

UM **GRANDE IMPULSO**  
PARA A SUSTENTABILIDADE  
NO **SETOR ENERGÉTICO**  
DO BRASIL

SUBSÍDIOS E EVIDÊNCIAS PARA  
A COORDENAÇÃO DE POLÍTICAS



NAÇÕES UNIDAS

CEPAL



Centro de Gestão e Estudos Estratégicos  
*Ciência, Tecnologia e Inovação*



Empresa de Pesquisa Energética



cooperação  
alemã

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



PÁTRIA AMADA  
**BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL

# Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.

 [www.cepal.org/es/publications](http://www.cepal.org/es/publications)

 [www.cepal.org/apps](http://www.cepal.org/apps)

# Um grande impulso para a sustentabilidade no setor energético do Brasil

Subsídios e evidências para a coordenação de políticas



Este documento foi redigido por Camila Gramkow (Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe - CEPAL), Marcelo Poppe (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE), Bárbara Bressan Rocha (CGEE) e Mayra Juruá Gomes de Oliveira (CGEE), com contribuições de especialistas da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a partir de diversas interações.

Este documento foi preparado no âmbito das atividades de cooperação entre a Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL) e a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) 2018-2020, projeto "Sustainable development paths for middle-income countries under the 2030 Agenda for Sustainable Development in Latin America and the Caribbean". No âmbito dessa cooperação, realiza-se o projeto Grande Impulso Energia ou "Energy Big Push" Brasil, realizado sob a coordenação do Escritório da CEPAL no Brasil e do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos e com o apoio da GIZ e do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC).

Este relatório é parte integrante das atividades desenvolvidas no âmbito do 2º Contrato de Gestão CGEE, supervisionado pelo MCTIC – 18º Termo Aditivo/Ação: Internacionalização da CT&I Brasileira/Atividade: Inserção do CGEE em Agendas Internacionais - Projeto Agenda Positiva para a Mudança do Clima e do Desenvolvimento Sustentável 52.01.50.01/MCTI/2018.

As opiniões expressadas neste documento, que não foi submetido à revisão editorial, são de exclusiva responsabilidade dos autores e podem não coincidir com as visões da CEPAL, do CGEE ou das instituições parceiras nesse projeto.

Publicação das Nações Unidas

LC/TS.2020/51

LC/BRS/TS.2020/3

Distribuição: L

Copyright © Nações Unidas, 2020. Todos os direitos reservados

Copyright © CGEE, 2020. Todos os direitos reservados

Impresso nas Nações Unidas, Santiago

S.20-00321

Esta publicação deve ser citada como: Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL)/Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), "Um grande impulso para a sustentabilidade no setor energético do Brasil: subsídios e evidências para a coordenação de políticas", *Documentos de Projetos* (LC/TS.2020/51; LC/BRS/TS.2020/3), Santiago, 2020.

A autorização para reproduzir total ou parcialmente esta obra deve ser solicitada à Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL), Divisão de Publicações e Serviços Web: publicaciones.cepal@un.org. Os Estados-membros das Nações Unidas e suas instituições governamentais podem reproduzir esta obra sem autorização prévia. Solicita-se apenas que mencionem a fonte e informem à CEPAL tal reprodução.

---

C389u

Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL)/Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), "Um grande impulso para a sustentabilidade no setor energético do Brasil: subsídios e evidências para a coordenação de políticas", *Documentos de Projetos* (LC/TS.2020/51; LC/BRS/TS.2020/3), Santiago, 2020.

92 p.: il.

1. Investimentos. 2. Energia. 3. Inovação. 4. Pesquisa e desenvolvimento. 5. Big push

I. CEPAL. II. CGEE. III. Brasil.

CDU 34:502.131.1(81)

---

## Projeto Grande Impulso Energia (*Energy Big Push*) Brasil

### Dirigentes das instituições

CEPAL	CGEE
Alicia Bárcena, Secretária Executiva	Marcio de Miranda Santos, Presidente
Mario Cimoli, Secretário Executivo Adjunto	Luiz Arnaldo Pereira da Cunha Junior, Diretor
	Regina Maria Silvério, Diretora

### Supervisão do projeto

Carlos Henrique Fialho Mussi	Regina Maria Silverio
Luiz Fernando Merico Krieger	

### Coordenação do projeto

Camila Gramkow	Marcelo Poppe
----------------	---------------

### Equipe técnica do projeto

Ruben Enrique Contreras Lisperguer	Bárbara Bressan Rocha
	Emilly Caroline Costa Silva

### Suporte administrativo do projeto

Camila Leotti	Carolina Conceição Rodrigues
Márcia Moreschi	
Maria Pulcheria Graziani	
Pedro Brandão da Silva Simões	
Sofia Furtado	

### Comitê Consultivo do Projeto

Regina Maria Silverio (CGEE)  
Carlos Henrique Fialho Mussi (CEPAL)  
Thiago Barral Ferreira (EPE)  
Renato Domith Godinho (MRE)

### Consultores e especialistas do projeto

Eixo 1: André Tosi Furtado (coord.),  
Silvia de Carvalho e Lucas Motta  
Eixo 2: Carolina Grottera (coord.)  
e Amanda Vinhoza  
Eixo 3: Edilaine V. Camillo (coord.),  
Victo José da Silva Neto e Tatiana Bermudez  
Eixo 4: Carolina R. Vieira (coord.)  
e Ludmila Viegas



## Índice

Prefácio EPE.....	9
<i>Thiago Barral</i>	
Prefácio IEA.....	11
<i>Dave Turk</i>	
Apresentação CGEE .....	13
<i>Márcio Miranda</i>	
Apresentação CEPAL.....	15
<i>Carlos Mussi</i>	
Introdução .....	17
<b>I. O <i>Big Push</i> para a Sustentabilidade .....</b>	<b>21</b>
A. É urgente mudar o estilo de desenvolvimento .....	21
B. O <i>Big Push</i> para a Sustentabilidade como ferramenta para construção de estilos de desenvolvimento sustentáveis.....	23
C. Um <i>Big Push</i> para as energias sustentáveis no Brasil.....	27
Bibliografia.....	29
<b>II. Panorama dos investimentos em PD&amp;D em energia no Brasil.....</b>	<b>31</b>
A. Contexto .....	31
1. Escopo e metodologia .....	31
2. Relevância no contexto do <i>Big Push</i> para a Sustentabilidade .....	34
B. Principais achados .....	35
1. Fonte de dados.....	35
2. Estimativa de investimentos em PD&D em energia no Brasil.....	35
C. Oportunidades de aprimoramento e recomendações .....	43
Bibliografia.....	44

<b>III.</b>	<b>Indicadores de desempenho de tecnologias energéticas de baixo carbono .....</b>	<b>47</b>
A.	Contexto .....	47
1.	Escopo .....	47
2.	Relevância no contexto do <i>Big Push</i> para a Sustentabilidade .....	49
B.	Principais achados .....	50
1.	Dimensão ambiental .....	51
2.	Dimensão técnico-econômica .....	56
3.	Dimensão social .....	62
C.	Oportunidades de aprimoramento e recomendações .....	64
	Bibliografia .....	65
<b>IV.</b>	<b>Mecanismos de incentivo à inovação em energia no Brasil .....</b>	<b>67</b>
A.	Contexto .....	67
B.	Levantamento e análise dos mecanismos de incentivo à inovação em energia existentes no Brasil.....	67
C.	Revisão da experiência internacional .....	70
D.	Relevância no contexto do <i>Big Push</i> para a Sustentabilidade .....	74
E.	Linhas de ação para um grande impulso energético no Brasil .....	75
1.	Nível Estratégico .....	75
2.	Nível tático-operacional (sistema de tecnologia) .....	76
3.	Nível institucional (mecanismos de incentivo) .....	77
F.	Mecanismos de incentivo chave para acelerar a inovação em energia limpa no Brasil .....	79
	Bibliografia .....	80
<b>V.</b>	<b>Considerações finais e desenvolvimentos futuros .....</b>	<b>83</b>
	<b>Anexo .....</b>	<b>87</b>

## Tabelas

Tabela II.1	Categorias de grupos de tecnologias energéticas utilizadas como critério de classificação em dois níveis (dígito 1 e dígito 2) .....	32
Tabela II.2	Fontes de dados e de recursos em PD&D e sua caracterização .....	35
Tabela III.1	TRL para tecnologias de transporte .....	58
Tabela III.2	TRL para tecnologias de biocombustíveis .....	60
Tabela III.3	Contribuição dos biocombustíveis para a diversificação energética .....	62
Tabela IV.1	Os mecanismos de incentivo à inovação em energia do Brasil por função .....	69
Tabela IV.2	Relação entre tipo de inovação, incerteza, risco e mecanismos de incentivo .....	70
Tabela A1	Participantes no <i>Workshop Energy Big Push</i> .....	88
Tabela A2	Participantes no Encontro Estratégico de Alto Nível .....	88
Tabela A3	Participantes no Grupo de Trabalho do Eixo 1.....	88
Tabela A4	Participantes no Grupo de Trabalho do Eixo 2 .....	89
Tabela A5	Participantes no Grupo de Trabalho do Eixo 3.....	89
Tabela A6	Participantes no Grupo de Trabalho do Eixo 4 .....	89

## Gráficos

Gráfico II.1	Investimentos públicos de PD&D por ano por categoria de energia no Brasil .....	36
Gráfico II.2	Participação percentual dos dispêndios públicos em PD&D por categoria de energia por ano .....	37
Gráfico II.3	Participação dos dispêndios públicos em PD&D em categorias de sistema tecnológicos de baixo carbono.....	37
Gráfico II.4	Montante de investimentos públicos em PD&D em energias renováveis.....	38

Gráfico II.5	Despesas de P&D por ano por categoria de energia dos projetos regulados pela ANEEL.....	39
Gráfico II.6	Varição percentual do PIB brasileiro de 2013 a 2018 .....	39
Gráfico II.7	Dispêndios de PD&D publicamente orientados regulados pela ANP .....	40
Gráfico II.8	Montante de investimentos públicos e publicamente orientados em PD&D por ano por categoria de energia no Brasil .....	41
Gráfico II.9	Participação dos dispêndios públicos e publicamente orientados nos investimentos em PD&D .....	41
Gráfico II.10	Participação dos dispêndios públicos e publicamente orientados nos investimentos em PD&D segundo tecnologias de baixo carbono .....	42
Gráfico II.11	Montante de investimentos públicos e publicamente orientados em PD&D em energias renováveis.....	43
Gráfico III.1	Uso de água para tecnologias centralizadas de geração de eletricidade .....	51
Gráfico III.2	Uso da terra para tecnologias de geração centralizada de eletricidade.....	52
Gráfico III.3	Emissões de GEE das tecnologias de geração de eletricidade.....	52
Gráfico III.4	Emissões de GEE para tecnologias de transporte .....	53
Gráfico III.5	Emissões não-GEE para tecnologias de transporte .....	53
Gráfico III.6	Uso de água para tecnologias de biocombustíveis .....	54
Gráfico III.7	Uso da terra para tecnologias de biocombustíveis .....	55
Gráfico III.8	Emissões de GEE para tecnologias de biocombustíveis.....	55
Gráfico III.9	CAPEX para tecnologias de geração de eletricidade.....	56
Gráfico III.10	OPEX para tecnologias de geração de eletricidade .....	57
Gráfico III.11	LCOE para tecnologias centralizadas de geração de energia .....	57
Gráfico III.12	CAPEX para tecnologias de transporte .....	58
Gráfico III.13	OPEX para tecnologias de transporte .....	59
Gráfico III.14	TCO para tecnologias de transporte.....	59
Gráfico III.15	CAPEX para tecnologias de biocombustíveis .....	60
Gráfico III.16	OPEX para tecnologias de biocombustíveis .....	61
Gráfico III.17	LCOF para tecnologias de biocombustíveis.....	61
Gráfico III.18	Criação de emprego para tecnologias de geração de eletricidade .....	62
Gráfico III.19	Geração de renda para tecnologias de geração centralizada de eletricidade .....	63
Gráfico III.20	Criação de emprego para tecnologias de biocombustíveis .....	63

## Diagramas

Diagrama I.1	A abordagem do <i>Big Push</i> para a Sustentabilidade.....	26
Diagrama II.1	Metaprocesso inteligência estratégica em ciência, tecnologia e inovação.....	33
Diagrama IV.1	Mecanismos de incentivo à inovação, segundo sua função .....	68
Diagrama IV.2	Países selecionados para revisão da experiência internacional .....	71
Diagrama IV.3	O longo prazo e a coordenação no governo, entre atores e no tempo .....	72



## Prefácio EPE

No contexto de Transição Energética e de resposta aos desafios das mudanças climáticas, os países vêm construindo narrativas que ajudam a evidenciar as implicações em termos de oportunidades, riscos e benefícios, tendo como base as prioridades e condições internas de cada país. Dentre as múltiplas perspectivas, um elemento se destaca e desponta como consenso: o papel fundamental da inovação na busca por soluções sustentáveis em sistemas energéticos cada vez mais complexos e dinâmicos.

O projeto *Energy Big Push* se insere como uma contribuição valiosa no contexto de uma iniciativa coletiva ampla, envolvendo várias instituições e atores, no sentido de fazer evoluir a governança e a qualidade das informações sobre investimentos em PD&I no setor energético. Num ambiente em que a tecnologia é um fator fundamental na inserção de qualquer país na economia global, entendemos que a compreensão sobre os montantes envolvidos, o mapeamento dos principais atores e a qualidade dos esforços em PD&I pode ser determinante no sucesso da estratégia de desenvolvimento nacional, com sustentabilidade.

De dentro do setor público, em 2018, na ocasião em que representei o Brasil na iniciativa internacional *Mission Innovation* (aliança para colaboração no aumento dos investimentos em inovação em energias limpas), pude constatar a dificuldade de se reportar o quanto o país investe em recursos públicos ou publicamente orientados em PD&I na área de energia. Embora o Brasil investisse recursos significativos, não existia uma base de dados integrada, abrangente e estruturada que consolidasse as informações e que permitisse orientar a formulação de políticas nessa área, atrair parcerias entre os setores público e privado e favorecer a inserção global das soluções e inovações brasileiras, muitas de grande relevância para a Transição Energética.

Na busca por parceiros comprometidos com esse objetivo, encontramos o CGEE e a CEPAL. Houve grande alinhamento aos objetivos do *Big Push* para a Sustentabilidade, da CEPAL, a partir do qual se estabeleceu no Brasil, em parceria com o CGEE, o projeto denominado *Energy Big Push*. Esse projeto veio contribuir com recursos, *expertise* técnica e apoio à articulação institucional para fortalecer a iniciativa e o envolvimento local, com respaldo na política de desenvolvimento regional. A constituição do *Energy Big Push*, assim, criou condições para um produtivo período de avanços na governança dos dados de investimentos em PD&I no setor de energia no Brasil. Nessa trajetória de parcerias, pudemos contar também com importantes contribuições técnicas das instituições locais/nacionais e internacionais, a exemplo da Agência Internacional de Energia, com riquíssimas contribuições.

Considero de alta relevância o engajamento e articulação institucional da EPE, Itamaraty, MME e MCTIC, além de outras entidades públicas, nesse processo. Com cada um trabalhando dentro das suas competências e dialogando abertamente com os demais, essa sinergia permitiu ao *Energy Big Push* constituir-se como um projeto bem-sucedido em fazer avançar uma maior integração e compreensão dos dados sobre investimentos em PD&I, especialmente nas energias limpas ou sustentáveis.

Dentre os diversos méritos dessa iniciativa, gostaria de destacar dois, um relacionado ao escopo e outro ao processo. O projeto não se ateve apenas à busca pela construção de uma base de dados de investimentos públicos (e publicamente orientados) em PD&D em energia (Eixo 1), mas atacou também outros elos fundamentais da construção de políticas de inovação, quais sejam, a atenção aos indicadores (Eixo 2), aos instrumentos de políticas públicas (Eixo 3) e à comunicação com os *stakeholders* e tomadores de decisão (Eixo 4). Os resultados gerados, não exaustivos, trazem insights para desenvolvimentos e aprimoramentos futuros e para o desafio de serem internalizados, fornecendo insumos importantes para os formuladores de políticas públicas, além de aumentarem a transparência e visibilidade para a sociedade da importância do elo que une inovação à transição energética. O segundo mérito diz respeito ao processo dinâmico e colaborativo com o envolvimento de diversas instituições que permitiu – apesar dos diversos interesses – a realização de objetivos comuns. Esse é um embrião importante para a governança integrada que um projeto dedicado à inovação em energia demandará.

O projeto *Energy Big Push*, do qual a EPE se orgulha de ter feito parte, é o início de uma jornada da maior relevância para que o Brasil possa ser protagonista no contexto da Transição Energética.

**Thiago Barral**  
Presidente  
Empresa de Pesquisa Energética

## Prefácio IEA

A Agência Internacional de Energia (IEA da sigla em inglês) apoia os esforços de governos em todo o mundo para buscar atingir as principais metas de políticas, incluindo acesso à energia, modicidade de custos e sustentabilidade. Ao monitorar dados, compartilhar abordagens de melhores práticas e realizar análises técnicas sobre todos os combustíveis e tecnologias, os membros da Família da IEA, incluindo o Brasil, estão bem posicionados para encontrar soluções do mundo real para os prementes desafios energéticos de hoje e de amanhã.

O mundo precisa de mais e melhores tecnologias para atingir objetivos de energia e sustentabilidade. Isso significa que é necessária mais inovação hoje. O *Tracking Clean Energy Progress* (TCEP) da IEA mostra que a maioria das tecnologias de energia não está no caminho para atingir as metas globais de energia e clima e exigem mais melhorias no desempenho e na redução de custos. De fato, muitas das tecnologias de energia necessárias para zerar as emissões líquidas no longo prazo ou não existem ou não estão disponíveis em escala. A análise dedicada a esse tópico será apresentada no *IEA Energy Technology Perspectives* (ETP-2020).

Além disso, o desenrolar da crise do COVID-19 está colocando pressão sem precedentes sobre pessoas, governos e empresas em todo o mundo. Como quase todas as atividades econômicas, o setor de energia foi severamente afetado. Com políticas inteligentes e bem desenhadas, no entanto, as transições energéticas limpas podem ajudar a impulsionar as economias. Os governos estão buscando soluções de curto prazo para mitigar os impactos negativos da crise, bem como catalisadores de médio prazo para promover o crescimento estrutural e a futura criação de empregos. A inovação energética pode desempenhar um papel importante nesse contexto.

O projeto *Energy Big Push* (EBP) se encaixa bem nesse contexto, e a IEA recebeu com prazer a oportunidade de ser um parceiro desde o início. O projeto EBP visa informar discussões de políticas sobre inovação em tecnologias de energia no Brasil, com o objetivo de acelerar a transição energética limpa. Após um ano, os quatro grupos de trabalho forneceram subsídios valiosos aos tomadores de decisão brasileiros e melhoraram o entendimento coletivo das tendências atuais. A IEA teve um papel ativo, incluindo apoio e análises técnicas, conexão com especialistas dos países da Família da IEA e envolvimento com a comunidade internacional durante os eventos do projeto. O EBP contribuiu para fortalecer o relacionamento da IEA com o Brasil —um importante ator regional e global em energia. Tudo isso foi possível graças ao apoio e financiamento do Reino Unido ao *Clean Energy Transitions Programme* (CETP).

Três aspectos bem-sucedidos do projeto merecem menção específica: 1) colaboração eficaz; 2) grande foco em dados; e 3) discussão de políticas prospectivas.

Primeiro, e talvez o mais importante, o EBP criou uma plataforma para as principais partes interessadas no Brasil se conectarem, se envolverem e colaborarem. Ao reunir Ministérios e instituições relevantes, desafios comuns podem ser explorados coletivamente. Somente por meio de esforços coordenados e direcionados a inovação energética pode fornecer resultados tangíveis para o Brasil. Trabalhos colaborativos como o EBP são um grande passo à frente, e o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) merecem calorosas felicitações por sua liderança. O papel das organizações internacionais na troca de experiências também foi bem-vindo —outra oportunidade para a IEA trabalhar com a Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL) das Nações Unidas.

Segundo, o EBP trouxe contribuições significativas aos esforços brasileiros para coletar e monitorar dados de inovação, tais como gastos públicos em pesquisa e desenvolvimento de energia. O acesso a mais e melhores dados é essencial para informar a formulação de políticas e garantir que as atividades de inovação no Brasil estejam alinhadas às prioridades de longo prazo do país. Será fundamental confirmar esse progresso ao longo do tempo e aprimorar ainda mais esse trabalho, com o monitoramento sistemático de dados nos próximos anos.

Por fim, o EBP forneceu aos parceiros do projeto e, principalmente, aos tomadores de decisão do Ministério de Minas e Energia (MME) e Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), uma visão ampla do cenário de inovação energética do Brasil e suas perspectivas sobre políticas para o futuro. Embora muitos aspectos exijam um exame mais aprofundado, este é um primeiro passo necessário para que os formuladores de políticas identifiquem pontos fortes e áreas para possível melhoria. As partes interessadas agora compartilham um entendimento comum das tendências atuais e dos desafios prementes e, portanto, estão em uma posição melhor para explorar as opções de políticas em conjunto.

Por esses motivos, entre outros, gostaria de expressar mais uma vez o apoio da IEA ao projeto *Energy Big Push* —e enviar meus calorosos parabéns às equipes que trabalharam duro para ajudar a desenvolvê-lo.

**Dave Turk**

Diretor-Executivo Adjunto em Exercício e  
Chefe do Escritório de Iniciativas Estratégicas  
Agência Internacional de Energia

## Apresentação CGEE

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) foi criado com a missão de subsidiar processos de tomada de decisão de alto nível, em temas relacionados à ciência, tecnologia, inovação e educação, por meio de estudos de prospecção e avaliação estratégica conduzidos em ampla articulação com especialistas e instituições do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI). Nessa linha, estudos sobre o desenvolvimento sustentável em vários setores da economia, de interesse nacional e global, são conduzidos por meio do projeto Agenda Positiva da Mudança do Clima e do Desenvolvimento Sustentável, no âmbito do qual o setor de energia ganha relevo especial, dada a sua natureza transversal e seus impactos no desenvolvimento e no bem estar das pessoas.

