha, o *design* e os resultados subsequentes desses processos e modelos nunca são neutros, mas sempre políticos em termos de quais perguntas são feitas, como os resultados são apresentados e como os resultados são interpretados e por quem, entre outros temas²⁷⁹. É claro que isso é particularmente verdadeiro quando os modelos e suas suposições de entrada são impulsionados por interesses estabelecidos (como coalizões de defesa de grupos dominantes ou incumbentes, ou grupos de *lobby*). Por exemplo, às vezes o aumento da eficiência energética²⁸⁰ ou a difusão da tecnologia às vezes foi retardado(a) porque seus verdadeiros custos ou benefícios não foram identificados e avaliados de forma adequada ou objetiva como parte de um processo padrão de avaliação de políticas em que a escolha de modelos desempenha um papel importante.

Os modelos e seus parâmetros utilizados no aconselhamento político são construídos e negociados durante o processo de formulação de políticas. Como isso é feito e quais informações são disponibilizadas podem evidenciar que tais modelos são politicamente influenciados^{281,282}. De fato, no extremo, “os modelos podem ser usados para a elaboração de evidências baseadas em políticas, em vez da formulação de políticas baseada em evidências que cientistas e formuladores de políticas afirmam lutar”²⁸³.

278 Veja por exemplo Pearce, D., Atkinson, G., Mourato, S. (2006). Cost-benefit analysis and the environment: recent developments. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France. ISBN 9264010041

279 Royston, S., Foulds, C., Pasqualino, R., Jones, A., 2022, 'Masters of the machinery: The politics of economic modelling within European energy policy', Energy Policy, (submitted)

280 Dupont, C., (2020). Defusing contested authority: EU energy efficiency policymaking. J. Eur. Integr. 42, 95–110. doi.org/10.1080/07036337.2019.1708346

281 Pielke Jr., R.A. (2007). The Honest Broker: Making sense of science in policy and politics, Cambridge University Press

282 Royston, S., Foulds, C., 2021. The making of energy evidence: How exclusions of Social Sciences and Humanities are reproduced (and what researchers can do about it). Energy Res. Soc. Sci. 77, 102084. doi.org/10.1016/j.erss.2021.102084

283 Ellenbeck, S., Lilliestam, J. (2019). How modelers construct energy costs: Discursive elements in Energy System and Integrated Assessment Models, Energy Research & Social Science, 47, 69-77

Os modelos podem ser considerados como “objetos de fronteira”²⁸⁴ entre as comunidades que fazem e as que usam o conhecimento (modelador e formulador de políticas), o que requer “flexibilidade interpretativa”²⁸⁵ fornecer relativa liberdade para os atores seguirem suas próprias interpretações.^{286,287} Onde essas duas comunidades interagem, nesses objetos de fronteira, necessariamente haverá escolhas políticas e ideológicas.



O caso do Princípio 10

O desenho do modelo e a avaliação de políticas inevitavelmente envolvem escolhas, nas quais não há claramente uma resposta “correta”. Todas envolvem o uso do julgamento e todas podem ser contestadas. Essas escolhas influenciam fortemente o que o modelo dirá sobre as diferentes opções de políticas – quais instrumentos sugeridos são bons e quais não são.

Consequentemente, todas as escolhas interessam aos *stakeholders* afetados pela política e provavelmente serão objeto de *lobby*. Para evitar que a política seja excessivamente sujeita a interesses estabelecidos ou presa na consideração de uma gama de opções artificialmente restrita, pode ser útil que a) essas escolhas sejam feitas de forma transparente; b) essas escolhas sejam revistas regularmente; e c) diferentes modelos sejam usados no lugar de um único.

Por meio da análise de entrevistas em profundidade com 24 especialistas em modelagem e políticos europeus, identificamos algumas dessas dinâmicas de contestação e influência que refletem e reproduzem relações de poder subjacentes entre as entidades que encomendam exercícios de modelagem e os especialistas. A Tabela 1 mostra as cinco principais áreas identificadas nas entrevistas que são relevantes para avaliar o nível de neutralidade no processo de modelagem de políticas.

Tabela 1: Dimensões para avaliar a neutralidade no processo de modelagem de políticas. Adaptado de²⁸⁸

A política de...	Escopo
Problemas de enquadramento e perguntas	Que perguntas (não) são feitas; construção de problemas e as agendas subjacentes a eles.
Soluções e cenários de enquadramento	Quais cenários são (não) considerados; construção de soluções e as agendas subjacentes a elas.
Projetando suposições estruturais dos modelos	Aspectos estruturais do design e mecanismos dos modelos (em oposição às entradas variáveis).
Definindo entradas quantitativas	Valores numéricos atribuídos a entradas variáveis (em oposição a aspectos estruturais).
Acesso e exclusão	Questões de propriedade, transparência e capacidade que permeiam o design e uso dos modelos.