As revoluções industriais possibilitaram um salto no crescimento econômico e no desenvolvimento social em todo o mundo, sempre associadas a um aumento da oferta de energia produzida a partir de diversas fontes, com destaque para as fontes fósseis —carvão, petróleo e gás— com os conhecidos impactos ambientais causados pela liberação de dióxido de carbono e metano na atmosfera. Em resposta a essa ameaça, governos de todo o mundo assumiram compromissos para encontrar soluções para uma trajetória de desenvolvimento sustentável e de baixo carbono, como o Acordo de Paris sobre o Clima e a Agenda 2030 das Nações Unidas, ambos desenvolvidos com significativa participação do Brasil e dos quais o País é signatário.

Vive-se uma nova revolução industrial, fundamentalmente baseada na digitalização e automação de processos industriais, no incremento da oferta de energia de fontes alternativas e na bioeconomia. A transição energética é inevitável e essencial para colocar as nações numa trajetória econômica de baixo carbono, resiliente, dinâmica e próspera, com aumentos mensuráveis da qualidade de vida para toda a população. Ações que possam acelerar esse processo são mais do que necessárias e é nesse contexto que, colaborando com iniciativas nacionais, regionais e globais, o projeto *Energy Big Push* surge como um ambiente de colaboração para promover um diálogo construtivo entre os diferentes atores da energia e de políticas, programas e projetos que sejam capazes de acelerar a transição energética no Brasil.

Assim, o projeto *Energy Big Push* busca monitorar e avaliar os esforços de inovação no setor energético brasileiro e dar impulso aos mecanismos para sua promoção, focado na ampliação das capacidades técnicas e institucionais do sistema nacional de inovação, em particular no entorno das questões relacionadas a produção, transmissão e uso final de energia. É fundamental destacar

a importância do engajamento de parceiros nacionais, regionais e internacionais no *Energy Big Push*, agregando suas competências e criando legitimidade para a implantação de planos de ação, servindo, inclusive, como benchmarking internacional dos importantes esforços de inovação no setor de energia do País.

Certamente existem refinamentos metodológicos e analíticos a serem alcançados em etapas futuras, ampliando a coleta e a análise de dados e informações sobre os projetos de P&D, aprimorando os indicadores de inovação e aperfeiçoando os mecanismos de incentivo para investimentos em tecnologias energéticas no Brasil. No entanto, o projeto já oferece um panorama inédito da inovação no País de acordo com métricas internacionais, proporcionando dados e informações para que tomadores de decisão possam melhorar a coordenação de políticas e programas estratégicos de fomento e financiamento à inovação tecnológica em energia no Brasil.

**Márcio Miranda**

Presidente do CGEE

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

## Apresentação CEPAL

A Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL) das Nações Unidas recentemente completou sete décadas de existência, durante as quais vem estudando e propondo políticas para o desenvolvimento da região. No Brasil, a CEPAL está formalmente representada desde 1960 e tem se engajado em atividades de debate, pesquisa e cooperação técnica para formulação, acompanhamento e avaliação de programas e ações para o desenvolvimento econômico, social e ambiental. Nesse sentido, o Escritório da CEPAL no Brasil atua em cooperação com vários órgãos do governo federal na realização de análises, assistência técnica, capacitação, organização de eventos e diálogos estratégicos para troca de experiências e aprendizado entre seus pares latino-americanos e caribenhos, além de apoiar estados e municípios, associações profissionais, universidades e sociedade civil.

Nos últimos anos, temos nos empenhado em estruturar uma proposta renovada, articulada em torno de um grande impulso (*big push*) para a sustentabilidade, para apoiar os países da região na construção de estilos de desenvolvimento mais sustentáveis. O *Big Push* para a Sustentabilidade é uma abordagem baseada na coordenação de políticas para mobilizar e acelerar investimentos sustentáveis, que produzam um ciclo virtuoso de crescimento econômico, geração de emprego e renda e redução de desigualdades e brechas estruturais, ao mesmo tempo que mantém e regenera a base de recursos naturais da qual o desenvolvimento depende.

Vimos trabalhando nessa abordagem em um momento oportuno, no qual a preocupação com a recuperação da atividade econômica em bases sustentáveis se instalou no Brasil e no mundo. Como diz o Secretário-Geral das Nações Unidas, António Guterres, com as ações corretas, a pandemia de COVID-19 pode marcar o renascimento da sociedade como a conhecemos hoje, para uma sociedade na qual protegemos as gerações presentes e futuras, com base na Agenda 2030 e seus 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Como uma abordagem prática para traduzir essa visão em ações na região, o *Big Push* para a Sustentabilidade não deixará ninguém para trás e deve servir para construir sociedades mais igualitárias e inclusivas, mais resilientes diante de ameaças de pandemias, mudanças climáticas e muitos outros desafios que enfrentamos.

Os investimentos rumo à construção de sistemas energéticos sustentáveis representam uma das grandes oportunidades para um *Big Push* para a Sustentabilidade na região da América Latina e do Caribe. A CEPAL desenvolveu uma definição de transição energética em nível regional, segundo a qual a transição energética pode ser entendida como o processo de mudança de políticas, instituições, regulações e

investimentos que promovam a geração e usos mais sustentáveis da energia, visando à descarbonização da economia, priorizando: maior geração de eletricidade a partir de fontes renováveis, com ênfase em energias renováveis variáveis; maior eficiência energética dos sistemas de energia, inclusive transporte; gestão mais sustentável de combustíveis fósseis e biocombustíveis; e maior complementaridade energética, levando a uma menor vulnerabilidade energética regional.

Nós temos tido o prazer de contar com a participação do Brasil em fóruns regionais de cooperação na área de energia, inclusive o Fórum Regional de Planejadores de Energia, o Observatório Regional de Energia Sustentável (“ROSE”, por sua sigla em inglês), que visa projetar, implementar e monitorar estratégias, planos e políticas de energia sustentável com base em evidências objetivas, e diálogos políticos regionais sobre eficiência energética, liderados pela CEPAL em colaboração com outras entidades com as quais temos trabalhado no âmbito regional, como a Organização Latino-Americana de Energia (OLADE), o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e a Agência Internacional para as Energias Renováveis (IRENA) das Nações Unidas.

O projeto Grande Impulso Energia (ou *Energy Big Push*), que tem como objetivo acelerar os investimentos nas capacidades tecnológicas e inovativas para uma transição energética em bases sustentáveis no Brasil, aproximou ainda mais a CEPAL e o Brasil. O projeto surgiu em 2019, fruto da parceria da CEPAL com o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), somando forças aos esforços iniciais empreendidos pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Essa fértil cooperação se deu no âmbito do programa de cooperação técnica da CEPAL com a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), Agência de Cooperação Alemã.

A CEPAL expressa seu agradecimento à EPE e ao CGEE pelo trabalho frutífero e pela confiança colocada nessa cooperação, bem como ao Ministério das Relações Exteriores, Ministério de Minas e Energia e Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, demais órgãos públicos nacionais e à Agência Internacional de Energia, pelo engajamento e aportes técnicos que permitiram gerar subsídios para um Grande Impulso Energético no Brasil. A Comissão segue à disposição e empenhada em continuar aprofundando o trabalho em colaboração e parceria com o Brasil.

Nesse contexto, temos o prazer de apresentar esta publicação, intitulada *Um grande impulso para a sustentabilidade no setor energético do Brasil*, que traz um panorama dos investimentos em inovação em energia no Brasil, uma análise do desempenho de diversas soluções energéticas de baixo carbono e recomendações de mecanismos de incentivo para acelerar a inovação em energias limpas no Brasil.

Sem mais preâmbulos, convidamos cordialmente o leitor a mergulhar nessas páginas com o fim de ampliar sua compreensão sobre o cenário recente da inovação em energia no Brasil, os desafios e oportunidades para as inovações em energias limpas, as lições aprendidas da experiência internacional e os possíveis caminhos para aumentar as competências tecnológicas em energias sustentáveis, em conformidade com os esforços rumo a um *Big Push* para a Sustentabilidade no Brasil nos contextos atuais da sociedade, da economia e do meio ambiente, que claramente exigem um novo estilo de desenvolvimento com igualdade e sustentabilidade.

**Carlos Mussi**

Diretor do Escritório da CEPAL no Brasil  
Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe

# Introdução

## Contexto e motivações

Os compromissos climáticos firmados no marco do Acordo de Paris e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 inspiraram o lançamento de diversas iniciativas globais, regionais e nacionais. Nesse sentido, o projeto Grande Impulso Energia ou *Energy Big Push* (EBP) Brasil nasceu a partir da convergência de motivações e de esforços sinérgicos nas atividades de seus parceiros que permeiam os temas do desenvolvimento sustentável, da transição energética e da cooperação internacional.

Em 2015, foi lançada uma iniciativa global liderada por 24 países e a União Europeia, destinada a acelerar a inovação em energia limpa, a Missão Inovação (Mission Innovation – MI). Os representantes do governo brasileiro na MI —o Ministério das Relações Exteriores (MRE) e o Ministério de Minas e Energia (MME)— acionaram a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) com o intuito de realizar um levantamento dos investimentos em pesquisa, desenvolvimento e demonstração (PD&D) em tecnologias de energia para apoiar o monitoramento da inovação do setor no país.

A EPE realizou um esforço inicial e organizou uma primeira base de dados de investimentos públicos e publicamente orientados em PD&D, entre 2018 e 2019, utilizando a classificação da Agência Internacional de Energia (IEA, da sigla em inglês). A partir dessa iniciativa, foi identificada a necessidade de incorporar outras fontes de dados e ampliar a série temporal, aprimorando o entendimento dos principais esforços em inovação em energia no país por meio de um único conjunto de dados estruturado e harmonizado. Nesse contexto, o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), foi convidado como parceiro estratégico a planejar e executar um projeto que, de forma colaborativa, fosse capaz de construir capacidade técnica e institucional para suprir a necessidade de ampliar o acesso a dados estratégicos para a tomada de decisão no setor de energia.

A necessidade do governo brasileiro em dispor de subsídios e informação estratégica para acelerar a transição energética sustentável e de baixo carbono, coincide plenamente com a abordagem do *Big Push* para a Sustentabilidade para o setor energético. Essa abordagem vem sendo desenvolvida desde 2016 pela Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL) das Nações Unidas para apoiar os países da região na construção de estilos de desenvolvimento mais sustentáveis. O *Big*

*Push* (ou Grande Impulso) para a Sustentabilidade representa uma coordenação de políticas (públicas e privadas, nacionais e subnacionais, setoriais, fiscais, regulatórias, financeiras, de planejamento etc.) que alavancam investimentos nacionais e estrangeiros para produzir um ciclo virtuoso de crescimento econômico, geração de emprego e renda, redução de desigualdades e lacunas estruturais e promoção da sustentabilidade ambiental.

Investimentos na expansão, integração e diversificação das energias limpas e renováveis representam uma das grandes oportunidades para um *Big Push* para a Sustentabilidade na região da América Latina e do Caribe, devido a seus múltiplos impactos positivos em diversas áreas, que são discutidos em mais detalhes no capítulo I. Assim, no contexto do programa de cooperação técnica da CEPAL com a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) para apoiar países selecionados da região em condições de elaborar suas estratégias de implementação da Agenda 2030, de acordo com um *Big Push* para a Sustentabilidade, a CEPAL somou aos esforços do CGEE e parceiros do governo brasileiro para promover um grande impulso para os investimentos com foco em inovação de tecnologias energéticas de baixo carbono no Brasil.

A IEA, também somou esforços ao EBP, no âmbito do seu Programa para a Transição Energética Limpa (em inglês, Clean Energy Transitions Programme - CETP). Esse programa tem como missão acelerar as transições globais de energia limpa, especialmente nas principais economias emergentes, através de atividades que incluem trabalho analítico colaborativo, cooperação técnica, treinamento e capacitação, e diálogos estratégicos. O programa fornece apoio independente e de ponta aos governos cujas políticas energéticas influenciarão significativamente as perspectivas e a velocidade da transição global para produção e uso de energia mais sustentáveis, sendo o Brasil um dos países prioritários. A ampla experiência em energia da IEA, principalmente, em análise e levantamento de gastos em pesquisa e desenvolvimento em energia limpa, converge claramente com o EBP.

Em 2019, a partir das sinérgicas motivações dos parceiros, o projeto EBP foi executado, contando com colaboração multi-institucional em nível internacional, regional e nacional, formando um ambiente único de troca de experiências para a construção colaborativa de conhecimentos para um Grande Impulso Energético no Brasil.

## O Projeto Energy *Big Push*

O projeto Grande Impulso Energia ou *Energy Big Push* (EBP), fruto da parceria CGEE-CEPAL, tem como objetivo principal apoiar a promoção de mais e melhores investimentos públicos e privados em energias sustentáveis, com ênfase em inovação, contribuindo para um grande impulso energético no Brasil.

O projeto está articulado em torno de quatro eixos de atuação. Cada eixo corresponde a um objetivo específico, conforme indicado a seguir:

- Eixo 1 – Desenvolvimento de um processo para coleta, estruturação e gerenciamento de dados de investimentos públicos e privados em pesquisa, desenvolvimento e demonstração (PD&D) em energia;
- Eixo 2 – Levantamento de indicadores de desempenho técnico, econômico, social e ambiental associados a soluções energéticas de baixo carbono;
- Eixo 3 – Identificação de linhas estratégicas e instrumentos prioritários para acelerar investimentos em inovação em energia;
- Eixo 4 – Estratégia de comunicação inovadora e eficaz dos resultados do projeto, voltada para tomadores de decisão.

Para cada um desses eixos foram formados grupos de trabalho, que se reuniram regularmente e ofereceram aportes técnicos e de dados ao projeto EBP. Além de CGEE, EPE, CEPAL e IEA, os grupos de trabalho contaram com participações de especialistas de MRE, MME, Ministério de Ciência, Tecnologia,

Inovações e Comunicações (MCTIC), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPPI) e Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) —ver participantes em cada grupo no anexo. Portanto, mais de uma dúzia de instituições, nacionais, regionais e globais, foram articuladas e contribuem ativamente para o EBP, aproximando o mundo da energia e o mundo da inovação. A colaboração de cada parceiro ocorre de forma voluntária, valorizando as diferentes experiências de cada participante, fortalecendo a inteligência coletiva do grupo e agregando mais valor aos resultados obtidos no projeto.

A partir dos insumos e interações dos grupos de trabalho, foram gerados relatórios técnicos preliminares dos eixos 1, 2 e 3, apresentando estimativas e considerações preliminares para cada um desses eixos. Os relatórios preliminares foram apresentados e discutidos no *Workshop Energy Big Push*, realizado no CGEE em outubro de 2019. O workshop teve o objetivo de propiciar intercâmbio de experiências, aprendizado entre pares e revisão e aprimoramento dos resultados preliminares do projeto. O evento contou com a participação de 47 pessoas, incluindo especialistas e representantes das instituições parceiras do projeto (ver lista de participantes no anexo, tabela A1). As ricas discussões desse workshop geraram insumos fundamentais para os relatórios finais dos eixos 1, 2 e 3 e para as atividades de comunicação e engajamento do eixo 4.

Os relatórios produzidos no marco do EBP são, portanto, fruto de um esforço coletivo e das contribuições de diversas instituições parceiras e especialistas com efetiva atuação no tema. O presente relatório apresenta uma síntese e integra os resultados de cada eixo à luz da abordagem do *Big Push* para a Sustentabilidade.

Espera-se que o EBP se consolide como um processo de co-criação de diversos estudos e análises para subsidiar a tomada de decisões; de construção de capacidades e aprendizados adquiridos por parte das equipes dos diversos órgãos sobre questões relacionadas a energias sustentáveis, inovação e investimentos; e, finalmente, de desenvolvimento de recomendações sobre os temas tratados, que poderão servir de insumos para políticas públicas para acelerar os investimentos em energias limpas no Brasil, com foco em inovação.



## I. O *Big Push* para a Sustentabilidade

Os dias de hoje são marcados por uma conjuntura de busca pela recuperação do dinamismo da atividade econômica e da qualidade de vida das pessoas no Brasil e no mundo. Os caminhos para essa recuperação têm sido crescentemente objeto de debate, uma vez que, aos aspectos conjunturais, somam-se os desafios estruturais que podem tornar as economias mais suscetíveis a crises e menos resilientes aos seus impactos. Esses aspectos estruturais, que incluem os limites planetários, a emergência climática e a ineficiência da desigualdade, determinam a sustentabilidade de longo prazo do desenvolvimento. O mundo no qual nos encontramos requer um novo estilo de desenvolvimento, em cujo centro estejam a igualdade e a sustentabilidade. É essa a visão que a Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL) das Nações Unidas desenvolveu para orientar sua nova abordagem para apoiar os países da região na construção de estilos de desenvolvimento mais sustentáveis, chamada *Big Push* para a Sustentabilidade. A Agenda 2030 e seus 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015) orientam e promovem essa visão da CEPAL.

A abordagem do *Big Push* para a Sustentabilidade representa uma coordenação de políticas (públicas e privadas, nacionais e subnacionais, setoriais, fiscais, regulatórias, financeiras, de planejamento etc.) que alavanquem investimentos nacionais e estrangeiros para produzir um círculo virtuoso de crescimento econômico, geração de emprego e renda, redução de desigualdades e brechas estruturais e promoção da sustentabilidade ambiental (CEPAL/FES 2019). Nessa abordagem, os volumosos investimentos necessários para a transição para um modelo econômico saudável, resiliente, de baixo carbono, inclusivo e sustentável são colocados como uma oportunidade de gerar um grande impulso (*big push*) para um novo ciclo de crescimento econômico e de promoção da igualdade, contribuindo para a construção de um desenvolvimento mais sustentável no seu tripé econômico, social e ambiental. O *Big Push* para a Sustentabilidade pode ser o eixo norteador para uma recuperação econômica, redução de vulnerabilidades e desenvolvimento de resiliência com sustentabilidade.

### A. É urgente mudar o estilo de desenvolvimento

O ponto de partida do *Big Push* para a Sustentabilidade é a urgência da mudança de estilos de desenvolvimento. Não tem sido possível eliminar brechas estruturais de desenvolvimento nas economias latino-americanas, tais como a redução de assimetrias competitivas e tecnológicas, convergência com patamares superiores de níveis de renda ou redução definitiva da desigualdade social.

A região vem apresentando taxas insuficientes de crescimento econômico para recuperação dos empregos e erradicação da pobreza, situação que é agravada pela crise provocada pela recente pandemia de COVID-19, o que tem contribuído para que a região permaneça uma das mais desiguais do mundo. A desigualdade é uma fonte de expressivas ineficiências na economia, pois ela deteriora o ambiente institucional, de políticas e de esforços, fragilizando a inovação e a construção de capacidades necessárias para o desenvolvimento (CEPAL, 2018). Por exemplo, a desigualdade limita a difusão na sociedade de educação e de capacidades gerando entraves à inovação, cria barreiras à criatividade e ao esforço devido a discriminações de diversas naturezas e inibe a superação da cultura do privilégio, que trava a ascensão de novos agentes, setores e ideias (ibid.). Além disso, as desigualdades persistentes inibem a criação de um mercado interno de maior escala, impedindo o desenvolvimento de cadeias econômicas inteiras que requerem uma escala mínima para viabilizar sua operação e, com isso, impedem também a geração de empregos que remuneram melhor, de maior produtividade e de melhores condições de trabalho. Soma-se, a esse cenário, a crise da sustentabilidade, que pode ser entendida como padrões de produção e consumo incompatíveis com as capacidades da biosfera de continuar oferecendo condições biofísicas mínimas para sustentar o bem-estar humano das presentes e futuras gerações (CEPAL/FES, 2019). A crise da sustentabilidade reforça e aprofunda as brechas estruturais que caracterizam o desenvolvimento socioeconômico dos países da região.

No Brasil, projeta-se que as mudanças climáticas poderão impactar significativamente a economia do país, sendo o setor agrícola o mais vulnerável. Culturas relevantes para o setor de subsistência, tais como mandioca, milho e feijão (PBMC, 2013; IPCC, 2018) serão afetadas, agravando a pobreza e a insegurança alimentar, particularmente no Nordeste e no Norte do país. Ou seja, o aquecimento global poderá aumentar as já significativas vulnerabilidades sociais e disparidades regionais. Também, serão impactadas culturas-chave para as exportações do país, tais como soja, café e algodão (ibid.), o que sujeitará o setor exportador a vulnerabilidades crescentes. O aquecimento global tende a aprofundar, assim, brechas estruturais de desenvolvimento, notadamente a desigualdade e vulnerabilidade externa. A emergência climática ilustra como os aspectos estruturais podem fragilizar o desempenho econômico e comprometer o desenvolvimento social.

Não agir para enfrentar a crise da sustentabilidade hoje implica enfrentar amanhã problemas estruturais muito mais agudos, incluindo pobreza, migração, insegurança alimentar, perda de produtividade e de competitividade e vulnerabilidade externa. Nas palavras do grande economista latino-americano Raúl Prebisch, ao refletir sobre a crise da sustentabilidade ainda na década de 1980: *“Não estamos diante de novos problemas, mas de problemas velhos que têm se tornado mais graves”* (Prebisch, 1980). O agravamento das brechas estruturais torna as economias muito mais expostas e vulneráveis e menos resilientes a choques e crises futuras, incluindo os iminentes impactos no contexto da emergência climática.

A crescente deterioração dos recursos naturais e o aquecimento global ressaltam que não será possível repetir as políticas que as economias desenvolvidas usaram no passado e que exacerbariam a crise da sustentabilidade. Ademais, acrescentam-se a esse cenário as mudanças tectônicas de alcance mundial, que também exigem respostas e mudanças nos estilos de desenvolvimento. A nova revolução tecnológica (biotecnologia e nanotecnologia, a economia digital etc.), a transição demográfica e a nova geopolítica, esta última que emergiu com a ascensão da China, tendem a transformar radicalmente a vida em sociedade (CEPAL, 2016 e 2018). Ademais, acrescentam-se a essas mudanças tectônicas os impactos causados pela recente pandemia COVID-19, cuja extensão ainda é desconhecida e que é uma situação sem precedentes na história recente. Essas mudanças reforçam a necessidade de ação.