284 Star, S.L., Griesemer, J.R. (1989). Institutional Ecology, “Translations” and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley’s Museum of Vertebrate Zoology. *Soc. Stud. Sci.* 19, 387–420.

285 Pinch, T.J., Bijker, W.E. (1984). The Social Construction of Facts and Artefacts: or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology might Benefit Each Other. *Soc. Stud. Sci.* 14, 399–441. doi.org/10.1177/030631284014003004

286 Lovell, H., Pullinger, M., Webb, J. (2017). How do meters mediate? Energy meters, boundary objects and household transitions in Australia and the United Kingdom. *Energy Res. Soc. Sci.* 34, 252–259. doi.org/10.1016/j.erss.2017.07.001

287 Silvast, A., Foulds, C. (2022). *Sociology of Interdisciplinarity: Dynamics of energy research*. Palgrave Macmillan, Cham.

288 Royston, S., Foulds, C., Pasqualino, R., Jones, A. (2022). ‘Masters of the machinery: The politics of economic modelling within European energy policy’, *Energy Policy*, (submitted)

O fato de que modelos e resultados são influenciados por políticas e processos políticos significa que é importante entender o seguinte: a natureza política do teste de modelos; como os formuladores de políticas influenciam modelos e os especialistas em modelagem, dados e suposições, escopos de estudo e questões aceitáveis a serem exploradas; e como os resultados são usados²⁸⁹. Dentro dessas áreas contestadas, pode haver um descompasso nas expectativas, bem como conflitos de interesse entre os atores sobre a definição de cenários, os valores específicos atribuídos às variáveis de entrada e questões mais fundamentais de transparência, acesso e exclusão, onde a ênfase na política baseada em modelos pode excluir certas vozes dos debates^{290,291}.

Além disso, os exercícios de modelagem geralmente exigem escolhas sobre quais opções de política considerar e como modelá-las. Essas escolhas podem depender de quem está comissionando o trabalho, das preferências ou perspectivas dos especialistas e das interações entre analistas e partes interessadas externas que podem ou não ser públicas.

Os modelos estabelecidos geralmente têm uma vantagem sobre os novos modelos porque, com o tempo, eles se tornam mais familiares e confiáveis pelos formuladores de políticas e tendem a desenvolver um conjunto mais amplo e politicamente mais saliente de capacidades de análise²⁹².

Por isso, alguns modelos de economia de energia, como o NEMS²⁹³ (um modelo energético e econômico usado pelos Estados Unidos criado pela *US Energy Information Administration*), PRIMES²⁹⁴ (um modelo de sistema de energia aplicado usado pela União Europeia, por exemplo) ou E3ME²⁹⁵ são usados há décadas. Isso também faz com que o discurso, os valores e as escolhas específicos contidos nesses modelos se tornem dominantes em processos específicos de desenvolvimento e avaliação de políticas governamentais e, como tal, os modelos têm sido chamados de “máquinas de fazer sentido”²⁹⁶.

Portanto, é útil manter a transparência e a reflexividade ao lado de uma abordagem pluralista no uso de modelos, especialmente ao avaliar políticas que buscam mudanças não marginais²⁹⁷ e envolve incerteza, inovação, horizontes de longo prazo, uma diversidade de atores²⁹⁸ e considerações de finanças²⁹⁹. Há uma necessidade de refletir ativamente e levar em conta os vieses presentes nos processos de avaliação e modelagem de políticas, o que, por sua vez, exige maior transparência nas premissas, estruturas e funcionamento do modelo.

289 Süsser, D., Ceglaz, A., Gaschnig, H., Stavrakas, V., Flamos, A., Giannakidis, G., Lilliestam, J. (2021). Model-based policymaking or policy-based modelling? How energy models and energy policy interact. *Energy Res. Soc. Sci.* 75, 101984. doi.org/10.1016/j.erss.2021.101984

290 Midttun, A., Baumgartner, T., 1986, Negotiating energy futures: The politics of energy forecasting, *Energy Policy*, 14 (3), 219-241

291 Foulds, C., Robison, R., 2017. The SHAPE ENERGY Lexicon - interpreting energy-related social sciences and humanities terminology. SHAPE ENERGY, Cambridge.

292 Strachan, N., Fais, B. & Daly, H., (2016). 'Reinventing the energy modelling-policy interface.' *Nature Energy* 1, 16012

293 US Energy Information Administration, 2015, Analysis of the Impacts of the Clean Power Plan, US Energy Information Administration, US Department of Energy, Washington DC, USA, 2015

294 E3Mlab, 2017, PRIMES Model Version 6, (2016-2017). 'Detailed model description', National Technical University of Athens, Athens, Greece

295 Cambridge Econometrics (2022). E3ME Model. www.e3me.com

296 Ellenbeck, S., Lilliestam, J., 2019, How modelers construct energy costs: Discursive elements in Energy System and Integrated Assessment Models, *Energy Research & Social Science*, 47, 69-77

297 Mercure, J.F., Sharpe, S., Vinuales, J.E., Ives, M., Grubb, M., Lam, A., Drummond, P., Pollitt, H., Knobloch, F., Nijssse, F.J.M.M., 2021, Risk-opportunity analysis for transformative policy design and appraisal, *Global Environmental Change*, 70, 102359

298 Foulds, C., Jones, A., Pasqualino, R., Royston, S., 2022, 'Confronting difference in the policymaking-modelling system: comparing energy modeller and policyworker views on uncertainty, innovation, long-time horizons and diversity of actors', *Journal of Cleaner Production*, (submitted)

299 Mercure, J.F., Knobloch, F., Pollitt, H., Paroussos, L., Scricciu, S.S., Lewney, R., (2019), 'Modelling innovation and the macroeconomics of low-carbon transitions: theory, perspectives and practical use.' *Climate Policy*, 19 (8), 1019-1037

ESTUDO DE CASO 10:

Metas europeias de energia renovável para 2030

Podemos ver a partir de exemplos passados que os modelos tiveram uma forte influência no apoio às posições políticas iniciais, bem como no apoio a uma crítica dessa posição inicial e, posteriormente, um papel na confirmação de uma revisão e mudança.

Para dar um exemplo, entre 2012 e 2018, a União Europeia desenvolveu e adotou uma meta de energia renovável como proporção do consumo total de energia. Essa meta foi apoiada, em parte, por vários resultados do modelo. Em outubro de 2014, o Conselho Europeu propôs inicialmente uma meta de 27% até 2030 e em 2016 a Comissão Europeia publicou o pacote “Energia Limpa para todos os Europeus” (CE4ALL). Este pacote foi apoiado pela análise de políticas realizada pela Direção-Geral da Energia usando o pacote de modelagem PRIMES³⁰⁰, juntamente com GEM-E3 e posterior análise usando E3ME, que confirmou este alvo. A discussão posterior da análise pelo Parlamento Europeu e especialistas destacou que, na época, as premissas de entrada usadas pelo PRIMES eram relativamente conservadoras. Em particular, de acordo com algumas análises³⁰¹ o uso de PRIMES neste caso pode ter resultado na (a) superestimação dos custos das energias renováveis (através de reduções ao longo do tempo por meio de inovação, fatores de capacidade assumidos como inferiores aos reais, e os custos de capital das diferenças de investimento entre os estados-nação); (b) superestimação do preço do carbono (ao assumir perfeita previsão para os investidores, o modelo exagera o papel potencial dos mercados); e (c) minimizar o papel das políticas e estruturas setoriais.

A aplicação específica do modelo PRIMES para essa análise inicialmente mostrou muito pouca diferença entre os custos para alcançar uma participação de 27% ou 30% de energia renovável até 2030 em toda a União Europeia. No entanto, mostrou um aumento no custo para atingir uma meta de 35%. Na sequência das reações relativas aos pressupostos relativos aos fatores de produção, foram efetuadas actualizações à modelização e foram apoiadas ações renováveis mais elevadas. No entanto, a meta inicial de 27% foi vista como política pelos especialistas entrevistados e os resultados da modelagem foram vistos como uma maneira de confirmar essa escolha política. O Parlamento Europeu propôs então estabelecer metas mais altas e encomendou seu próprio trabalho de modelagem para apoiar essas metas mais altas. Este exercício levou o Parlamento a propor uma meta de 35% de energias renováveis, com base na análise da Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA). Posteriormente, a Comissão Europeia confirmou uma meta de 32% de energia renovável e propôs uma revisão da meta até 2023 (um exemplo de política adaptativa, Princípio 6).