Para combater as insustentabilidades dos atuais estilos de desenvolvimento e enfrentar as mudanças tectônicas em curso, faz-se necessária uma nova geração de políticas para o desenvolvimento sustentável. Se por um lado, a crise da sustentabilidade impõe novos contornos, dados pelos limites da biosfera, nos quais o desenvolvimento poderá ocorrer, por outro lado, traz novos motores do crescimento econômico com maior igualdade, incluindo os investimentos resilientes e de baixo carbono (Gramkow, 2019; CEPAL/FES, 2019). Por exemplo, os substanciais investimentos necessários para tornar a economia brasileira

mais resiliente e baixa em emissões de carbono, cujas estimativas variam entre R\$ 890 bilhões (BID, 2017) e US\$ 1,3 trilhões (IFC, 2016) até 2030, podem dar impulso a um novo ciclo de crescimento econômico com maior igualdade no país. A transição para uma matriz produtiva e de consumo sustentável, saudável, resiliente e de baixa emissão de carbono pode ser uma alavanca para mudar estruturalmente o estilo de desenvolvimento. O *Big Push* para a Sustentabilidade, ao fundir temas estruturais do desenvolvimento latino-americano com o da sustentabilidade, marca a crescente importância da inseparabilidade desses temas (Gramkow, 2019).

## **B. O *Big Push* para a Sustentabilidade como ferramenta para construção de estilos de desenvolvimento sustentáveis**

O *Big Push* (ou Grande Impulso) para a Sustentabilidade é uma ideia-força antes de ser um conceito de maior densidade teórica. Seus principais delineamentos conceituais foram desenvolvidos pela CEPAL em trabalhos recentes (CEPAL, 2016 e 2018). Pode-se dizer que o *Big Push* para a Sustentabilidade é uma abordagem analítica baseada em evidências para orientar e subsidiar a construção de estilos de desenvolvimento mais sustentáveis. O elemento chave dessa abordagem são os investimentos, uma vez que eles são o principal elo entre o curto e o longo prazo.

Os investimentos de hoje explicam a estrutura produtiva de amanhã, que por sua vez determina a competitividade, a produtividade e o tipo de inserção no comércio internacional. Além disso, ela também determina a capacidade de geração de empregos de qualidade com inclusão produtiva e se a atividade econômica será contaminante ou ecológica. Atualmente, é mais verdadeiro do que nunca afirmar que as economias que investem pouco tendem a se posicionar na periferia do sistema econômico global. Os investimentos são fundamentais para que as mudanças profundas e estruturais que já estão em curso, desde a revolução tecnológica (transformação digital da economia, bioeconomia, nanotecnologia, etc.) até a transição demográfica, tornem-se oportunidade para o desenvolvimento sustentável — e não novos desafios para a sobrevivência das economias e os sistemas sociopolíticos da região. Em suma, o estilo de desenvolvimento que prevalecerá no futuro depende crucialmente do tipo de investimento que é realizado hoje.

O *Big Push* para a Sustentabilidade é inspirado na ideia de P. Rosenstein-Rodan de que é necessário um conjunto substancial de investimentos complementares —que dê um grande impulso (*big push*)— para permitir um salto definitivo de desenvolvimento. A CEPAL reformula e atualiza essa ideia no marco das especificidades do desenvolvimento latino-americano e da sustentabilidade em seus três pilares (econômico, social e ambiental).

"Há um nível mínimo de recursos que devem ser dedicados a um programa de desenvolvimento para ter alguma chance de sucesso. Lançar um país em crescimento autossustentado é um pouco como tirar um avião do chão. Há uma velocidade crítica que deve ser ultrapassada antes que a aeronave possa ser transportada pelo ar. ... Prosseguindo 'bit by bit' não irá adicionar em seus efeitos a soma total dos bits individuais. Um quantum mínimo de investimento é uma condição necessária, embora não suficiente, de sucesso. Isso, em poucas palavras, é argumentação da teoria do *big push*."

Rosenstein-Rodan (1957)

Essa analogia do processo de mudança de estilo de desenvolvimento à decolagem de um avião remete a dois pontos centrais: escala mínima e coordenação de investimentos. Da mesma forma como um avião só sai do chão se atingir uma velocidade mínima, o estilo de desenvolvimento somente poderá ser alterado se um conjunto expressivo de investimentos for mobilizado. Além de uma escala mínima, a analogia com os bits (partes), que só são viáveis individualmente se forem articulados de modo simultâneo, enfatiza que cada investimento deve ser coordenado com investimentos paralelos em outros setores para que cada um deles seja rentável e viável. Por exemplo, os investimentos em fontes renováveis de

energia elétrica, tais como geração fotovoltaica distribuída, somente serão rentáveis se forem realizados, simultaneamente, investimentos em redes elétricas inteligentes e vice-versa. Esse ponto ilustra a importância não apenas da mobilização expressiva de investimentos, mas também de sua combinação, para que se possa efetivamente viabilizar um estilo de desenvolvimento mais sustentável.

A complementaridade se aplica também a investimentos em construção de capacidades e competências científicas, tecnológicas e inovativas, que permitam não apenas gerar as soluções técnicas para a sustentabilidade, mas também criar fontes mais sustentáveis de competitividade, baseadas na inovação e na agregação de valor (Fajnzylber, 1988; CEPAL, 2016). Buscar a sustentabilidade ambiental exige que se avance nos mesmos elementos necessários para perseguir a sustentabilidade socioeconômica: diversificação produtiva e aumento do peso dos setores de maior intensidade tecnológica na economia. Para isso, é fundamental investir em um sistema nacional de inovação forte e adaptado às novas necessidades da transição para um novo estilo de desenvolvimento. A inovação verde (ou "ecoinovação") é um vetor do desenvolvimento sustentável, pois ela atua sobre duas externalidades: a externalidade negativa ambiental, ao reduzir a pegada sobre o meio ambiente, e a externalidade positiva da inovação, que gera *feedbacks*, *spillovers* e interações positivas no tecido econômico. As inovações verdes podem estar baseadas tanto em tecnologias modernas, flexíveis e inteligentes, tais como energias renováveis (eólica, solar etc.), combustíveis avançados (e.g. etanol de segunda geração), bioeconomia ou tecnologias da economia circular (eficiência no uso de insumos, reciclagem etc.), quanto em tecnologias tradicionais e sociais, como por exemplo, práticas sustentáveis desenvolvidas por cooperativas, associações e povos e comunidades tradicionais, rurais e locais.

Na abordagem do *Big Push* para a Sustentabilidade, os investimentos complementares e em escala devem ser orientados para o estilo de desenvolvimento que se busca construir. Em primeiro lugar, é preciso entender os pilares do novo estilo de desenvolvimento almejado. Não há um único estilo de desenvolvimento sustentável, mas sim uma ampla gama de opções possíveis. Para isso, é necessário entender e capturar o que cada sociedade vislumbra e deseja em termos de seu desenvolvimento futuro. Pode haver sociedades que almejam uma economia industrial exportadora de manufaturas de alta tecnologia, enquanto outras podem preferir perseguir uma economia mais baseada em serviços, por exemplo.

Em muitos países, existem processos estabelecidos que jogam luz sobre esses pilares, incluindo as estratégias de planejamento, os planos setoriais, as prioridades para o gasto público e as diretrizes estabelecidas para as políticas públicas. As aspirações nacionais são, de longe, o pilar mais importante do novo estilo de desenvolvimento que se quer construir. Outros elementos, contudo, também podem auxiliar a informar esse processo. Por exemplo, as vocações dos países também são um pilar importante a se levar em consideração, incluindo o tipo e a disponibilidade de recursos naturais, a abundância e a qualificação do capital humano e as competências tecnológicas e produtivas existentes. Além disso, tomam-se em conta também, os mecanismos de coordenação internacional e de internalização das respostas da comunidade internacional a desafios globais, expressadas na Agenda 2030 e seus 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015), no Acordo de Paris, na Nova Agenda Urbana (Habitat III), entre outros acordos internacionais que resultam de processos de construção de consensos.

Para que sejam compatíveis com a construção de estilos de desenvolvimento sustentáveis, na abordagem do *Big Push* para a Sustentabilidade, os investimentos também, devem ser orientados por outro pilar, que é a tripla eficiência. A primeira é a eficiência schumpeteriana, segundo a qual uma matriz produtiva mais integrada, complexa e intensiva em conhecimento gera externalidades positivas de aprendizagem e inovação que se irradiam para toda a cadeia de valor. Estruturas produtivas que permitem acelerar o fluxo de informações e de conhecimentos tendem a ser economias mais eficientes, mais inovadoras e mais preparadas para se inserir competitivamente em mercados que remuneram melhor os bens e serviços produzidos. Essa é uma eficiência muito associada ao lado da oferta, ou seja, das capacidades produtivas e tecnológicas instaladas (e aquelas a serem desenvolvidas).

A segunda eficiência é a keynesiana, que destaca que há ganhos de eficiência da especialização produtiva em bens cuja demanda cresce relativamente mais, gerando efeitos multiplicadores e impactos

positivos na economia e nos empregos. Economias que conseguem acessar mercados em expansão podem aumentar sua produção em uma velocidade maior do que aumentam seus custos (economias de escala) e, quando opera negócios diversos simultaneamente, pode aumentar a eficiência conjunta da produção, com conseqüente redução de custos e aumento da qualidade (economias de escopo). Essa segunda eficiência destaca elementos do lado da demanda que se reforçam, criando um círculo virtuoso de competitividade, inovação e produtividade.

A eficiência keynesiana está muito relacionada à eficiência schumpeteriana, uma vez que os mercados que mais crescem tendem a ser aqueles com maior dinamismo tecnológico e de inovação, ou seja, a elasticidade-renda da demanda é maior para bens tecnologicamente mais complexos. Isto é, à medida que a renda aumenta, a demanda por bens mais simples (por exemplo, mandioca ou banana) cresce menos do que a demanda por bens mais elaborados (e.g. *smartphones* ou *notebooks*). A implicação, em termos internacionais, é que os países que se especializam em bens e serviços menos elaborados (por exemplo, *commodities*) tendem a permanecer na periferia do crescimento econômico global, já que a demanda por seus produtos cresce menos relativamente à demanda dos países que se especializam em produtos tecnologicamente mais avançados. Esse ponto ilustra a importância crítica dos investimentos em inovação.

Somadas, as eficiências schumpeteriana e keynesiana criam as condições para uma inserção competitiva favorável. Contudo, é necessária a terceira eficiência para garantir a sustentabilidade de longo prazo do estilo de desenvolvimento, que é a eficiência da sustentabilidade, a qual se relaciona com a clássica eficiência no tripé econômico, social e ambiental. Essa eficiência destaca que os investimentos devem ser economicamente viáveis, o que requer pensar sobre fontes de financiamento e origem dos recursos. No âmbito social, além de justiça social e promoção da igualdade, na abordagem do *Big Push* para a Sustentabilidade, também é necessário um sistema seguro e justo de arbitragem de conflitos, que não deixe ninguém para trás. O eixo ambiental da eficiência da sustentabilidade reforça que os investimentos sustentáveis devem diminuir a pegada ambiental e os impactos ambientais, ao mesmo tempo em que recupera a capacidade produtiva do capital natural (por exemplo, ao recuperar pastagens degradadas). Juntas, as eficiências schumpeteriana, keynesiana e da sustentabilidade formam a tripla eficiência, que é outro pilar orientador dos investimentos necessários para a construção de estilos de desenvolvimento sustentáveis.

Na abordagem do *Big Push* para a Sustentabilidade, a articulação e a coordenação de políticas em torno dos pilares do novo estilo de desenvolvimento é a chave para se destravarem investimentos nacionais e estrangeiros, não apenas em práticas, tecnologias, cadeias de valor e infraestrutura sustentáveis, mas também em capacidades científicas, tecnológicas e inovativas e educação para equipar a força de trabalho com as habilidades necessárias para o futuro. A coordenação é simultaneamente o desafio crítico e a principal oportunidade do *Big Push* para a Sustentabilidade. Se uma ampla gama de políticas (públicas e corporativas, nacionais e subnacionais, setoriais, tributárias, regulatórias, fiscais, financeiras, de planejamento, etc.) estiver alinhada e coesa com os pilares de um novo estilo de desenvolvimento, um ambiente favorável para mobilizar os investimentos necessários será estabelecido, ancorado em incertezas reduzidas, sinais de preços corrigidos e um mix de políticas adequado. O conseqüente aumento dos investimentos sustentáveis leva, então, a um ciclo virtuoso de crescimento econômico, criação de empregos, desenvolvimento de cadeias produtivas, redução da pegada ambiental e impactos ambientais, ao mesmo tempo em que recupera a capacidade produtiva do capital natural (ver diagrama I.1).

Assim, o *Big Push* para a Sustentabilidade pode ser definido como a articulação e a coordenação de políticas para mobilizar um conjunto de investimentos complementares e em escala que impulsionem um ciclo virtuoso de crescimento econômico, geração de empregos, desenvolvimento de cadeias produtivas, diminuição da pegada ambiental e dos impactos ambientais, ao mesmo tempo em que recupera a capacidade produtiva do capital natural, tudo isso junto e ao mesmo tempo. Esse é o sentido que a CEPAL propõe para um novo estilo de desenvolvimento na região, tendo a sustentabilidade e a igualdade em seu centro.

Diagrama I.1  
A abordagem do *Big Push* para a Sustentabilidade



Fonte: Elaboração própria com base em Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL)/Fundação Friedrich Ebert Stiftung (FES), "Big Push Ambiental: Investimentos coordenados para um estilo de desenvolvimento sustentável", *Perspectivas*, Nº 20, (LC/BRS/TS.2019/1 e LC/TS.2019/14), São Paulo, 2019.

A CEPAL iniciou uma discussão sobre as oportunidades e os desafios para um *Big Push* para a Sustentabilidade no Brasil, fruto de um seminário realizado em parceria com o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) em 2018 (CEPAL/FES, 2019). Dentre as oportunidades, destaca-se o grande potencial para os investimentos de baixo carbono no país, na ordem de US\$ 1,3 trilhões até 2030 em setores tais como energias renováveis, infraestrutura urbana (mobilidade, edificações, resíduos etc.) e indústria (IFC, 2016). Foram ressaltados também, os ganhos competitivos das firmas no Brasil que já investem em tecnologias sustentáveis (em termos de redução de custos, aumento de qualidade, aumento de *market share*, acesso a novos mercados etc.), a maior facilidade de acesso a financiamento para empresas que possuem uma governança ambiental e social e a existência de uma ampla base de capacidades produtivas e tecnológicas voltadas à sustentabilidade. Outro ponto identificado foi o oportuno momento atual, no qual se está discutindo caminhos para a recuperação da economia brasileira. Esse contexto pode ser uma oportunidade para o país direcionar esforços para acelerar os investimentos sustentáveis.

A questão da coordenação é fundamental nessa discussão, já que foi identificado um grande potencial de destravar investimentos sustentáveis no país por meio de um esforço robusto e detalhado de coordenação de políticas, que remova sinais contraditórios e barreiras. Contudo, há também desafios para o Brasil, que incluem custos relativos ao carbon *lock-in* (relacionados à transição de paradigma tecnológico, especialmente nos setores mais poluentes), reduzido espaço fiscal para formulação de novas políticas —particularmente no contexto da Emenda Constitucional 95/2016— e o contexto federativo do país, que impõe necessidade de ampla coordenação entre os entes federativos. A partir dessa discussão mais geral, a CEPAL estabeleceu cooperações técnicas em temas específicos para buscar aterrissar a abordagem do *Big Push* para a Sustentabilidade em aplicações concretas, entre as quais se destaca o *Energy Big Push* (Grande Impulso Energia) Brasil.

## C. Um *Big Push* para as energias sustentáveis no Brasil

Segundo a perspectiva do *Big Push* para a Sustentabilidade, a discussão sobre caminhos para a sustentabilidade ambiental e para a igualdade é uma discussão sobre desenvolvimento, uma vez que a abordagem do *Big Push* para a Sustentabilidade consiste em identificar as sinergias entre investimentos sustentáveis e desenvolvimento econômico com igualdade. Embora as análises sobre *trade-offs* sejam importantes, há complementaridades significativas e importantes que podem ser alavancas para a mudança de estilos de desenvolvimento. Sob essa perspectiva, o *Big Push* para a Sustentabilidade pode ser visto como a abordagem que explora à exaustão sinergias que levem a uma maior eficiência sistêmica do estilo de desenvolvimento, desde a maior produtividade do trabalho e racionalidade no uso dos recursos naturais e na emissão de poluentes, até a maior eficiência no uso de recursos fiscais, de forma a reduzir brechas estruturais do desenvolvimento por meio de políticas públicas efetivas. Nessa linha, a CEPAL tem buscado identificar setores-chave para realização dos investimentos, ou seja, mapear aqueles setores, tecnologias e cadeias de valor que possam contribuir sobremaneira, em termos dos co-benefícios gerados, para um *Big Push* para a Sustentabilidade.

As energias limpas representam uma das grandes oportunidades para um *Big Push* para a Sustentabilidade na região da América Latina e do Caribe, devido a seus múltiplos impactos positivos em diversas áreas. O aumento da provisão de energia para atender às necessidades energéticas futuras da região a partir de fontes renováveis diversificadas é um caminho claro para a construção de estilos de desenvolvimento mais sustentáveis econômica, social e ambientalmente. Do ponto de vista econômico, os investimentos nessa área induzem crescimento econômico e geração de empregos, por meio do efeito multiplicador dos investimentos na cadeia de valor. O Brasil, ao já apresentar capacidades produtivas e tecnológicas instaladas para as energias renováveis (hidreletricidade, biocombustíveis, indústria eólica, setor de baterias etc.), é um caso típico desse tipo de benefício econômico, pois esses ganhos ao longo da cadeia podem ser retidos no próprio país (ao invés de se direcionarem para fora, como é o caso de muitos países que não possuem capacidades industriais internas). Sobretudo nas cadeias do etanol e da indústria eólica, o país não apenas detém competências acumuladas no setor produtivo e no setor de ciência, tecnologia e inovação (CT&I), mas também acumulou conhecimento e aprendizado sobre a coordenação e a articulação de políticas necessárias para construir capacidades internas em energias renováveis<sup>1</sup>.

Além disso, os investimentos em energias renováveis e eficiência energética reduzem a dependência de combustíveis fósseis, que são importados em boa parte dos países da região. O Brasil, apesar de ser produtor e exportador de petróleo, é um importador líquido de combustíveis fósseis tais como carvão metalúrgico/vapor, coque, derivados do petróleo (notadamente óleo diesel e gasolina) e gás natural (EPE, 2019). As fontes fósseis costumam ser *commodities* internacionais sujeitas à grande volatilidade de preços (incluindo picos e vales de preços externos) e interrupções de fornecimento devido a, entre outros, instabilidade política dos principais países produtores (IEA, 2014). Dessa forma, investir em fontes renováveis de energia contribui, ao reduzir a dependência externa de fontes energéticas fósseis, para a segurança e a soberania energética nacional e para a redução da vulnerabilidade externa<sup>2</sup>.

O setor de energia é chave para o desenvolvimento. A cobertura, o custo, a confiabilidade e a segurança com os quais as pessoas e as organizações (de empresas a governos) podem contar para o acesso

<sup>1</sup> Ver Rennkamp, Westin e Grottera (2020), por exemplo, para o estudo do caso da rápida expansão da energia eólica e o desenvolvimento de sua cadeia produtiva no Brasil, que ilustra como a coordenação de políticas de oferta (e.g. financiamento combinado com políticas de conteúdo local) e de demanda (e.g. leilões), entre outras, mobilizou grandes investimentos em geração eólica (mais de US\$ 8,2 milhões em 2014), capacitação da mão de obra, expansão da indústria nacional e das competências tecnológicas e produtivas nacionais (hoje 131 fabricantes brasileiros produzem 77 itens na cadeia de energia eólica).

<sup>2</sup> Ver Gramkow, Brandão e Kreimerman (2019) para um estudo de caso de um país da região que alcançou impactos dessa natureza. O Uruguai implementou diversas medidas articuladas pela Política Energética 2005-2030, que resultaram, em menos de uma década, na transformação estrutural de sua matriz energética (e.g. alcançou-se a duplicação da participação das fontes renováveis de energia do país, que atingiram a marca de 60% em 2017), com redução de emissões (em 2017, o Uruguai chegou ao menor número absoluto de emissões de dióxido de carbono desde 2007), atração de investimentos significativos no país (US\$ 1,4 bilhões em 2015), universalização do acesso à eletricidade e redução da energia importada (reduzindo a proporção da oferta de energia primária que é importada de 52,5% em 2007 para 15,1% em 2017).

à energia são aspectos centrais da soberania e da competitividade sistêmica de um país. Há muito tempo a CEPAL vem apontando que no mercado internacional competem não apenas empresas, mas na realidade são confrontados sistemas produtivos, estruturas educacionais, científicas e tecnológicas, infraestruturas de energia, de transporte e das telecomunicações, entre outros (Fajnzylber, 1988). É nesse sentido que a competitividade ocorre como resultado de um processo sistêmico, no qual o acesso de pessoas e de organizações à energia exerce papel central, especialmente em países de dimensões continentais, como é o caso do Brasil. A infraestrutura de energia determina o grau de integração energética do território e as condições de cada localidade de acessar os vastos co-benefícios que a energia traz consigo, incluindo as oportunidades de desenvolvimento produtivo que somente se tornam possíveis a partir de ampla e segura disponibilidade energética, sobretudo os setores industriais. Investir em energias renováveis contribui para uma maior eficiência, resiliência e integração do sistema energético, que confere menores custos sistêmicos à economia do país, brindando maior produtividade e competitividade a diversos setores.