Nenhum dos modelos envolvidos neste caso deve ser considerado “correto” ou incorreto, embora alguns possam estar mais próximos da realidade do que outros em suas suposições e projeções em determinadas ocasiões. O ponto importante é que, em vez de considerar o resultado de qualquer modelo pelo valor nominal, é útil para os formuladores de políticas examinar criticamente as suposições do modelo, comparar as projeções de diferentes modelos e usar as informações mais amplas obtidas por meio desse processo para apoiar suas políticas. escolha.

300 Süsser, D., Ceglaz, A., Gaschnig, H., Stavrakas, V., Flamos, A., Giannakidis, G., Lilliestam, J. (2021). Model-based policymaking or policy-based modelling? How energy models and energy policy interact. *Energy Res. Soc. Sci.* 75, 101984. doi.org/10.1016/j.erss.2021.101984

301 Graf, A., Buck, M., (2017). The cost of renewable energy: A critical assessment of the Impact Assessments underlying the Clean Energy for all Europeans-Package. Agora Energiewende, Berlin

Conclusão

Os Dez Princípios para a Elaboração de Políticas na Transição Energética descritos neste relatório baseiam-se em uma grande quantidade de evidências empíricas reunidas nas últimas três décadas e representam um primeiro (e necessariamente incompleto) passo. O conhecimento gerado pela exploração das diferentes maneiras pelas quais as políticas induziram a rápida inovação e o crescimento das tecnologias de energia limpa podem ser usados para aprimorar as abordagens tradicionais de avaliação e desenvolvimento de políticas. Sugerimos que, dentro de um sistema complexo, uma mudança estrutural requer uma política transformacional, sustentada por processos políticos apropriados e informada por um conjunto claro de princípios organizadores.

Comparamos cada um desses Dez Princípios com um “princípio tradicional”, que são versões estilizadas de conselhos ou orientações que muitas vezes foram assumidas, defendidas ou implementadas. Embora tenhamos reconhecido a utilidade desses princípios tradicionais em seus domínios apropriados, também apontamos algumas de suas limitações e a necessidade de complementá-los com os Dez Princípios. Uma distinção fundamental é que a maioria, se não todos, os princípios tradicionais

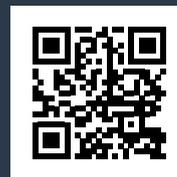
são baseados em estruturas analíticas que colocam as economias em relação a um equilíbrio *default* identificável, tipicamente assumido como ideal, “uma situação na qual ninguém tem nenhuma razão imediata para mudar”, suas ações, para que o *status quo* possa continuar, pelo menos temporariamente”³⁰², considerando que as transições de baixo carbono envolvem inerentemente processos de inovação substancial e mudança estrutural em direções específicas. Onde os princípios tradicionais visam alcançar uma alocação eficiente dos recursos econômicos existentes, nossos princípios visam orientar os processos de mudança econômica de maneira eficaz e justa. Isso pode ser útil para governos que desejam realizar transições de baixo carbono com rapidez suficiente para evitar mudanças climáticas perigosas, ao mesmo tempo em que minimizam custos e deslocamento social e maximizam oportunidades de desenvolvimento econômico.

Aprenderemos mais à medida que avançarmos na transição de baixo carbono. As lições da experiência prática devem ser continuamente refletidas e os princípios para orientar a política devem ser atualizados para fundamentar as políticas que assumem o enorme desafio de transformar nossas economias nas próximas três décadas.

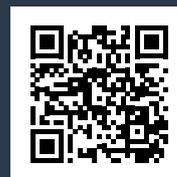
EEIST

Economics of Energy Innovation and System Transition

O projeto “Economia da Inovação Energética e Transição do Sistema” (*Economics of Energy Innovation and System Transition – EEIST*) desenvolve análises de inovação energética de ponta para apoiar a tomada de decisão do governo envolvendo a inovação de baixo carbono e a mudança tecnológica. Ao se engajar com formuladores de políticas e partes interessadas no Brasil, China, Índia, Reino Unido e UE, o projeto visa contribuir para o desenvolvimento econômico de nações emergentes e apoiar o desenvolvimento sustentável em escala global. Liderado pela Universidade de Exeter, o Projeto EEIST reúne uma equipe internacional de instituições de pesquisa líderes mundiais no Brasil, China, Índia, Reino Unido e União Europeia.



Find out more at:
eeist.co.uk



All documents can be found online here: eeist.co.uk/downloads