Do ponto de vista social, investir em energias renováveis é um caminho para a universalização do acesso à eletricidade, já que fontes modernas de energias renováveis (tais como painéis fotovoltaicos e energia eólica) são modulares, ou seja, sua escala de geração pode ser ajustada conforme a demanda, e não necessariamente precisam estar conectadas à rede de transmissão, o que lhes proporciona uma capilaridade muito grande para levar o acesso a regiões remotas, especialmente aquelas isoladas do Sistema Interligado Nacional. O acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todas e todos não por acaso é um Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015) explícito. Esse acesso é também a condição para melhoria da segurança (ao permitir, por exemplo, iluminação noturna), para ampliar o acesso a serviços de saúde (e.g. operar equipamentos ou realizar exames que exigem instalação elétrica) e de educação (por exemplo, ao permitir o estudo noturno), para reforçar a segurança alimentar (ao permitir a refrigeração de alimentos, por exemplo) e para acesso a bens e serviços que permitam uma inserção socioeconômica ampliada, diversificação produtiva e agregação de valor. Posto de outro modo, os investimentos em energias renováveis podem contribuir substancialmente para um estilo de desenvolvimento mais igualitário, de forma que o acesso à energia possa se traduzir em acesso a oportunidades e na fruição das eficiências econômicas da maior igualdade.

No âmbito ambiental, investimentos em energias limpas contribuem para reduzir a degradação ambiental, a poluição e a deterioração do capital natural, ao reduzir emissões de gases do efeito estufa e de contaminantes atmosféricos locais, contribuindo para a melhoria da qualidade do ar urbano e da saúde das pessoas. No quesito saúde, salientam-se os investimentos em energias de baixo carbono no setor de transportes, que é o maior consumidor de energia no Brasil (EPE, 2019), os quais podem contribuir para reduzir a incidência de doenças respiratórias e cardiovasculares, câncer e disfunções reprodutivas associadas a poluentes nas cidades (OMS, 2011), aumentando a eficiência do gasto público em saúde no longo prazo.

O cardápio de opções para as energias sustentáveis é extenso e tem se ampliado com o rápido desenvolvimento tecnológico, incluindo as fontes renováveis não-convencionais (fotovoltaica, eólica, do mar, hidrogênio etc.), os combustíveis avançados (e.g. etanol de segunda geração, bioquerosene de aviação, eletrocombustíveis renováveis), redes inteligentes (*smart grids*), eficiência energética etc. Não existe uma única combinação ideal dessas opções, já que cada situação é única e particular. No contexto do *Big Push* para a Sustentabilidade, destaca-se que os investimentos devem ser complementares e coordenados rumo à construção de uma matriz de energia mais sustentável, resiliente e baixa em carbono e, simultaneamente, mais inclusiva e promotora da competitividade sistêmica da economia. Esses exemplos de energias limpas ilustram a relevância crescente da eletrificação, da conectividade e da digitalização no setor de energia, o que indica que o setor deve passar por grandes transformações nos próximos anos.

Nesse contexto, investir em inovação para as energias renováveis vai muito além de não ficar para trás dessa nova onda tecnológica. Conforme se reforçou ao longo deste capítulo, os investimentos em CT&I são um componente essencial do *Big Push* para a Sustentabilidade, pois, dentre outros fatores, são esses investimentos que garantirão soluções técnicas apropriadas à realidade do país e, principalmente,

são os investimentos nessa área que permitirão reter os benefícios socioeconômicos (além dos benefícios ambientais) no país. Muitos dos cobenefícios socioeconômicos dos investimentos em energias de baixo carbono somente serão viabilizados se o país acelerar, simultaneamente, seus investimentos em pesquisa, desenvolvimento e demonstração para reforçar, atualizar e ampliar suas capacidades tecnológicas e inovativas internas. Finalmente, os investimentos em CT&I para as energias sustentáveis podem contribuir significativamente para acelerar e baratear os custos da construção de uma matriz energética sustentável no Brasil.

O Brasil e o mundo encontram-se em uma encruzilhada. Está claro que os estilos de desenvolvimento dominantes não têm sido capazes de atingir as aspirações das pessoas por empregos, melhores condições de vida, saúde, educação, meio ambiente saudável, dentre outras. Vivemos um momento único, no qual há uma janela de oportunidade muito estreita para, efetivamente, limitar o aquecimento global médio em até 2°C, a fim de conter os piores efeitos da mudança do clima e recuperar o capital natural para evitar a ultrapassagem de limites planetários.

Por um lado, a escolha pela inação acarretará o agravamento das brechas estruturais do atual estilo de desenvolvimento, incluindo pobreza, desigualdades territoriais e sociais, baixa diversificação produtiva, heterogeneidade estrutural, vulnerabilidade externa etc. Por outro lado, a escolha pelo enfrentamento dessa crise traz oportunidades para realizar mudança estrutural progressiva, articulada e orientada por um *Big Push* para a Sustentabilidade transformador da estrutura produtiva e de consumo. Ao ampliar as capacidades tecnológicas, o *Big Push* para a Sustentabilidade contribuirá para soluções resilientes, de baixo carbono e saudáveis e para uma inserção externa mais diversificada e competitiva, construindo as bases para mais e melhores políticas sociais. O *Big Push* para a Sustentabilidade pode ser um eixo ordenador da urgente recuperação econômica que se coloca à nossa frente, ao tempo em que apoia a construção de um estilo de desenvolvimento sustentável, que proteja a economia e as pessoas de choques e crises no futuro. Os desafios à frente não são desprezíveis, mas o custo de não agir e os potenciais benefícios aguardados ao final desse processo certamente compensam esse esforço. O *Energy Big Push* (Grande Impulso) Brasil é um passo decisivo nessa direção.

## Bibliografia

- BID (Banco Interamericano de Desenvolvimento) (2017), *Documento-base para subsidiar os Diálogos Estruturados sobre a elaboração de uma Estratégia de Implementação e Financiamento da Contribuição Nacionalmente Determinada do Brasil ao Acordo de Paris*, Brasília.
- CEPAL (Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe) (2018), *La ineficiencia de la desigualdad (LC/SES.37/4)*, Santiago, Chile, Publicação das Nações Unidas, Nº de venda: S.18-00303.
- \_\_\_\_\_(2016), *Horizontes 2030: A igualdade no centro do desenvolvimento sustentável (LC/G.2660/SES.36/3)*, Santiago, Chile, Publicação das Nações Unidas, Nº de venda: S.16-00753.
- CEPAL/FES (Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe) / (Fundação Friedrich Ebert Stiftung) (2019), "Big Push Ambiental: Investimentos coordenados para um estilo de desenvolvimento sustentável", *Perspectivas*, Nº 20, (LC/BRS/TS.2019/1 e LC/TS.2019/14), São Paulo.
- EPE (Empresa de Pesquisa Energética) (2019), *Balanço Energético Nacional 2019*, Relatório síntese – Ano base 2018, maio, Rio de Janeiro.
- Fajnzylber, Fernando (1988), "Competitividad internacional: evolución y lecciones", *Revista CEPAL*, Nº 36.
- Gramkow, Camila (2019), "De obstáculo a motor do desenvolvimento econômico: o papel da agenda climática no desenvolvimento", *Alternativas para o desenvolvimento brasileiro: novos horizontes para a mudança estrutural com igualdade*, Marcos Vinicius Chiliatto Leite (org.) (LC/BRS/TS.2019/3), CEPAL, Santiago.
- Gramkow, Camila, Pedro B. S. Simões e Roberto Kreimerman (2019), "O grande impulso (big push) energético do Uruguai", *Série Estudos e Perspectivas-Escritório da CEPAL em Brasília*, Nº 4 (LC/TS.2019/113-LC/BRS/TS.2019/5), Santiago, CEPAL.
- IEA (International Energy Agency) (2014), *Energy supply security: emergency response of IEA countries 2014*, Paris, OECD/IEA.

- IFC (International Financial Corporation) (2016), *Climate investment opportunities in emerging markets: an IFC analysis*, Washington, D.C.
- IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) (2018), *IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5 °C - Summary for policy makers*, Incheon.
- PBMC (Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas) (2013), *Impactos, vulnerabilidades e adaptação: contribuição do grupo de trabalho 2 ao primeiro relatório de avaliação nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas*, Brasília.
- Prebisch, Raúl (1980), "Biosfera y desarrollo", *Estilos de desarrollo y medio ambiente en la América Latina*, Osvaldo Sunkel e Nicolo Gligo (eds.), Santiago, Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL), págs. 67-90.
- ONU (Organização das Nações Unidas) (2015), *Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (A/ RES/70/1)*, Nova Iorque, Publicação das Nações Unidas.
- OMS (Organização Mundial da Saúde) (2011), *Health co-benefits of climate change mitigation – Transport sector*, Genebra.
- Rennkamp, Brita, Fernanda F. Westin e Carolina Grottera (2020), "Política de conteúdo local e incentivos financeiros no mercado de energia eólica no Brasil", *Investimentos transformadores para um estilo de desenvolvimento sustentável: estudos de caso de grande impulso (Big Push) para a sustentabilidade*, Camila Gramkow (org.) (LC/BRS/TS.2020/1), CEPAL, Santiago, inédito.
- Rosenstein-Rodan, Paul N. (1957), "Notes on the Theory of the "Big Push"", *Economic Development Program*, Italy Project C/57-25.

## II. Panorama dos investimentos em PD&D em energia no Brasil

### A. Contexto

#### 1. Escopo e metodologia

O projeto EBP se articula em torno de quatro eixos de atuação, apresentados na Introdução deste documento. Este capítulo está baseado no relatório final do Eixo 1, intitulado “Panorama dos investimentos em inovação em energia no Brasil: Dados para um grande impulso energético”, o qual pode ser consultado para detalhes sobre a metodologia, definições e conceitos adotados, bem como resultados e discussões pormenorizados. O Eixo 1 parte da premissa de que não se pode gerenciar aquilo que não se pode medir. Dessa forma, o principal objetivo desse eixo é desenvolver um processo de coleta, estruturação, gerenciamento e análise de dados de investimentos em pesquisa, desenvolvimento e demonstração (PD&D) em energia no Brasil.

Este estudo buscou organizar e sistematizar dados com vistas a uma melhor compreensão dos volumes, destinos e principais características dos dispêndios em PD&D no setor de energia, os quais podem ser subsídios relevantes para tomadores de decisões e partes interessadas formularem políticas e estratégias sistemáticas para acelerar investimentos nessa área. Importante destacar a contribuição metodológica da EPE, que desenvolveu uma primeira base de dados de investimentos públicos e publicamente orientados em pesquisa e desenvolvimento (P&D), entre 2018 e 2019, utilizando a classificação da Agência Internacional de Energia (IEA, da sigla em inglês) aplicada às bases da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), para o ano de 2018. Essa primeira iniciativa veio a ser expandida pelo projeto *Energy Big Push* (EBP), passando a incorporar outras fontes de dados e ampliando as séries para outros anos.

O escopo do trabalho realizado contemplou fontes de dados do poder público referentes a gastos públicos e publicamente orientados em PD&D. Esse recorte permite capturar boa parte dos investimentos em inovação no Brasil, uma vez que os dispêndios públicos têm representado historicamente mais da metade (53,9% em 2017) do total gasto pelo país em ciência e tecnologia (MCTIC, 2019a). Além disso, esse escopo representa uma forma de incorporar dados estruturados e de fácil acesso que contenham os investimentos de inovação de origem pública ou privada. Portanto, a análise aqui apresentada está baseada em projetos de PD&D financiados e/ou executados pelo governo federal e entidades públicas, além de projetos de PD&D financiados por empresas privadas de acordo com a cláusula de pesquisa,

desenvolvimento e inovação (PD&I) constante em contratos de concessão (isto é, os projetos regulados pela ANP e ANEEL)<sup>3</sup>, sendo estes últimos investimentos caracterizados como publicamente orientados.

O mapeamento desses dados revelou que a maioria das fontes de dados analisada está estruturada, porém fragmentada em diferentes órgãos que produzem e detêm os dados em função do dispêndio que realizam ou regulam. Foram utilizados no estudo dados que estão sob responsabilidade dos seguintes agentes: Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações/Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (MCTIC/FNDCT), Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ANEEL, ANP, BNDES, Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

A pesquisa realizada no marco do Eixo 1 do EBP, realizada em 2019, envolveu a coleta de dados estruturados e não-estruturados e o tratamento destes para gerar uma base única de dados comparáveis de investimentos públicos e publicamente orientados realizados entre os anos de 2013 a 2018. Os projetos de PD&D em energia foram identificados e selecionados em cada uma das bases de dados das instituições consultadas. Após essa seleção, cada projeto foi alocado segundo a classificação de grupos de tecnologias energéticas da IEA contidos no relatório "IEA Guide to Reporting Energy RD&D Budget/Expenditure Statistics" (IEA, 2011).

A classificação de projetos de PD&D por grupos de tecnologias energéticas adotada neste trabalho está organizada em um primeiro nível com 7 categorias e um segundo nível com 30 subcategorias, referentes a grupos de tecnologias energéticas, conforme pode ser visto na tabela II.1. A aplicação dessa classificação permite comparações internacionais com diversos países já mapeados pela IEA, representando um importante *benchmark* para o país, uma vez que a principal referência adotada pela IEA é o próprio Manual Frascati (OCDE, 2015).

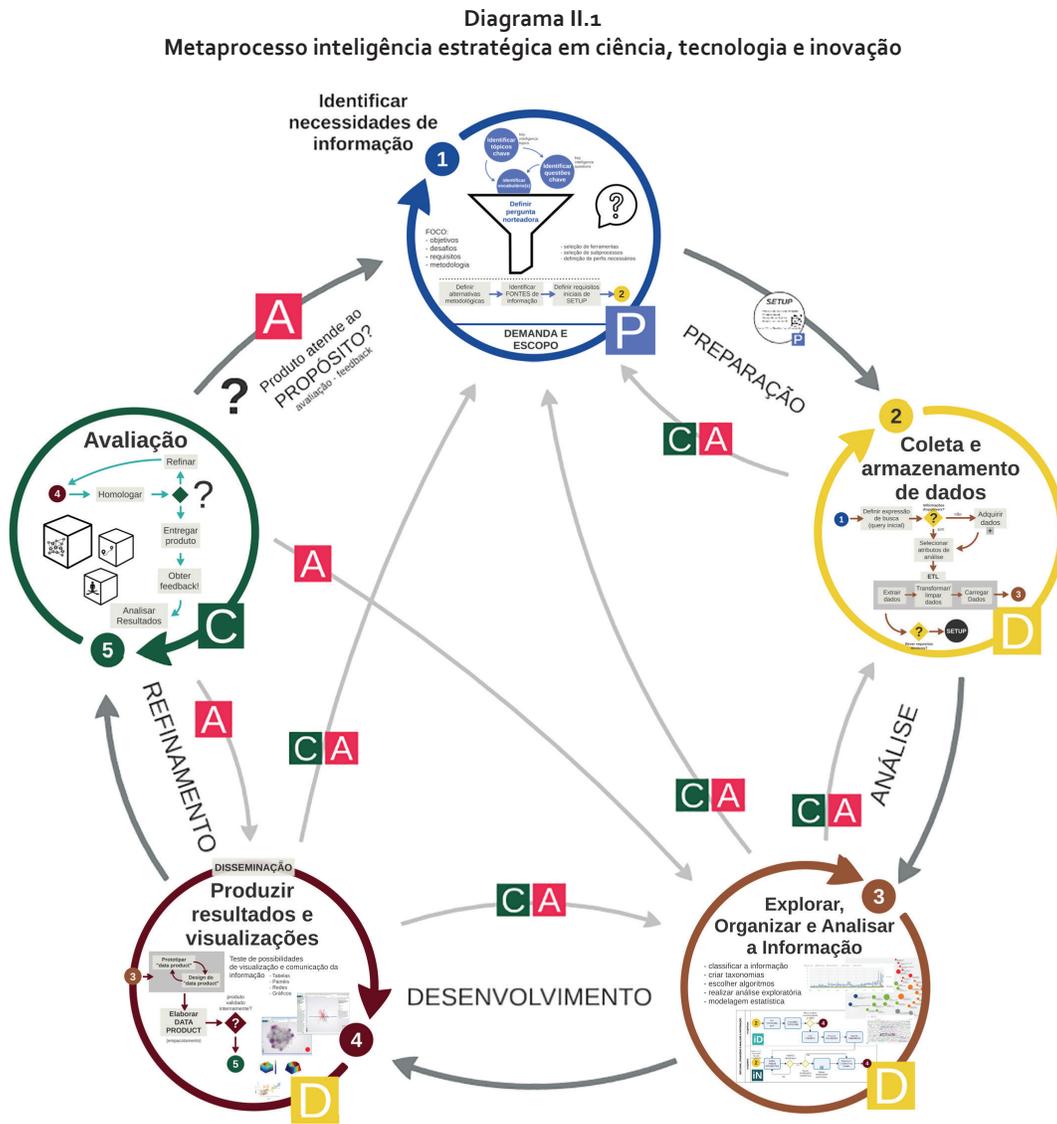
**Tabela II.1**  
**Categorias de grupos de tecnologias energéticas utilizadas como critério de classificação em dois níveis (dígito 1 e dígito 2)**

<b>Categoria Dígito 1</b>	<b>Nome do grupo</b>	<b>Categoria Dígito 2</b>	<b>Nome do grupo</b>
1	Eficiência Energética	1.1	Tecnologias de eficiência energética aplicadas à indústria
		1.2	Tecnologias de eficiência energética aplicada a residências e estabelecimentos comerciais
		1.3	Tecnologias de eficiência energética aplicadas ao setor de transporte rodoviário
		1.4	Outras tecnologias de eficiência energética
		1.9	Eficiência energética não alocada
2	Energias Fósseis: Petróleo, Gás Natural e Carvão Mineral	2.1	Petróleo e gás natural
		2.2	Carvão mineral
		2.3	Separação, captura, transporte e armazenamento de CO <sub>2</sub>
		2.9	Outras tecnologias fósseis não alocadas
3	Fontes de Energia Renováveis	3.1	Energia solar
		3.2	Energia eólica
		3.3	Energia dos oceanos
		3.4	Biocombustíveis
		3.5	Energia geotérmica
		3.6	Hidroeletricidade
		3.7	Outras energias renováveis
		3.9	Outras renováveis não alocadas
		4	Fissão e Fusão Nuclear
4.2	Fusão nuclear		
4.9	Outros fusão e fissão não alocados		
5	Hidrogênio e Células a Combustível		
		5.2	Células a combustível
		5.9	Outros hidrogênio e células a combustível não alocados
6	Outras Tecnologias Elétricas e de Armazenamento	6.1	Outras tecnologias de geração
		6.2	Transmissão, distribuição
		6.3	Armazenamento de energia
		6.9	Outros geração e armazenamento não alocados
7	Outras Tecnologias Transversais	7.1	Análise de sistemas energéticos
		7.2	Pesquisa básica sobre energia
		7.3	Outras

Fonte: Elaboração própria a partir de International Energy Agency (IEA), *IEA Guide to Reporting Energy RD&D Budget/Expenditure Statistics*, Paris, 2011.

<sup>3</sup> No caso da ANP, a cláusula de PD&I é uma cláusula obrigatória nos contratos de exploração, desenvolvimento e produção de petróleo e gás natural (ANP, 2019). No caso da ANEEL, a Lei No. 9.991 de 24 de julho de 2000 determina que as concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica ficam obrigadas a aplicar, anualmente, o montante de, no mínimo, setenta e cinco centésimos por cento de sua receita operacional líquida em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico.

O método de análise de dados foi inspirado no metaprocesso de inteligência estratégica desenvolvido pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), também conhecido como Ciclo de Inteligência. O esquema do Ciclo de Inteligência pode ser visto no diagrama II.1.



Fonte: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), "Desenho e detalhamento do primeiro nível do metaprocesso Inteligência Estratégica em CTI", *Modelagem e Automação de Processos Finalísticos*, Brasília, 2017.

Na etapa 1 do Ciclo de inteligência, as necessidades de informação foram indentificadas e o produto de dados definido. Na etapa 2, passou-se para a coleta e tratamento de dados, onde foram mapeadas e coletadas bases de dados mantidas pelo poder público, nas quais investimentos são públicos ou publicamente orientados. Após a coleta e tratamento inicial dos dados estruturados, foi utilizado um algoritmo em linguagem R, para identificar projetos de PD&D relacionados ao tema energia e classificar cada projeto de acordo com sua categoria e subcategoria. Além disso, o montante global de cada projeto foi distribuído entre os anos de execução do mesmo, a partir do orçamento global contratado (quando disponível) e o período de execução do projeto (utilizando informações disponíveis nas bases). Nas etapas 3, 4 e 5, foram analisadas as informações geradas na segunda etapa. Após validação com os parceiros envolvidos, foram produzidos planilhas e gráficos.

## 2. Relevância no contexto do *Big Push* para a Sustentabilidade

O Eixo 1 do EBP está diretamente alinhado com a abordagem do *Big Push* para a Sustentabilidade (ver capítulo I), ao prover dados e informações-chave sobre o quadro atual de investimentos em inovação em energias limpas, suas principais tendências e áreas que podem ser foco de políticas públicas. Além disso, os resultados gerados (não somente as estimativas, mas, principalmente, o método de coleta, tratamento, gerenciamento e análise dos dados) representa um processo importante para acompanhar a evolução desses investimentos, fornecendo subsídios para o aprimoramento das políticas dedicadas à sua aceleração, servindo como um termômetro de um grande impulso para as energias de baixo carbono no Brasil. Ainda em linha com o *Big Push* para a Sustentabilidade (CEPAL/FES, 2019), pode-se ter uma dimensão da importância de políticas públicas coordenadas e orientadas para atrair investimentos privados nessa área, dado o grande volume de investimentos públicos e publicamente orientados.

A tendência observada em países desenvolvidos, é a de que, após um período de maior intensidade dos investimentos públicos em PD&D e também da implementação de mecanismos de estímulos para direcionar a iniciativa privada, há indícios de um crescimento da atuação do setor privado no desenvolvimento tecnológico (Santos, 2015). Este tipo de impacto indicaria que os investimentos públicos e os mecanismos de incentivo implementados teriam gerado desenvolvimento de capacidades tecnológicas, inovativas e produtivas nacionais, fundamentais para o desenvolvimento da cadeia produtiva de energia no país e para que os benefícios socioeconômicos dos investimentos em tecnologias sustentáveis sejam retidos no país, conforme se argumenta no capítulo I.

Os planos nacionais de energia e os planos e compromissos climáticos, tais como a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, da sigla em inglês), voluntariamente submetida pelo governo brasileiro no marco do Acordo de Paris, sublinham a importância dos investimentos em energias de baixo carbono a fim de garantir o suprimento da demanda futura dentro de uma trajetória de desenvolvimento sustentável com baixas emissões de gases de efeito estufa. Nesse contexto, acelerar os investimentos em PD&D em energias limpas pode contribuir para a segurança e a soberania energética do Brasil, ao construir as capacidades necessárias para que o país expanda o acesso às energias limpas com preços justos. Ademais, esses investimentos também contribuiriam para alcançar os compromissos assumidos na NDC brasileira no setor energético de forma menos custosa, já que o desenvolvimento tecnológico busca o aumento da eficiência e a redução de custos. Entretanto, nota-se que o Brasil já apresenta uma menor dependência de fontes fósseis em comparação com a média dos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Mas para garantir a segurança energética limpa e sustentável no longo prazo, políticas coordenadas e mecanismos de incentivos serão fundamentais para promover a transição energética enquanto se observam as metas do sétimo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 (ONU, 2015), que são um direcionador para a análise dos investimentos em PD&D neste trabalho.

Com bons dados se tomam boas decisões. Dessa forma, o trabalho conduzido no Eixo 1 procura superar o desafio de informar com segurança quais tipos de soluções energéticas estão sendo apoiadas e desenvolvidas no Brasil, com vistas a facilitar a identificação de gargalos e subsidiar a tomada de decisão, apoiando o desenvolvimento contínuo de PD&D em áreas estratégicas, evidenciando ainda as oportunidades na diminuição da dependência tecnológica e no aumento da exportação de tecnologias de baixo carbono a partir das capacidades brasileiras. Todas essas informações baseadas em evidências são capazes de subsidiar decisões coordenadas para um grande impulso para a sustentabilidade no setor energético do país, contribuindo para uma trajetória de desenvolvimento mais sustentável economicamente, socialmente e ambientalmente.

## B. Principais achados

### 1. Fonte de dados

Os dados que são objeto desse esforço para mapear os investimentos em PD&D em tecnologias de energia têm diferentes naturezas e origens. Alguns derivam de alocações orçamentárias do Governo Federal, podendo ser reembolsáveis ou não-reembolsáveis, enquanto outros derivam de leis e regulações que condicionam a concessão de empresas do setor elétrico e do setor de petróleo e gás à realização de investimentos em PD&D.

A tabela II.2 apresenta as principais fontes de dados —todas do poder público— analisadas neste trabalho. Essa tabela também mostra as fontes de recursos —provenientes do orçamento federal ou de empresas privadas, as entidades executoras, a natureza do fluxo do investimento e a forma de contabilidade para fins deste trabalho— dos investimentos públicos e publicamente orientados.

**Tabela II.2**  
Fontes de dados e de recursos em PD&D e sua caracterização

Fonte de dados	Fonte do recurso	Entidade executora de PD&D	Natureza do fluxo	Forma de contabilidade
FINEP	FNDCT	Instituição de ciência e tecnologia (ICT)	Transferência	Investimento público
	FINEP	Empresa privada	Empréstimo	
CNPq	FNDCT	ICT	Transferência	Investimento público
	Outros			
MCTIC	Orçamento federal	CNEN	Execução interna	Investimento público
	FNDCT	ICT	Transferência	
ANEEL	Empresa	Própria empresa	Execução interna	Investimento publicamente orientado
		ICT	Compra de PD&D	
		Outra empresa		
ANP	Empresa	Própria empresa	Execução interna	Investimento publicamente orientado
		ICT	Compra de PD&D	
		Outra empresa		
BNDES	BNDES	Empresa	Empréstimo	Investimento público
		ICT	Transferência	
		Outra empresa		
FAPESP	Receita Tributária do Estado de São Paulo	ICT	Transferência	Investimento público

Fonte: Elaboração própria.

### 2. Estimativa de investimentos em PD&D em energia no Brasil

Os resultados da análise de dados dos projetos de investimentos públicos e publicamente orientados de PD&D em energia a partir do método proposto permitiu a apresentação de três estimativas com premissas diferentes, conforme descrito a seguir.

#### Investimentos públicos em PD&D em energia

A estimativa preliminar obtida por meio deste estudo fornece um panorama dos investimentos públicos brasileiros em PD&D em energia, em todas as categorias do estudo. Ela foi feita a partir de dados fornecidos pelos seguintes agentes: MCTIC/FNDCT, FINEP, CNPq, BNDES, FAPESP e Siga-Brasil (para os dados de investimentos executados pelo CNEN).

O gráfico II.1 mostra a soma dos investimentos públicos em PD&D em energia por categoria (dígito 1) de tecnologias (conforme tabela II.1). A maior parte dos investimentos públicos em PD&D está voltada para as tecnologias de energias renováveis, seguida de combustíveis fósseis, eficiência energética e outras

## B. Principais achados

### 1. Fonte de dados

Os dados que são objeto desse esforço para mapear os investimentos em PD&D em tecnologias de energia têm diferentes naturezas e origens. Alguns derivam de alocações orçamentárias do Governo Federal, podendo ser reembolsáveis ou não-reembolsáveis, enquanto outros derivam de leis e regulações que condicionam a concessão de empresas do setor elétrico e do setor de petróleo e gás à realização de investimentos em PD&D.

A tabela II.2 apresenta as principais fontes de dados —todas do poder público— analisadas neste trabalho. Essa tabela também mostra as fontes de recursos —provenientes do orçamento federal ou de empresas privadas, as entidades executoras, a natureza do fluxo do investimento e a forma de contabilidade para fins deste trabalho— dos investimentos públicos e publicamente orientados.

**Tabela II.2**  
Fontes de dados e de recursos em PD&D e sua caracterização

Fonte de dados	Fonte do recurso	Entidade executora de PD&D	Natureza do fluxo	Forma de contabilidade
FINEP	FNDCT	Instituição de ciência e tecnologia (ICT)	Transferência	Investimento público
	FINEP	Empresa privada	Empréstimo	
CNPq	FNDCT	ICT	Transferência	Investimento público
	Outros			
MCTIC	Orçamento federal	CNEN	Execução interna	Investimento público
	FNDCT	ICT	Transferência	
ANEEL	Empresa	Própria empresa	Execução interna	Investimento publicamente orientado
		ICT	Compra de PD&D	
		Outra empresa		
ANP	Empresa	Própria empresa	Execução interna	Investimento publicamente orientado
		ICT	Compra de PD&D	
		Outra empresa		
BNDES	BNDES	Empresa	Empréstimo	Investimento público
		ICT	Transferência	
		Outra empresa		
FAPESP	Receita Tributária do Estado de São Paulo	ICT	Transferência	Investimento público

Fonte: Elaboração própria.

### 2. Estimativa de investimentos em PD&D em energia no Brasil

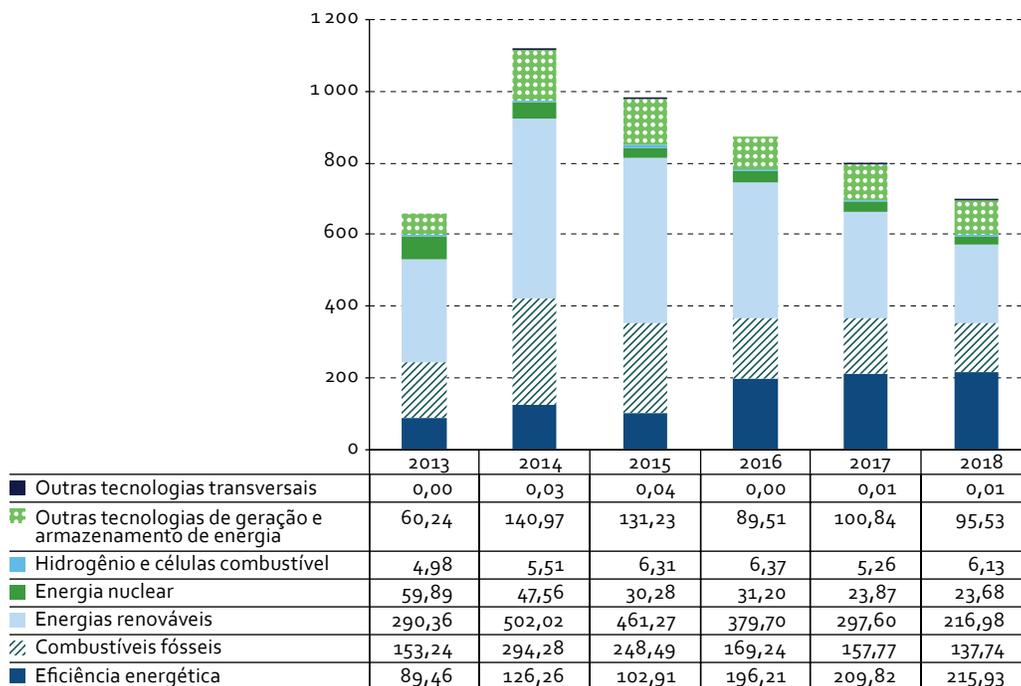
Os resultados da análise de dados dos projetos de investimentos públicos e publicamente orientados de PD&D em energia a partir do método proposto permitiu a apresentação de três estimativas com premissas diferentes, conforme descrito a seguir.

#### Investimentos públicos em PD&D em energia

A estimativa preliminar obtida por meio deste estudo fornece um panorama dos investimentos públicos brasileiros em PD&D em energia, em todas as categorias do estudo. Ela foi feita a partir de dados fornecidos pelos seguintes agentes: MCTIC/FNDCT, FINEP, CNPq, BNDES, FAPESP e Siga-Brasil (para os dados de investimentos executados pelo CNEN).

O gráfico II.1 mostra a soma dos investimentos públicos em PD&D em energia por categoria (dígito 1) de tecnologias (conforme tabela II.1). A maior parte dos investimentos públicos em PD&D está voltada para as tecnologias de energias renováveis, seguida de combustíveis fósseis, eficiência energética e outras tecnologias de geração e armazenamento.

**Gráfico II.1**  
**Investimentos públicos de PD&D por ano por categoria de energia no Brasil**  
 (Em milhões de reais constantes de 2018)



Fonte: Elaboração própria com base em dados de MCTIC/FNDCT, FINEP, CNPq, BNDES, FAPESP e Siga-Brasil.

O volume total de investimentos públicos em PD&D em energia observou uma tendência de queda a partir de 2014, quando o volume total de investimentos alcançou um pico, sendo superior a 1 bilhão de reais em valores de 2018. Esse declínio se deve a alguns fatores, dentre eles ao grande contingenciamento de recursos do FNDCT nos últimos anos, uma das principais fontes de financiamento à PD&D no Brasil, e à crise econômica que o país enfrenta desde 2014.

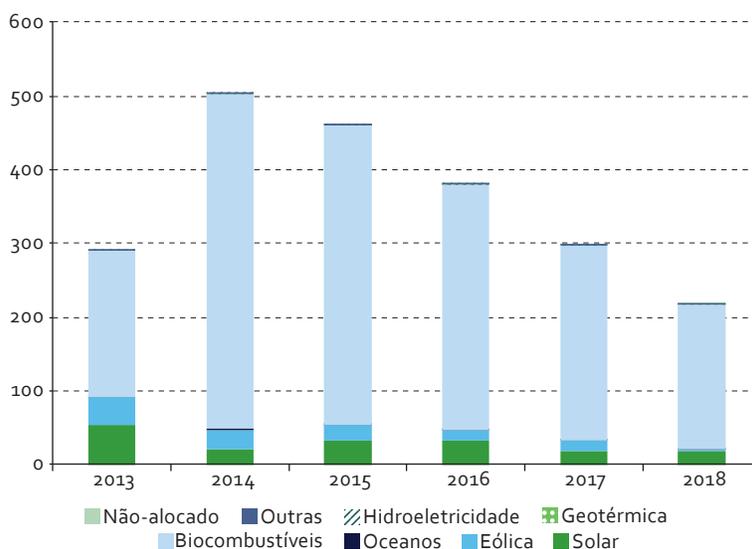
De 2013 a 2018, as tecnologias de eficiência energética e de hidrogênio e células combustíveis (apesar da baixa importância em comparação com as outras categorias) foram as únicas que mantiveram uma tendência de alta em relação ao volume de investimentos públicos ano a ano. Com a queda no volume de investimentos no período analisado e, principalmente, devido à diminuição dos investimentos em energias renováveis e tecnologias de combustíveis fósseis, os volumes de investimentos em tecnologias de eficiência energética se aproximam dos valores destinados a outras fontes, conforme se nota no gráfico II.2.

O gráfico II.3 mostra uma comparação percentual entre projetos de PD&D destinados a tecnologias de baixo carbono<sup>4</sup> e outras tecnologias (não-baixo carbono)<sup>5</sup>. A grande maioria dos dispêndios públicos de PD&D é destinada às tecnologias de baixo carbono, o que demonstra o alinhamento dos investimentos públicos com as políticas de clima. No entanto, a queda no volume total dos investimentos pode comprometer muitas pesquisas de tecnologias de baixo carbono que estão sendo desenvolvidas no país.

<sup>4</sup> Categorias classificadas de acordo com o padrão da IEA, sendo todas as subcategorias dentro das categorias 1, 3, 4, 5, 6 e 7 e a subcategoria 2.3 dentro da categoria 2.

<sup>5</sup> Categorias classificadas de acordo com o padrão da IEA, sendo as subcategorias 2.1 e 2.2 dentro da categoria 2.

**Gráfico II.4**  
**Montante de investimentos públicos em PD&D em energias renováveis**  
 (Em milhões de reais constantes de 2018)



Fonte: Elaboração própria com base em dados de MCTIC/FNDCT, FINEP, CNPq, BNDES, FAPESP e Siga-Brasil.

Não obstante o aumento expressivo da participação das energias renováveis na matriz energética brasileira, que progrediu de 39% em 2014 para 45% em 2018, é importante que o país retome o patamar de investimentos em inovação com foco em energias renováveis para impulsionar a transição energética sustentável no país, fortalecendo capacidades e diminuindo a dependência da importação de tecnologias. Essa retomada de investimentos em PD&D deve ser coordenada e equilibrada de acordo com as prioridades nacionais, e sustentada a longo prazo para que novas ideias e tecnologias emergentes continuem sendo promovidos até chegar ao mercado. O país precisa prosseguir na trajetória recente, que permitiu os biocombustíveis evoluírem de 17% para 23% de participação na matriz de transportes, e as energias eólica e solar alcançarem 8% da oferta interna de energia elétrica, com respectivamente 15 GW e 2,4 GW de potência instalada (EPE, 2019).

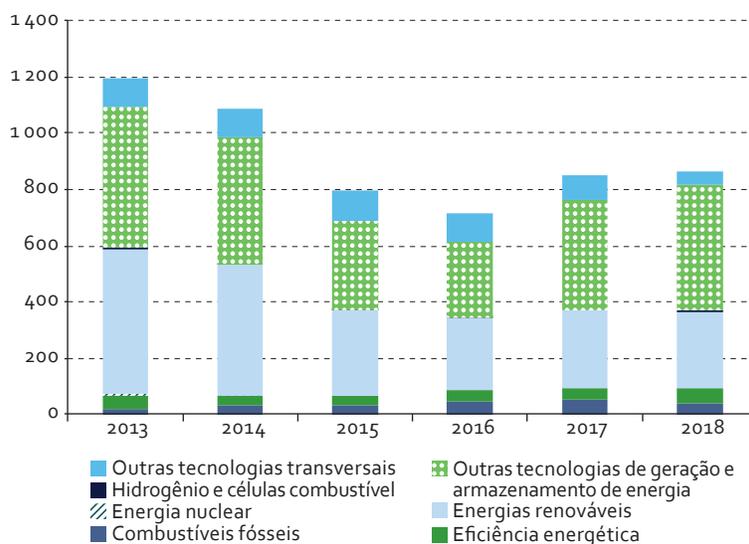
### Investimentos publicamente orientados em PD&D em energia

A estimativa de investimentos publicamente orientados obtida por meio deste estudo fornece um panorama desses investimentos em PD&D em energia de acordo com a classificação adotada pela IEA. Os investimentos publicamente orientados são regulados pela ANEEL e ANP, e sua análise foi feita a partir de dados públicos disponíveis nos sites dessas agências.

O gráfico II.5 mostra a soma dos investimentos publicamente orientados em P&D em energia, regulados pela ANEEL por categoria de tecnologia energética (conforme tabela II.1).

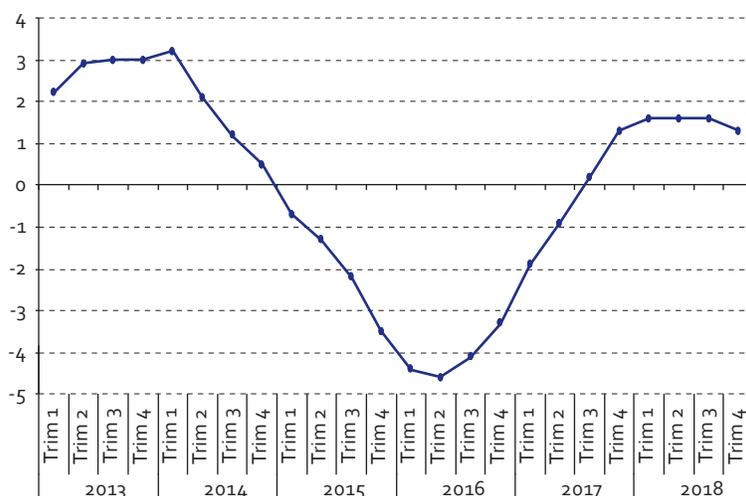
A maior parte dos investimentos em PD&D do programa da ANEEL estão voltados para as tecnologias de energias renováveis e outras tecnologias de geração e armazenamento de energia. Como os recursos de P&D estão vinculados ao faturamento anual das empresas do setor, a curva em U que se desenha no gráfico, retrata o período de crise e retração econômica que o país viveu de 2014 a 2016 e, em 2017, o início da recuperação da economia, aumentando o faturamento das empresas do setor e, conseqüentemente, o aumento dos investimentos em P&D. Essa curva é muito similar à curva da variação do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro para o mesmo período de análise, conforme pode ser visto no gráfico II.6.

**Gráfico II.5**  
Despesas de P&D por ano por categoria de energia dos projetos regulados pela ANEEL  
(Em milhões de reais contantes de 2018)



Fonte: Elaboração própria com base em dados da ANEEL.

**Gráfico II.6**  
Variação percentual do PIB brasileiro de 2013 a 2018  
(Em taxas acumuladas em 4 trimestres, em porcentagem)



Fonte: Elaboração própria com base em Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), "Sistema de Contas Nacionais Trimestrais" [online] <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/g3300-contas-nacionais-trimestrais.html> [Data de consulta: 30 de abril de 2020], 2020.

Conforme explicado no relatório técnico do Eixo 1 do EBP, os dados de projetos regulados pela ANP foram disponibilizados de forma agregada. Dispondo apenas de dados agregados, adotou-se a premissa de que todo investimento regulado pela ANP é realizado em combustíveis fósseis. Essa foi uma simplificação necessária para relatar os dados, mas reconhece-se que parte desses recursos pode ter sido investido em outras categorias do estudo como em eficiência energética (categoria 1), biocombustíveis (categoria 3.4) e em tecnologias de uso e captura de carbono (categoria 2.3). O gráfico II.7 mostra a evolução dos dispêndios realizados para projetos de P&D regulados pela ANP.

**Gráfico II.7**  
**Dispêndios de PD&D publicamente orientados regulados pela ANP**  
*(Em milhões de reais constantes de 2018)*



Fonte: Elaboração própria com base em dados da ANP.

Novamente a curva em formato de U aparece a partir do volume total de dispêndios em P&D, também semelhante à variação do PIB para o período, coerente com o fato de que a cláusula de PD&I constante dos contratos para exploração, desenvolvimento e produção de petróleo e gás é uma porcentagem da receita bruta anual das empresas. A variação do PIB nacional, a alta das exportações devido ao aumento dos preços internacionais de petróleo e derivados, e o maior volume de exportação de gasolina impulsionaram as receitas brutas das empresas do setor em 2018, elevando o volume de atividades reguladas de PD&D.

A forte relação entre os gastos em PD&D e o PIB indica que a crise provocada pela pandemia de COVID-19, que ainda está se desdobrando, tende a impactar adversamente a inovação em energia.

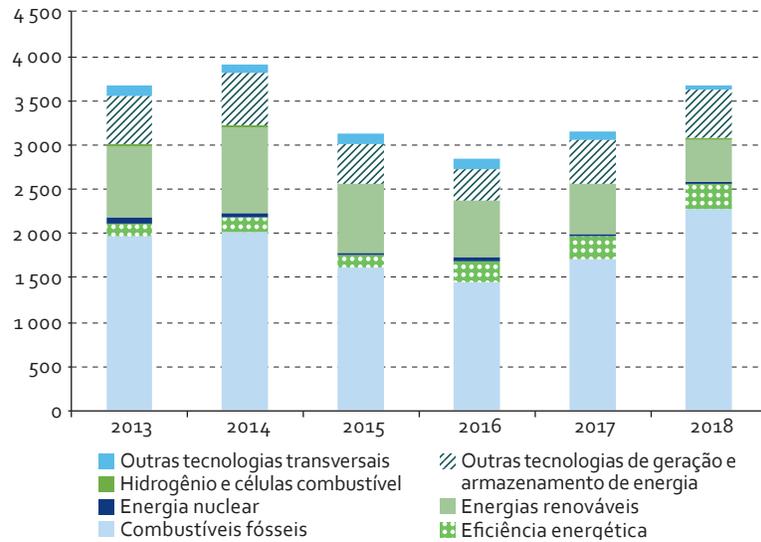
### **Investimentos públicos e publicamente orientados em PD&D em energia**

A estimativa global de investimentos públicos e publicamente orientados oferece um panorama dos principais investimentos em PD&D em energia realizados no Brasil, classificados de acordo com as categorias da IEA. Os investimentos públicos e publicamente orientados contemplam dados fornecidos pelos seguintes agentes: MCTIC/FNDCT, ANP, ANEEL, BNDES, FINEP, CNPq, FAPESP e Siga-Brasil (para os dados de investimentos realizados pelo CNEN). O gráfico II.8 mostra a soma dos investimentos públicos e publicamente orientados de pesquisa, desenvolvimento e demonstração por categoria de tecnologia energética (conforme tabela II.1) de 2013 a 2018.

A maior parte dos investimentos em PD&D, neste caso, estão voltados para as tecnologias de combustíveis fósseis e isto pode ser explicado pela importância dos projetos de PD&D associados a obrigações contratuais de investimento das empresas do setor de Petróleo e Gás, reguladas pela ANP.

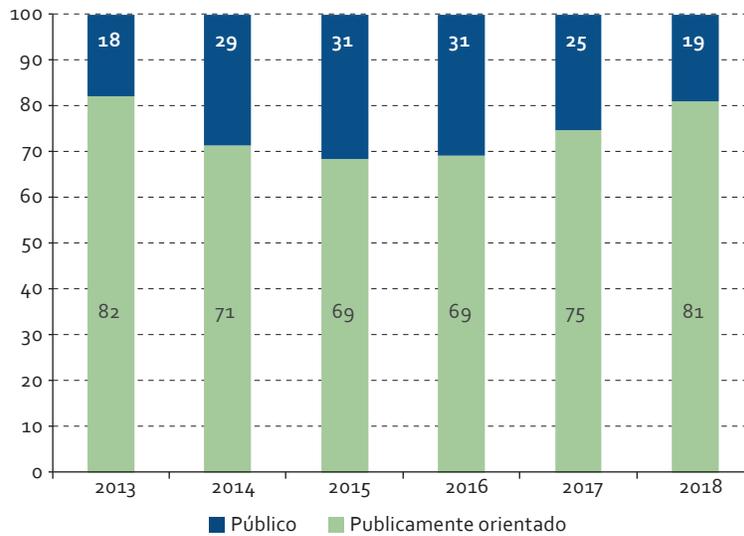
A distribuição percentual dos dispêndios de PD&D em investimentos públicos e publicamente orientados pode ser vista no gráfico II.9. A partir deste gráfico, nota-se claramente a importância dos programas de PD&D regulados pela ANEEL e pela ANP na promoção da inovação no Brasil, representando em alguns anos mais de 80% dos investimentos em PD&D, no período de 2013 a 2018, a partir do universo de dados analisado.

**Gráfico II.8**  
**Montante de investimentos públicos e publicamente orientados em PD&D**  
**por ano por categoria de energia no Brasil**  
*(Em milhões de reais constantes de 2018)*



Fonte: Elaboração própria com base em dados de ANEEL, ANP, MCTIC/FNDCT, FINEP, CNPq, BNDES, FAPESP e Siga-Brasil.

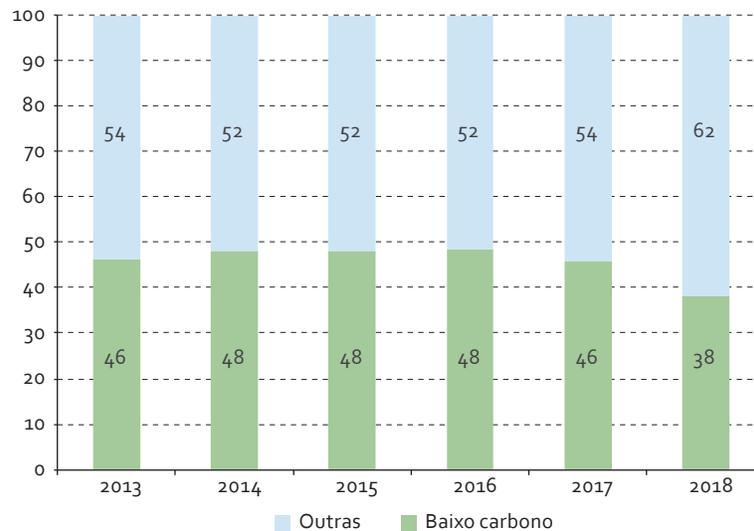
**Gráfico II.9**  
**Participação dos dispêndios públicos e publicamente orientados nos investimentos em PD&D**  
*(Em porcentagem)*



Fonte: Elaboração própria com base em dados de ANEEL, ANP, MCTIC/FNDCT, FINEP, CNPq, BNDES, FAPESP e Siga-Brasil.

O gráfico II.10 mostra uma comparação percentual de investimentos públicos e publicamente orientados em projetos de PD&D destinados a tecnologias de baixo carbono e outras tecnologias. A maior participação percentual das tecnologias classificadas como outras se dá devido ao peso dos investimentos de projetos regulados pela ANP, classificados na categoria 2, referente ao grupo de tecnologias de combustíveis fósseis.

**Gráfico II.10**  
**Participação dos dispêndios públicos e publicamente orientados nos investimentos em PD&D segundo tecnologias de baixo carbono e outras**  
 (Em porcentagem)



Fonte: Elaboração própria com base em dados de ANEEL, ANP, MCTIC/FNDCT, FINEP, CNPq, BNDES, FAPESP e Siga-Brasil.

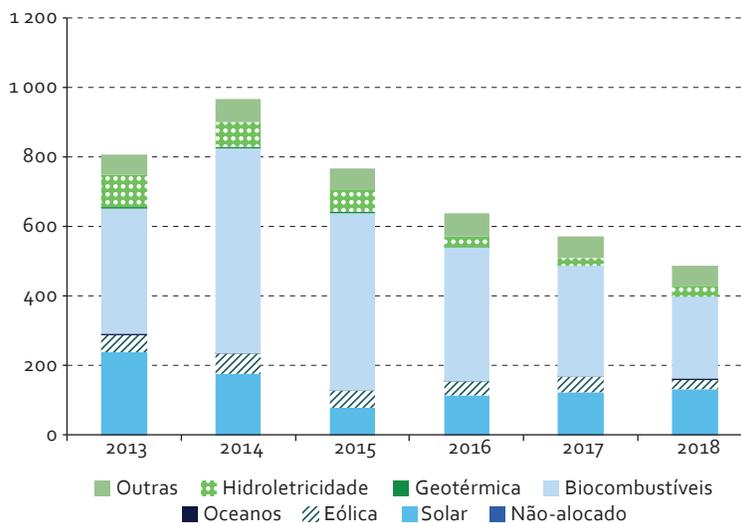
É importante ressaltar que todos os projetos da ANP foram classificados como sendo outras (não-baixo carbono), mas sabe-se que uma parte desses investimentos pode estar destinada a projetos de outras categorias, conforme supracitado. Devido à limitação dos dados, a categoria outras está sobreestimada para a série, e esforços no sentido de desagregar mais estes dados devem ser empreendidos para se obter um panorama melhor da distribuição desses investimentos.

O gráfico II.11 apresenta a evolução dos investimentos públicos e publicamente orientados em PD&D em energias renováveis entre 2013 e 2018. Os projetos de P&D em biocombustíveis somam um total R\$ 2,4 bilhões para todo o período de análise e é a categoria que recebeu o maior volume de investimentos. Solar (3.1), eólica (3.2) e hidroeletricidade (3.6) são as tecnologias de energias renováveis que mais receberam investimentos depois dos biocombustíveis.

O volume de investimentos em PD&D em tecnologias de geração de energia renovável no total de investimentos públicos e publicamente orientados em PD&D teve sua maior participação em 2014, com um volume total de R\$ 966 milhões em valores de 2018, e talvez ajude a explicar o progresso notável dos biocombustíveis, da bioeletricidade, da eólica e da solar a partir de 2014. Nos anos seguintes, os recursos destinados às tecnologias de energias renováveis caíram ano a ano, principalmente devido à redução dos recursos provenientes do FNDCT. Essa queda pode ter um impacto grande no processo de P&D de novas ideias e tecnologias emergentes, uma vez que estas necessitam de investimentos coordenados e constantes em todas as etapas do seu desenvolvimento desde a pesquisa básica até a comercialização, conforme se argumenta no capítulo IV.

É importante frisar que ainda existem muitos aprimoramentos a serem realizados no tratamento e análise de dados, e na consideração de outras fontes de dados de projetos de PD&D realizados no Brasil que não estão contempladas neste estudo. No entanto, o panorama apresentado a partir deste estudo, adotando um padrão internacional de classificação, oferece a possibilidade de realização de um *benchmarking* com países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Este panorama também possibilita a identificação de gargalos e oportunidades, principalmente, no que se refere a coordenação de políticas de investimento de médio e longo prazo em PD&D, garantindo um maior equilíbrio tanto no volume de investimentos ano a ano quanto na distribuição desses investimentos em projetos de interesse estratégico para o país, com vistas a um grande impulso energético sustentável.

**Gráfico II.11**  
**Montante de investimentos públicos e publicamente orientados em PD&D em energias renováveis**  
*(Em milhões de reais constantes de 2018)*



Fonte: Elaboração própria com base em dados de MCTIC/FNDCT, FINEP, CNPq, BNDES, FAPESP e Siga-Brasil.

## C. Oportunidades de aprimoramento e recomendações

A qualidade das estatísticas e recomendações produzidas depende diretamente da qualidade e do volume dos dados coletados, bem como da acurácia do método de análise desenvolvido com termos de buscas definidos por especialistas da área (detalhado no relatório técnico do Eixo 1 do EBP). No sentido de ampliar o acesso e a robustez dos resultados produzidos, são apresentadas, a seguir, algumas recomendações para estudos futuros:

- i) Revisar e aprimorar o método de análise, principalmente no que se refere ao tratamento inicial das bases de dados mantidos por órgãos públicos, os termos de busca utilizados e o processo de análise por especialistas das planilhas intermediárias geradas com vistas a checar a consistência dos projetos selecionados;
- ii) Criar um painel de visualização dos dados tratados, harmonizados e analisados, a fim de facilitar o acesso aos dados em apoio às decisões e orientações de políticas e programas continuados em PD&D em energia;
- iii) Completar as informações sobre os projetos de PD&D regulados, em especial pela ANP, que possibilitem uma classificação mais acurada dos investimentos de acordo com as categorias da IEA;
- iv) Inserir dados de outras organizações federais, especialmente o Ministério da Educação e o Ministério da Agricultura;
- v) Mapear os dados em nível da Administração Estadual e das empresas estatais e verificar alternativas metodológicas para realizar o levantamento dos dispêndios em projetos de PD&D e no afinamento da sua classificação;
- vi) Realizar acordo entre as entidades envolvidas para garantir um fluxo regular de informações;
- vii) Manter o processo conduzido pelo Grupo de Trabalho do Eixo 1 do EBP, que vem atuando como entidade técnica para este levantamento, com o objetivo de desenvolver estatísticas e análises mais robustas de PD&D em energia;

- viii) Apoiar as fontes responsáveis pelos dados para a inclusão de campos com informações específicas em seus registros de dados de projetos de PD&D, tais como: as categorias de tecnologias de energia, no mínimo em 2 níveis; as etapas de PD&D (projeto de pesquisa e desenvolvimento ou de demonstração); informação sobre fonte de recursos e perfil do orçamento ano a ano;
- ix) Apoiar as instituições responsáveis por PD&D ou pelos dados de PD&D no Brasil para utilizar formulários mais eficientes e seguros para registrar informações dos projetos e seus executores, tais como: as categorias de tecnologias de energia conforme a classificação IEA em pelo menos 2 níveis; as etapas da PD&D —se trata-se de projeto de pesquisa e desenvolvimento ou de demonstração (idealmente a informação sobre o *technology readiness level* —TRL— da tecnologia em questão); informação sobre fonte de recursos e perfil do orçamento ano a ano; entre outras informações que sejam essenciais para os organismos de gestão e fiscalização do programas e projetos de PD&D;
- x) Realizar uma pesquisa sobre os investimentos em PD&D do setor privado no Brasil extra ANP e ANEEL para conferir a possibilidade de análise comparativa mais ampla entre investimentos públicos e privados;
- xi) Criar indicadores que permitam avaliar o impacto dos programas e projetos de PD&D realizados, tanto na esfera pública quanto na privada.

## Bibliografia

- ANEEL (Agência Nacional De Energia Elétrica) (2019a), "Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica" [online] <https://www.aneel.gov.br/programa-de-p-d> [Data de consulta: 2 de setembro de 2019].
- \_\_\_\_\_(2019b), "Transparência, entidades beneficiárias" [online] <https://www.aneel.gov.br/programa-de-p-d> [Data de consulta: 2 de setembro de 2019].
- ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) (2020), "Projetos de PD&I" [online] <http://www.anp.gov.br/pesquisa-desenvolvimento-e-inovacao/investimentos-em-p-d-i/projetos-de-pd-i> [Data de consulta: 13 de setembro de 2019].
- \_\_\_\_\_(2019), "Regulação técnica de PD&I" [online] [www.anp.gov.br/pesquisa-desenvolvimento-e-inovacao/investimentos-em-p-d-i/regulamen-tacao-tecnica-relativa-aos-investimentos-em-p-d-i](http://www.anp.gov.br/pesquisa-desenvolvimento-e-inovacao/investimentos-em-p-d-i/regulacao-tecnica-relativa-aos-investimentos-em-p-d-i) [Data de consulta: 29 de abril de 2020].
- CEPAL/FES (Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe)/(Fundação Friedrich Ebert Stiftung) (2019), "Big Push Ambiental: Investimentos coordenados para um estilo de desenvolvimento sustentável", *Perspectivas*, N.20, (LC/BRS/TS.2019/1 e LC/TS.2019/14), São Paulo.
- CGEE (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos) (2017), "Desenho e detalhamento do primeiro nível do metaprocesso Inteligência Estratégica em CTI", *Documento preparado para o Projeto Modelagem e Automação de Processos Finalísticos*, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Brasília, dezembro.
- EPE (Empresa de Pesquisa Energética) (2019), *Balanço Energético Nacional*, Rio de Janeiro, MME, maio.
- FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) (2019), "Composição do FNDCT" [online] <http://www.FINEP.gov.br/a-FINEP-externo/fndct/estrutura-orcamentaria/composicao-do-fndct> [data de consulta: 30 de agosto de 2019].
- FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) (2014), "Dispêndios em P&D em São Paulo atingiram R\$ 21,8 bilhões em 2011 e parcela do PIB chegou a 1,61%. No Brasil, somaram R\$ 47,2 bilhões, ou 1,14% do PIB" *Indicadores FAPESP de Ciência, Tecnologia e Inovação*, Boletim n.4, maio.
- Hollanda, Sandra (2003), "Dispêndios em C&T e P&D", *Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil*, Viotti, Eduardo Baumgratz e Mariano de Matos Macedo (org.) Campinas, Editora da Unicamp.
- IEA (International Energy Agency) (2011), *IEA Guide to Reporting Energy RD&D Budget/Expenditure Statistics*, IEA/OCDE, Paris, junho.
- \_\_\_\_\_(2015) *Questionnaire for in-depth energy policy reviews 2015-16 cycle*, IEA/OCDE, Paris, junho.

- MCTIC (Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações) (2019a), "Recursos Aplicados - Indicadores Consolidados" [online] [https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/detalhe/recursos\\_aplicados/indicadores\\_consolidados/2\\_1\\_2.html](https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/detalhe/recursos_aplicados/indicadores_consolidados/2_1_2.html) [data de consulta: 29 de abril de 2020].
- \_\_\_\_\_(2019b). "Tabela 2.2.3 Brasil: Dispêndios do governo federal em ciência e tecnologia (C&T), aplicados pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), por unidade orçamentária e atividade, 2000-2016." [online] [https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/detalhe/recursos\\_aplicados/governo\\_federal/2\\_2\\_3.html](https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/detalhe/recursos_aplicados/governo_federal/2_2_3.html) [data de consulta: 02 de setembro de 2019].
- \_\_\_\_\_(2019c) "Tabela 2.2.2 Brasil: Dispêndios do governo federal em ciência e tecnologia (C&T)(1) (2) por órgão, 2000-2016." [online] [https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/detalhe/recursos\\_aplicados/governo\\_federal/2\\_2\\_2.html](https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/detalhe/recursos_aplicados/governo_federal/2_2_2.html) [data de consulta: 02 de setembro de 2019].
- OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) (2015), "Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development", *The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities*, OECD Publishing, Paris.
- ONU (Organização das Nações Unidas) (2015), *Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (A/ RES/70/1)*, Nova Iorque, Publicação das Nações Unidas.
- Pacheco, Carlos (2018), "O FNDCT e a Reforma do Financiamento de CT&I" [online] <http://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento/download/ebf9627c-745f-4afc-924f-7ddfaodb17dc> [data de consulta: 16 de dezembro de 2019].
- Petrobrás (Petróleo Brasileiro S.A) (2019), "Form 20 F" [online] <https://www.investidorpetrobras.com.br/pt/resultados-e-comunicados/relatorios-anuais> [data de consulta: 02 de setembro de 2019].
- Senado Federal (2019), "Portal do Orçamento, Siga Brasil Relatórios" [base de dados online] <https://www12.senado.leg.br/orcamento/sigabrasil> [data de consulta: 6 de setembro de 2019].



### III. Indicadores de desempenho de tecnologias energéticas de baixo carbono

#### A. Contexto

##### 1. Escopo

Escolhas eficazes de soluções energéticas que levam em consideração as circunstâncias nacionais são importantes e podem se beneficiar da criação e aplicação de ferramentas para orientar os tomadores de decisão GBEP (2011). Este capítulo está baseado no relatório final do Eixo 2 do projeto *Energy Big Push* (EBP), intitulado “Indicadores de desempenho associados a tecnologias energéticas de baixo carbono no Brasil: Evidências para um grande impulso energético”, o qual pode ser consultado para maiores detalhes sobre a metodologia, definições, e conceitos adotados neste trabalho, além de apresentar resultados e sua discussão mais pormenorizados. O trabalho realizado pelo Eixo 2 do EBP consistiu em um estudo que fornece um painel de indicadores e apresenta os resultados de variáveis e parâmetros técnicos, econômicos, sociais e ambientais para avaliar o desempenho de tecnologias energéticas de baixo carbono no Brasil. Esse exercício incluiu mapeamento, levantamento e organização dos dados e literatura existentes; análise de dados e informações coletadas; e apresentação de uma seleção de indicadores de desempenho associados a soluções de energia de baixo carbono e seus respectivos valores.

Para os fins deste estudo, as soluções energéticas de baixo carbono são aquelas definidas pela Agência Internacional de Energia (IEA, da sigla em inglês; IEA, 2011) nas categorias 1 - Eficiência energética; 3 - Fontes de energia renováveis; 5 - Hidrogênio e células a combustível; 6 - Outras tecnologias elétricas e armazenamento; e 7 - Outras tecnologias transversais ou pesquisas.

A partir dessa categorização, os membros do grupo de trabalho 2 (GT2) do EBP realizaram uma seleção de tecnologias para setores específicos. Os critérios de seleção consideraram, entre outros aspectos:

- Ao nível do setor: relevância atual e futura do setor em relação ao desempenho econômico, participação no suprimento e demanda de energia, e impactos ambientais (Brasil, 2015; EPE, 2018a e Rathmann (org.), 2017);

- Ao nível tecnológico: potencial de implantação em escala no Brasil, perspectivas futuras de desenvolvimento e de progressão das curvas de aprendizagem, bem como a relevância na política energética e no desenvolvimento estratégico nacional (EPE, 2018a e b; MME, 2018; Rathmann (org.), 2017); La Rovere e outros, 2018 e MCTIC, 2018).

As tecnologias avaliadas, por setor, foram:

- Geração centralizada de eletricidade: grandes hidrelétricas, pequenas hidrelétricas, termelétricas (biomassa florestal e bagaço de cana), centrais solares fotovoltaicas (sigla em inglês PV), centrais heliotérmicas (sigla em inglês CSP), centrais eólicas *onshore* e *offshore*;
- Mini e micro geração de eletricidade: termelétrica (biogás de resíduos agrícolas) e sistemas solares fotovoltaicos distribuídos;
- Transporte: veículos leves (sigla em inglês LDV), ônibus e caminhões, veículos híbridos, veículos elétricos a bateria (sigla em inglês BEV), e veículos a motores de combustão interna (sigla em inglês ICE), quando relevantes;
- Biocombustíveis: bioetanol de cana-de-açúcar, biodiesel de soja, biogás (de resíduos sólidos urbanos) e bioquerosene<sup>1</sup>.

Os indicadores propostos para medir o desempenho das tecnologias energéticas de baixo carbono são classificados em três grandes dimensões do desenvolvimento sustentável: ambiental, econômica e social. Uma quarta consideração, transversal, avalia a viabilidade institucional.

### Dimensão ambiental

A produção de energia geralmente leva a pressões antropogênicas importantes sobre o meio ambiente, incluindo mudanças climáticas, poluição atmosférica local, desmatamento, consumo de água, uso da terra, redução da qualidade da água e do solo, entre outras. Muitos dos efeitos ambientais de atividades relacionadas à energia são de longo prazo e carregam certo grau de incerteza. Indicadores da dimensão ambiental contemplam esses aspectos, bem como riscos associados à atividade humana e desastres naturais. Portanto, os indicadores selecionados são:

- Uso de água;
- Impactos na qualidade da água e na biodiversidade aquática;
- Uso da terra;
- Impactos na qualidade do solo e na biodiversidade terrestre;
- Emissões de gases de efeito estufa (GEE);
- Emissões não-GEE;
- Vulnerabilidade e riscos.

### Dimensão técnico-econômica

Essa dimensão avalia principalmente os custos associados de produção de diferentes tecnologias, um aspecto subjacente que determina as decisões de alocação de mercado para tecnologias de energia. Ele também contempla outros aspectos, como curvas de aprendizagem, efeitos a montante e a jusante nas cadeias de produção, eficiência energética e diversidade. Os indicadores sugeridos são:

- Eficiência na conversão e uso de energia;
- Estágio de prontidão, ou de maturidade, da tecnologia (TRL, da sigla em inglês);
- Propriedade da tecnologia;
- Custos de capital para produção (CAPEX, da sigla em inglês);

<sup>1</sup> Rota HEFA (sigla em inglês para Hydroprocessed Esters and Fatty Acids): ésteres de ácidos graxos hidrogenados.

- Custos de operação e manutenção (OPEX, da sigla em inglês);
- Custos totais;
- Requisitos de infraestrutura associados;
- Diversificação energética;
- Prontidão, ou capacidade, da cadeia de suprimentos.

### **Dimensão social**

Os indicadores da dimensão social abrangem a geração de renda e emprego, os quais estão intrinsecamente relacionados ao estímulo ao crescimento econômico e ao apoio de políticas públicas. No entanto, eles devem considerar também os possíveis impactos sobre a população local, os trabalhadores e o patrimônio. Estes são aspectos de equidade que podem afetar a percepção da sociedade em relação aos projetos de produção de energia. Os indicadores escolhidos são:

- Criação de emprego;
- Geração de renda;
- Acesso à eletricidade;
- População diretamente afetada;
- Incidência de lesões ocupacionais, doenças e mortalidade;
- Respeito às comunidades indígenas e tradicionais;
- Riscos ao patrimônio cultural, histórico e arqueológico.

### **Dimensão político-institucional**

Por fim, há uma série de questões difíceis de quantificar ou mais qualitativas por natureza, e que precisam ser levadas em consideração em qualquer processo de tomada de decisão e na formulação final das principais políticas energéticas (Vera e Langois, 2006). Esse é fundamentalmente o caso de indicadores que medem a viabilidade institucional e que compõem a dimensão político-institucional. Segundo IRENA (2014), uma das razões pelas quais a viabilidade institucional tende a ser avaliada qualitativamente é que o critério não mede o sucesso, mas ajuda a explicar o potencial de uma política a ser bem-sucedida. Nesse sentido, os resultados também podem ser mais difíceis de interpretar, pois não incorporam uma referência métrica com a qual as comparações possam ser feitas. Essas dificuldades podem prejudicar a avaliação da viabilidade institucional, em relação a outros critérios para os quais os métodos quantitativos são mais adequados. Os indicadores adotados são:

- Simplicidade do processo de licenciamento ambiental;
- Compatibilidade com a política energética e acordos internacionais;
- Compatibilidade com o marco legal e regulatório, e o quadro institucional vigente.

## **2. Relevância no contexto do *Big Push* para a Sustentabilidade**

As implicações ambientais, sociais e econômicas da política energética devem ser consideradas de maneira holística e refletidas nos arranjos institucionais. Os formuladores de políticas públicas e de estratégias corporativas devem medir e avaliar os efeitos atuais e futuros da produção e do uso de energia em saúde, equidade, economia, meio ambiente, entre outros. Portanto, é importante que os tomadores de decisões sobre políticas e estratégias compreendam as implicações de planos, programas e projetos ambientais, sociais, econômicos e de energia selecionados, e seus impactos na definição dos estilos de desenvolvimento (Vera e Langois, 2006). Nesse sentido, indicadores são úteis para monitorar o progresso em direção às metas específicas do país e para identificar os fatores mais sensíveis às mudanças nas políticas. Um

indicador depende naturalmente da sua finalidade. As características dos indicadores compreendem relevância para as necessidades dos usuários, validade científica e praticidade.

Os indicadores vão além das estatísticas básicas para fornecer um entendimento mais profundo das relações causais nonexo energia-ambiente-economia-sociedade e destacar vínculos que podem não ser evidentes a partir de estatísticas simples. Tomados em conjunto, os indicadores podem fornecer uma imagem do sistema energético como um todo, incluindo interligações e *trade-offs* entre várias dimensões do desenvolvimento sustentável, bem como implicações a longo prazo das decisões e comportamentos atuais (Vera e Langois, 2006). Em geral, os indicadores apresentam as perguntas certas a serem feitas na avaliação do efeito de práticas e políticas voltadas para o cumprimento de metas definidas nacionalmente para o desenvolvimento do país.

Um painel de indicadores pode ser extremamente útil para ajudar os tomadores de decisão a agir, oferecendo informações técnicas sobre múltiplas dimensões do desenvolvimento sustentável. A tomada de decisão bem informada permite sem dúvida melhores e mais coordenados investimentos em pesquisa, desenvolvimento e demonstração (PD&D), e mecanismos de incentivo adequados para a promoção das tecnologias de baixo carbono apropriadas ao contexto nacional, para provocar um *Big Push* para a Sustentabilidade no Brasil.

O trabalho realizado no Eixo 2 é crítico para permitir um grande impulso energético no Brasil, pois ele fornece luzes sobre o caminho a ser trilhado. A abordagem do *Big Push* para a Sustentabilidade foca em maximizar sinergias e co-benefícios de investimentos de baixo carbono complementares, que conduzam a uma maior eficiência sistêmica do estilo de desenvolvimento, impulsionando um ciclo virtuoso de crescimento econômico, geração de empregos, desenvolvimento de cadeias produtivas, diminuição da pegada ambiental e dos impactos ambientais, ao mesmo tempo em que recupera a capacidade produtiva do capital natural, tudo isso junto e ao mesmo tempo (ver capítulo I). A existência de um painel de indicadores que contemple um amplo espectro de dimensões do desenvolvimento sustentável é fundamental para identificar possíveis áreas sinérgicas para investimentos, quantificar impactos de cenários alternativos, acompanhar e monitorar os impactos dos investimentos realizados e, indiretamente, das políticas e estratégias implementadas e, finalmente, avaliar e aprimorar o marco regulatório e de mecanismos de incentivos para que estes sejam efetivos na promoção de investimentos para um *Big Push* energético.

As informações produzidas no Eixo 2 podem contribuir para identificar os setores e as tecnologias complementares que poderiam ser foco de um conjunto articulado e coordenado de políticas, em linha com um *Big Push* para a Sustentabilidade, considerando seu potencial de entregar múltiplos benefícios sociais, econômicos e ambientais. À luz de aspirações nacionais, vocações, mecanismos de cooperação e da tripla eficiência, que são pilares orientadores de um *Big Push* para a Sustentabilidade (ver capítulo I), os indicadores levantados neste trabalho podem auxiliar a detectar a combinação apropriada, para o contexto do Brasil, de investimentos complementares e coordenados para a construção de uma matriz de energia mais sustentável, resiliente e baixa em carbono e, simultaneamente, mais inclusiva e promotora da competitividade sistêmica da economia. Além disso, o painel de indicadores levantado pode ser uma ferramenta de navegação útil para os tomadores de decisão, ao permitir realizar ajustes contínuos do curso de ação rumo à sustentabilidade do desenvolvimento que se almeja alcançar.

## B. Principais achados

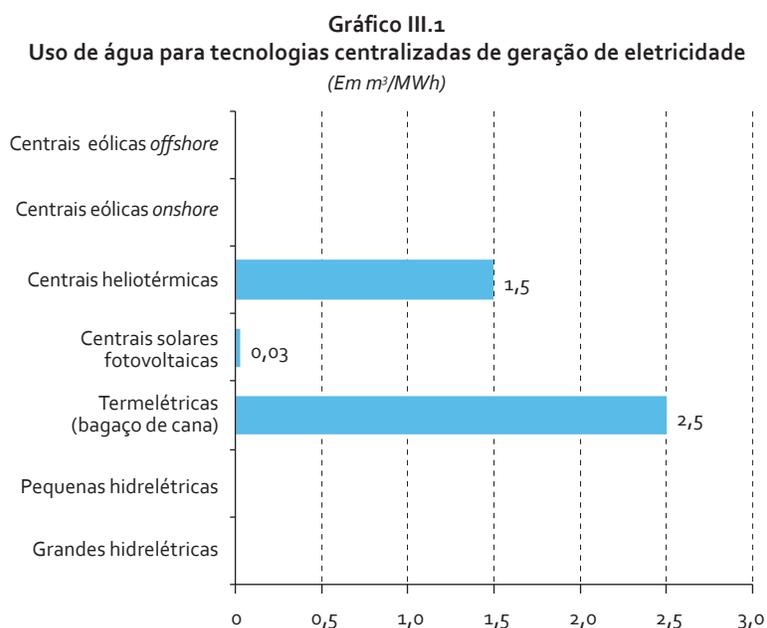
Uma avaliação quantitativa foi realizada para onze dos vinte seis indicadores apresentados anteriormente. A seleção dos indicadores foi realizada considerando a aplicabilidade, disponibilidade e qualidade dos dados, bem como a importância dos indicadores e as particularidades do contexto brasileiro. Quando relevante ou aplicável, são mostrados valores para as tecnologias convencionais de referência que podem ser potencialmente substituídas pelas soluções tecnológicas de baixo carbono (por exemplo, usinas

termelétricas a gás natural e veículos com motores de combustão interna a combustíveis fósseis), para fins de comparação. Os indicadores monetários são apresentados em dólares norte-americanos, com valores constantes em 2018<sup>2</sup>.

## 1. Dimensão ambiental

### Geração de eletricidade

Para termelétricas a biomassa e centrais heliotérmicas (CSP, da sigla em inglês), a água é consumida diretamente no processo de resfriamento durante a fase de operação. Nas centrais solares fotovoltaicas (PV, da sigla em inglês), o uso da água está relacionado principalmente à limpeza dos painéis. Para a geração hidrelétrica (grande ou pequena), as usinas não consomem água diretamente e as perdas são devidas ao ciclo natural da água, ou seja, processo de evaporação dos reservatórios. Para as centrais eólicas onshore e offshore não há uso de água (IRENA/WRI, 2018).

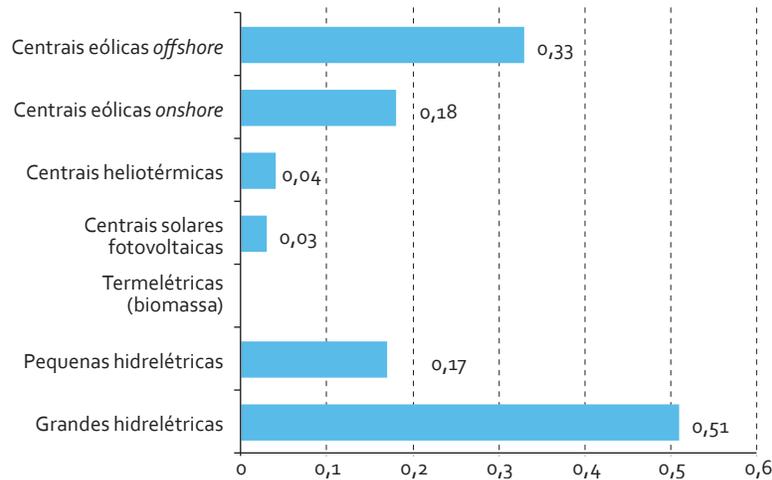


Fonte: Elaboração própria com base em Agência Nacional de Água (ANA), *Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil*, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos (SPR), Brasília, 2019; e Bukhary, Saria, Sajjad Ahmad e Jacimaria Batista, "Analyzing land and water requirements for solar deployment in the Southwestern United States", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, vol. 82, 2018.

As centrais de geração de eletricidade ocupam o solo devido à sua capacidade instalada (instalações e equipamentos). No caso de hidrelétricas, são computadas as terras inundadas transformadas em reservatórios. Para termelétricas que funcionam com biomassa, os requisitos de terra associados a culturas energéticas devem ser considerados também. Para centrais solares e eólicas, os requisitos de terra estão relacionados à instalação e espaçamento dos equipamentos (painéis e turbinas). Para energia eólica, especificamente, o espaçamento depende do tamanho e arranjo das turbinas; portanto, um valor médio para projetos existentes foi usado como referência.

<sup>2</sup> Taxa de câmbio média (2018): R\$ 3,65 / US\$ (Banco Central do Brasil, 2019).

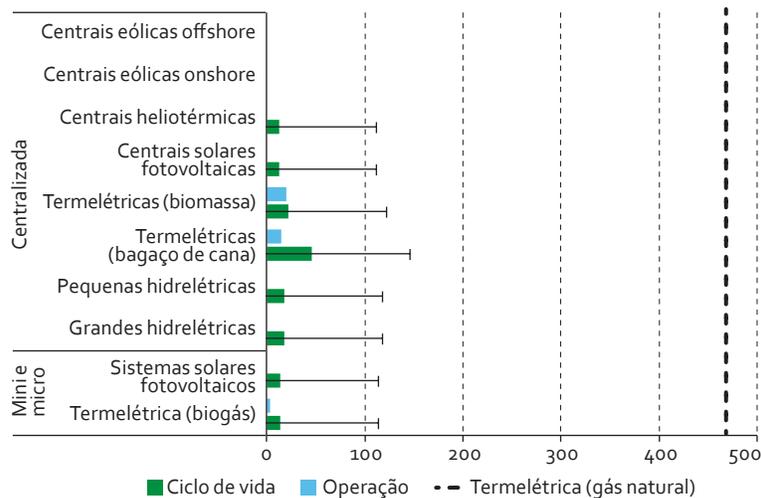
**Gráfico III.2**  
**Uso da terra para tecnologias de geração centralizada de eletricidade**  
 (Em  $\text{km}^2/\text{MW}$ )



Fonte: Elaboração própria com base em Bukhary, Saria, Sajjad Ahmad e Jacimaria Batista, "Analyzing land and water requirements for solar deployment in the Southwestern United States", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, vol. 82, 2018; Musial, Walt e outros (2016), *Offshore Wind Energy Resource Assessment for the United States*, National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden, CO; Empresa de Pesquisa Energética (EPE), *Nota Técnica EPE 026/2018 – Análise socioambiental das fontes energéticas do PDE 2027*, Rio de Janeiro, Ministério de Minas e Energia/Empresa de Pesquisa Energética (MME/EPE), novembro; e Simsek, Yeliz, David Watts e Rodrigo Escobar (2018), "Sustainability evaluation of Concentrated Solar Power (CSP) projects under Clean Development Mechanism (CDM) by using Multi Criteria Decision Method (MCDM)", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 93, outubro.

Algumas fontes de energia não geram emissões de GEE durante a operação, no entanto, ao considerar todo o seu ciclo de vida, as emissões não são desprezíveis. Assim, quando disponíveis, os dados são mostrados para as emissões durante a operação e o ciclo de vida. As emissões de GEE do ciclo de vida estão disponíveis para tecnologias de geração centralizada de eletricidade no Relatório Especial sobre Fontes de Energia Renovável e Mitigação das Mudanças Climáticas do IPCC (2006). Para comparação, também são mostradas emissões diretas da operação de usinas termelétricas a gás natural.

**Gráfico III.3**  
**Emissões de GEE das tecnologias de geração de eletricidade**  
 (Em  $\text{gCO}_2\text{e}/\text{kWh}$ )

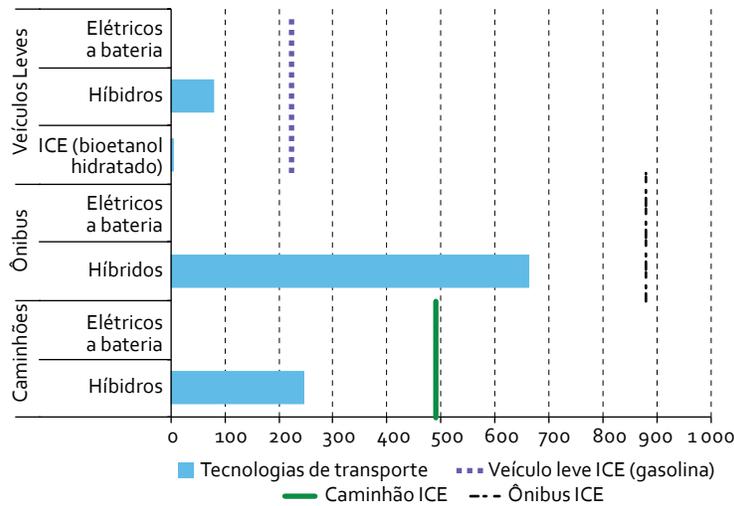


Fonte: Elaboração própria com base em Edenhofer Ottmar e outros (eds.), *Renewable energy sources and climate change mitigation: Special report of the intergovernmental panel on climate change*, Cambridge, Reino Unido, IPCC, 2011; e Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme", Eggleston, Simon e outros (Eds.), Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Japão, 2006.

### Transporte

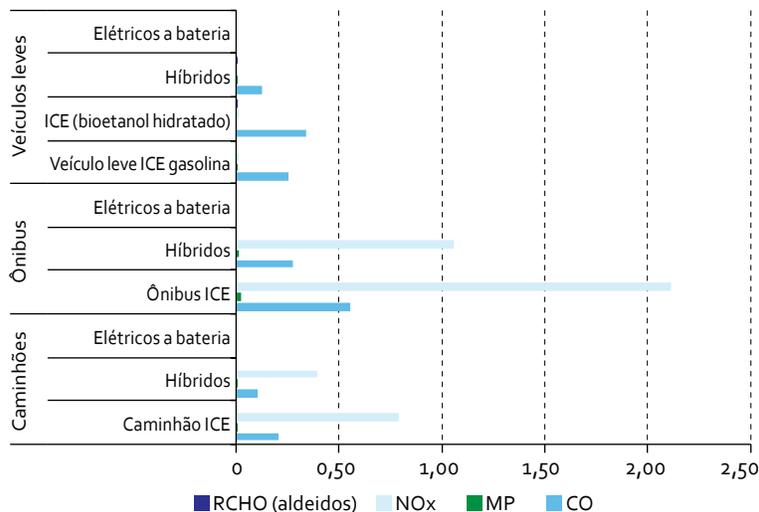
Para tecnologias de transporte, foram consideradas as seguintes premissas: veículos híbridos requerem, em média, 50% menos combustível que os veículos a motores de combustão interna (ICE, da sigla em inglês) correspondentes (sejam caminhões, ônibus, ou veículos leves – LDV, da sigla em inglês); As emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) dos veículos abastecidos a bioetanol hidratado (E100) são zero, em consideração do ciclo de vida da biomassa; as emissões no tubo de escapamento dos veículos elétricos a bateria (BEV, da sigla em inglês) são zero, no entanto, o fator de emissão da rede pode ser calculado em análises de escopo estendido, mesmo que não tenhamos optado por essa abordagem, dada a incerteza em relação ao fator de emissão da rede. Embora caminhões e ônibus usem diesel, o consumo de combustível para caminhões é menor do que nos ônibus urbanos, principalmente devido às diferenças nas condições de direção (por exemplo, paradas frequentes, tráfego urbano).

**Gráfico III.4**  
Emissões de GEE para tecnologias de transporte  
(Em gCO<sub>2</sub>e/km)



Fonte: Elaboração própria com base em International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2019*, Emirados Árabes, junho, 2019.

**Gráfico III.5**  
Emissões não-GEE para tecnologias de transporte  
(Em g/km)

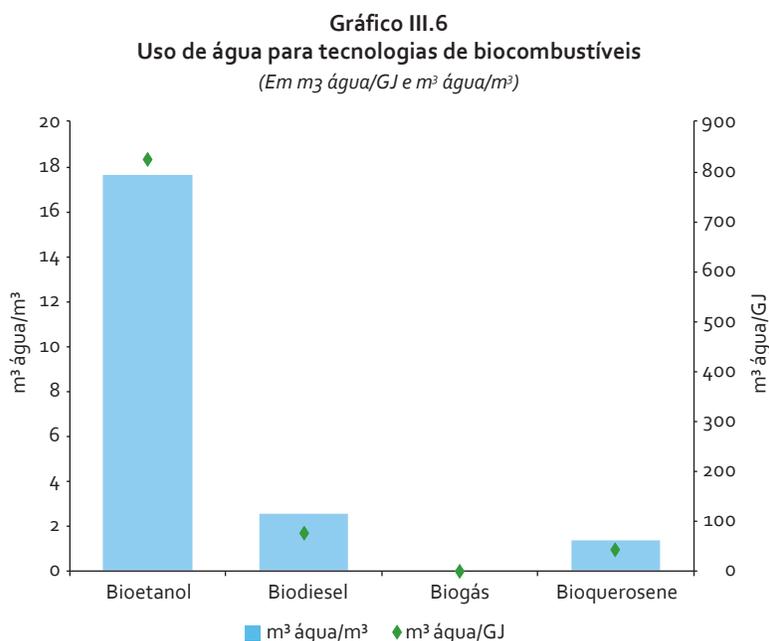


Fonte: Elaboração própria com base em International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2019*, Emirados Árabes, junho, 2019.

Os principais poluentes do ar analisados para as tecnologias de transporte foram monóxido de carbono (CO), material particulado (MP), óxidos de nitrogênio (NOx) e aldeídos. Entre os combustíveis avaliados, as emissões de MP e aldeídos são insignificantes. Para veículos ICE movidos exclusivamente a bioetanol hidratado, o CO é o poluente mais expressivo. Para veículos a diesel híbridos, o NOx é a fonte mais importante de poluição do ar. Para comparação, também são mostrados os valores de emissão para veículos ICE convencionais movidos a gasolina e diesel. Para veículos a gasolina, o CO é o poluente mais significativo, mas as emissões são inferiores às dos veículos ICE a bioetanol hidratado. E para veículos a diesel, o NOx é o poluente mais significativo, especialmente para ônibus urbanos.

### Biocombustíveis

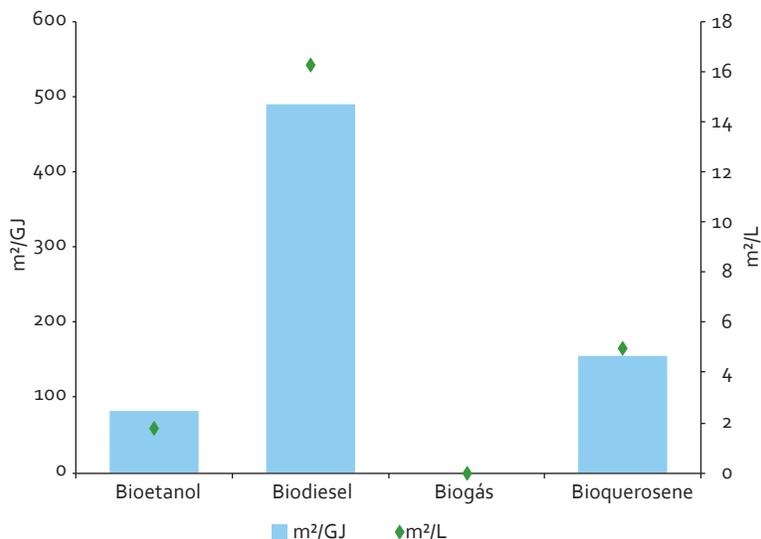
O uso da água na produção de biocombustíveis foi considerado apenas para seu processamento na fase industrial, tendo-se deixado de lado a eventual irrigação durante na fase agrícola, devido a uma grande diversidade de culturas e uma prática agrícola que raramente emprega a irrigação.



Fonte: Elaboração própria com base em Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), "RenovaCalc 2019" [online], [www.anp.gov.br/images/Consultas\\_publicas/CP10-2018\\_Calculadora](http://www.anp.gov.br/images/Consultas_publicas/CP10-2018_Calculadora), 2019.

O uso da terra para a produção de biocombustíveis está relacionado principalmente a culturas agrícolas dedicadas à produção de matéria prima não residual. A necessidade de terras para o biodiesel são maiores que para o bioetanol, porque a produtividade da cultura de cana-de-açúcar é muito maior (da ordem de dez vezes mais) que a da soja, principal matéria prima para a produção de biodiesel no Brasil. Na comparação do biodiesel com o bioquerosene, a diferença está relacionada ao fato de que uma tonelada de soja produz um volume de bioquerosene maior que o de biodiesel. Mas é preciso levar em conta que os biocombustíveis são coprodutos das culturas agrícolas, que no caso da soja ou do milho, por exemplo, são extraídos concomitantemente, sem prejuízo da produção de proteína para uso alimentar. Para o biogás, a área demandada é nula, pois a fonte de matéria-prima são resíduos.

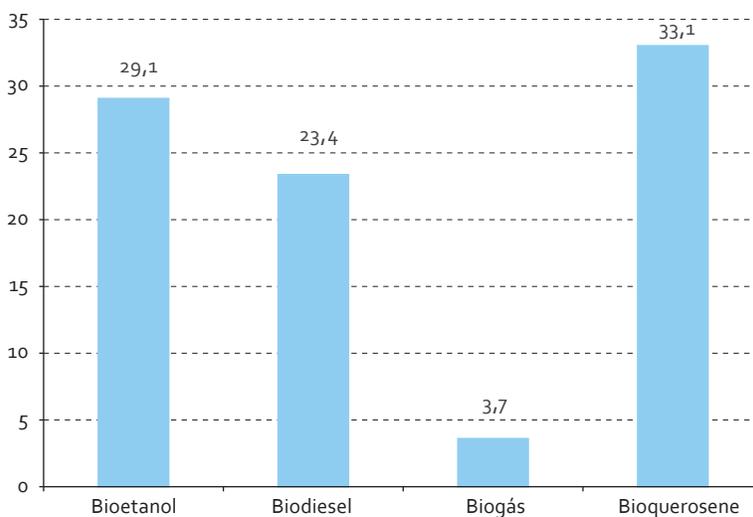
**Gráfico III.7**  
**Uso da terra para tecnologias de biocombustíveis**  
 (Em  $m^2/GJ$  e  $m^2/L$ )



Fonte: Elaboração própria com base em Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), "RenovaCalc 2019" [online], [www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br) > imagens > Consultas\_publicas > CP10-2018\_Calculadora, 2019.

As emissões de GEE referentes aos biocombustíveis consideram as fases de processamento agrícola e industrial, pois as emissões da combustão nos motores são contabilizadas no setor de transportes. As emissões da eventual queima no campo de culturas ou resíduos não são levadas em conta, pois constituem práticas em extinção.

**Gráfico III.8**  
**Emissões de GEE para tecnologias de biocombustíveis**  
 (Em  $gCO_2e/MJ$ )



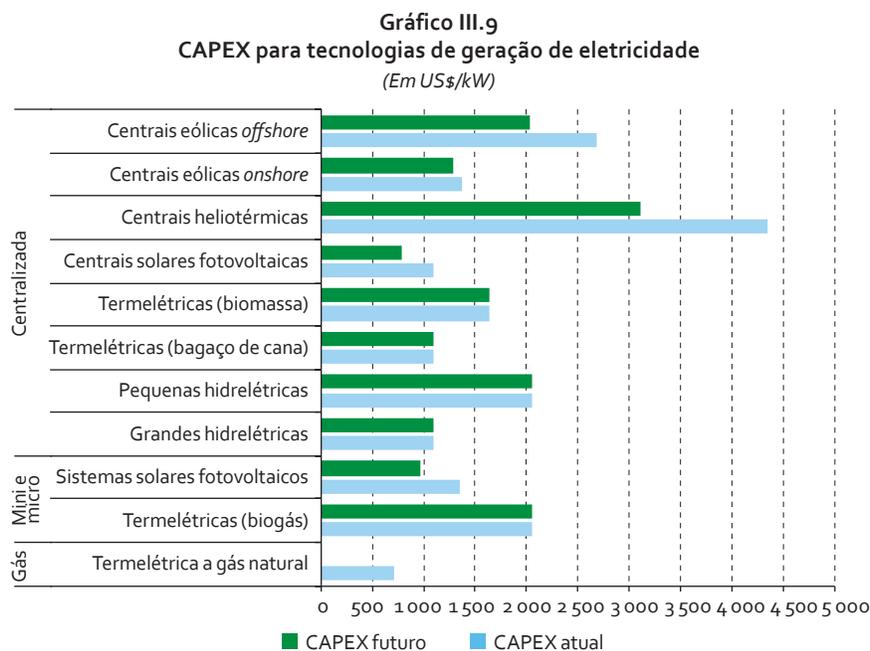
Fonte: Elaboração própria com base em Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), "RenovaCalc 2019" [online], [www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br) > imagens > Consultas\_publicas > CP10-2018\_Calculadora, 2019.

## 2. Dimensão técnico-econômica

### Geração de eletricidade

O estágio de prontidão, ou de maturidade, da tecnologia (TRL) para geração de eletricidade foi definido de acordo com comunicação interna com a Agência Internacional de Energia (IEA, da sigla em inglês), que efetua esse levantamento a nível global. Todas as tecnologias de geração de eletricidade, centralizadas e distribuídas, aqui consideradas, estão classificadas no nível 9 de TRL.

Os dados de custos de capital atuais (dados mais recentes disponíveis) e de estimativas futuras (horizonte 2025-2030) para a geração de eletricidade são aqui apresentados, pois no curto prazo são esperadas reduções de custo para algumas tecnologias. Para efeito de comparação, também são mostrados custos de investimento para termelétricas a gás natural. Atualmente, essa fonte possui um CAPEX menor do que qualquer outra fonte. Num futuro próximo, apenas as centrais solares fotovoltaicas seriam competitivas com as termelétricas a gás natural, em termos de custos de capital.

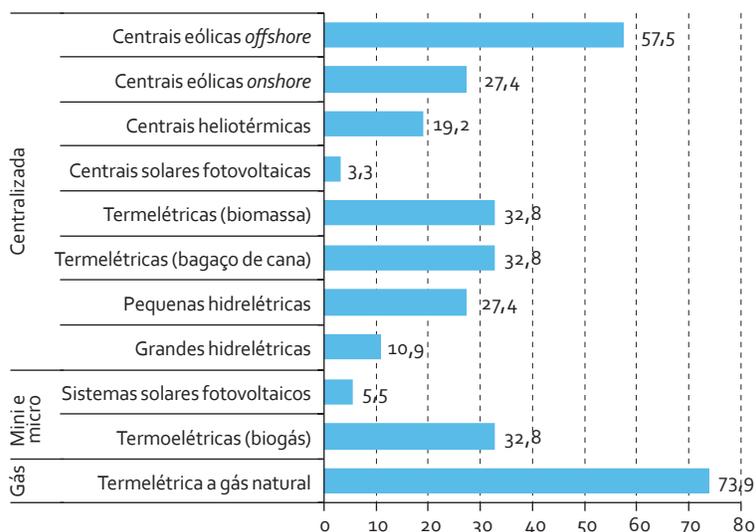


Fonte: Elaboração própria com base em Empresa de Pesquisa Energética (EPE), *Estudos Para a Expansão da Geração - Custo Marginal de Expansão do Setor Elétrico Brasileiro Metodologia e Cálculo – 2017*, Brasília, Ministério de Minas e Energia/Empresa de Pesquisa Energética (MME/EPE), 2017; e Empresa de Pesquisa Energética (EPE), *Nota Técnica PR 07/18 - Premissas e Custos da Oferta de Energia Elétrica no Horizonte 2050*, Rio de Janeiro, Ministério de Minas e Energia/Empresa de Pesquisa Energética (MME/EPE), novembro, 2018.

Também para fins de comparação, são indicados os custos de operação e manutenção relativos às usinas termelétricas a gás natural, juntamente com o OPEX das demais tecnologias de geração de eletricidade. Nesse caso percebe-se que o OPEX das termelétricas a gás natural é significativamente maior do que o de qualquer outra fonte de energia elétrica, principalmente devido aos custos de combustível.

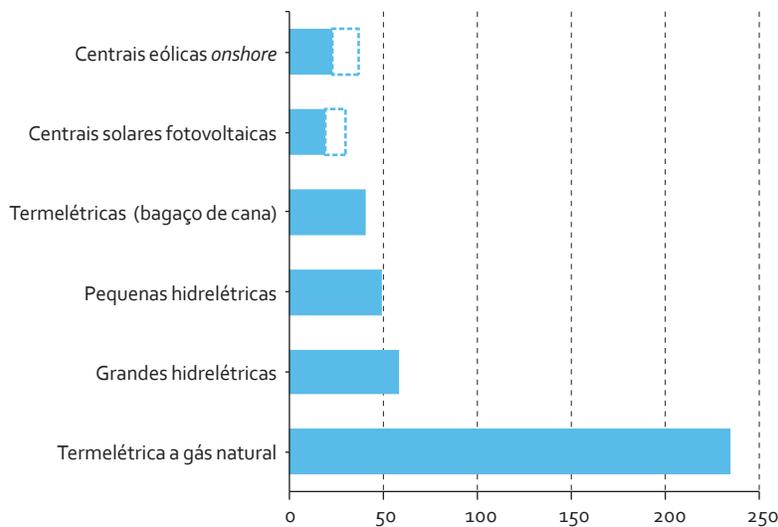
Os custos totais para tecnologias de geração centralizada de eletricidade são apresentados em termos de custo nivelado de eletricidade (sigla em inglês LCOE). A margem mostrada para centrais eólica e solar fotovoltaica se deve ao fato de os custos variarem regionalmente no país, sendo mais baixos no Nordeste e mais altos no Sul. Para fins de comparação, também são mostrados os custos totais das termelétricas a gás natural, muito mais altos que os das demais fontes analisadas.

**Gráfico III.10**  
**OPEX para tecnologias de geração de eletricidade**  
 (Em US\$/kW/ano)



Fonte: Elaboração própria com base em Empresa de Pesquisa Energética (EPE), *Nota Técnica PR 07/18 - Premissas e Custos da Oferta de Energia Elétrica no Horizonte 2050*, Rio de Janeiro, Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética (MME/EPE), novembro, 2018.

**Gráfico III.11**  
**LCOE para tecnologias centralizadas de geração de energia**  
 (Em US\$/MWh)



Fonte: Elaboração própria com base em PSR, *Custos e Benefícios das Fontes de Geração Elétrica: Caderno de Geração*, Instituto Escolhas, agosto, 2018.

## Transporte

O estágio de prontidão tecnológica para tecnologias de transporte também foi definido de acordo com comunicação interna com a IEA.

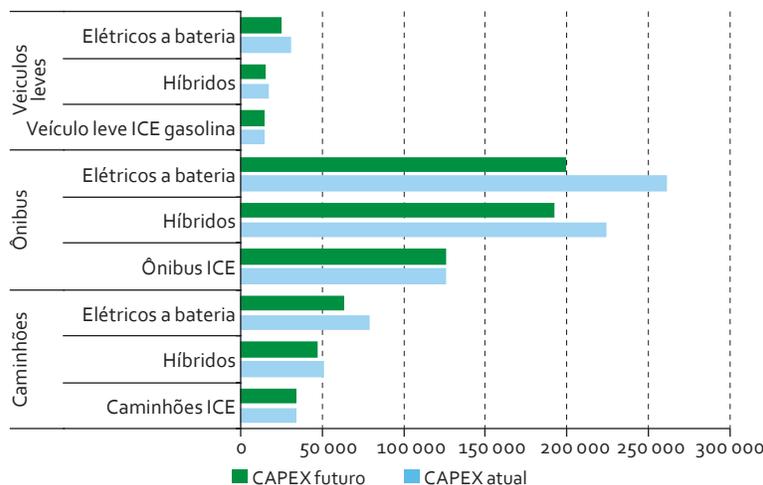
**Tabela III.1**  
TRL para tecnologias de transporte

Tecnologias de transporte de baixo carbono	TRL
Veículo leve híbrido	9
Veículo leve elétrico a bateria	9
Veículo leve flex	9
Ônibus híbrido	9
Ônibus elétrico a bateria	8
Caminhão híbrido	8
Caminhão elétrico a bateria	8

Fonte: Elaboração própria com base em comunicação interna com IEA.

Para as tecnologias de transporte, são apresentados os dados de custos atuais (dados mais recentes disponíveis) e de estimativas futuras (horizonte 2025-2030). Para fins de comparação, também são mostrados os valores de CAPEX para veículos ICE convencionais. O CAPEX destes é atualmente menor que o de todas as tecnologias alternativas avaliadas. No entanto, são esperadas reduções de custos para todas as tecnologias de baixo carbono, especialmente aquelas atualmente com TRL 8.

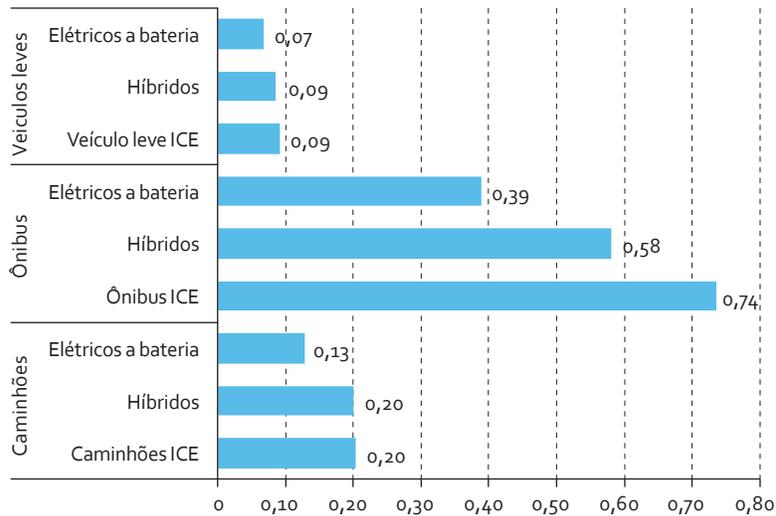
**Gráfico III.12**  
CAPEX para tecnologias de transporte  
(Em mil US\$/veículo)



Fonte: Elaboração própria com base em C4o, *Low carbon technologies can transform Latin America's bus fleets*, C4o Cities, Climate Leadership Group, Clinton Foundation, Inter American Development Bank, Julho, 2013; Delft, *Zero emissions trucks: An overview of state-of-the-art technologies and their potential*, Stuttgart, Julho, 2013; Docklands Light Railway (DLR), *Project Report: Alternative Transport Technologies for Megacities*, German Aerospace Center, Institute of Vehicle Concept, Stuttgart, Fevereiro, 2015; Greenpeace, *Dossiê Ônibus Limpo: Benefícios de uma transição para combustíveis renováveis na frota de São Paulo*, São Paulo, Agosto, 2016; International Council on Clean Transportation (ICCT), *PROMOBE: Avaliação Internacional de Políticas Públicas para Eletromobilidade em Frotas Urbanas*, Brasília, Agência Alemã de Cooperação Internacional/Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (GIZ/MDIC), novembro, 2019; e Union of Concerned Scientists (UCS), "Electric Vehicle Batteries: Materials, Cost, Lifespan" [online] <https://www.ucsusa.org/resources/ev-batteries>, 2018.

Em termos de custos de operação e manutenção a situação se inverte, sendo superiores para veículos ICE convencionais, em comparação com os que utilizam tecnologias de baixo carbono. Isso se deve a maiores gastos com combustível e também aos maiores requisitos de manutenção dos veículos ICE quando comparados ao BEV, por exemplo, que possuem menos componentes que o ICE.

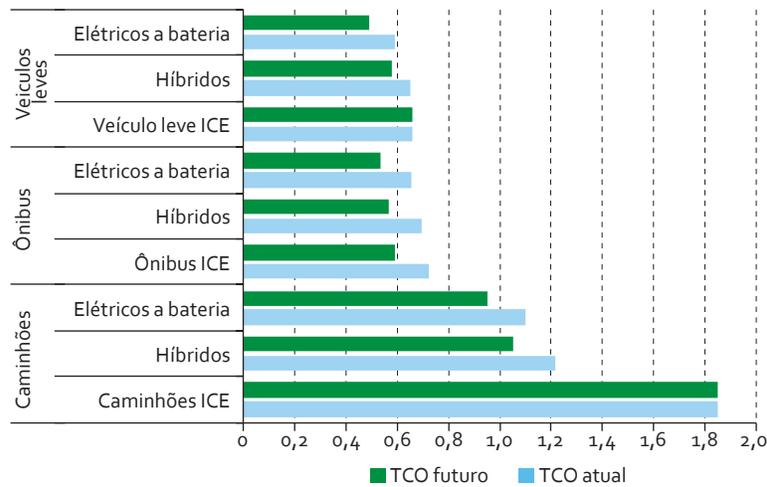
**Gráfico III.13**  
**OPEX para tecnologias de transporte**  
 (Em US\$/km)



Fonte: Elaboração própria com base em International Council on Clean Transportation (ICCT), *PROMOBE: Avaliação Internacional de Políticas Públicas para Eletromobilidade em Frotas Urbanas*, Brasília, Agência Alemã de Cooperação Internacional/Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (GIZ/MDIC), novembro, 2019; Union of Concerned Scientists (UCS), "Electric Vehicle Batteries: Materials, Cost, Lifespan" [online] <https://www.ucsusa.org/resources/ev-batteries>, 2018; e International Energy Agency (IEA), *World Energy Outlook 2018*, IEA, Paris, 2018.

Os custos totais (sigla em inglês TCO) para tecnologias de transporte são atualmente menores para os veículos híbridos e elétricos, principalmente devido ao OPEX ser menor, como mostrado anteriormente. Além disso, reduções ainda são esperadas.

**Gráfico III.14**  
**TCO para tecnologias de transporte**  
 (Em US\$/km)



Fonte: Elaboração própria com base em International Council on Clean Transportation (ICCT), *PROMOBE: Avaliação Internacional de Políticas Públicas para Eletromobilidade em Frotas Urbanas*, Brasília, Agência Alemã de Cooperação Internacional/Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (GIZ/MDIC), novembro, 2019; Hagman, Jeans e outros, "Total cost of ownership and its potential implications for battery electric vehicle diffusion", *Research in Transportation Business & Management*, vol. 18, março, 2016; Lajunen, Antti e Timothy Lipman, "Lifecycle cost assessment and carbon dioxide emissions of diesel, natural gas, hybrid electric, fuel cell hybrid and electric transit buses", *Energy*, vol 106, julho, 2016; e International Energy Agency (IEA), *IEA G2o Hydrogen report: Assumptions*, Paris, 2019.

## Biocombustíveis

O TRL para biocombustíveis foi mais uma vez definido de acordo com comunicação interna com a IEA.

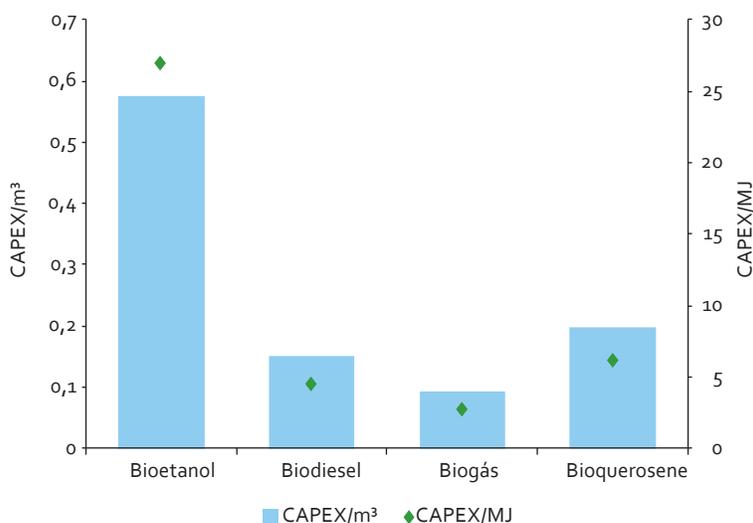
**Tabela III.2**  
TRL para tecnologias de biocombustíveis

Tecnologias de biocombustíveis	TRL
Bioetanol	9
Biodiesel	9
Biogás	9
Bioquerosene	8

Fonte: Elaboração própria com base em comunicação interna com IEA.

Não houve estimativa da evolução dos custos futuros para os biocombustíveis devido à falta de dados disponíveis, mas devem ocorrer reduções em todos os casos devido ao progresso tecnológico e à curva de aprendizagem.

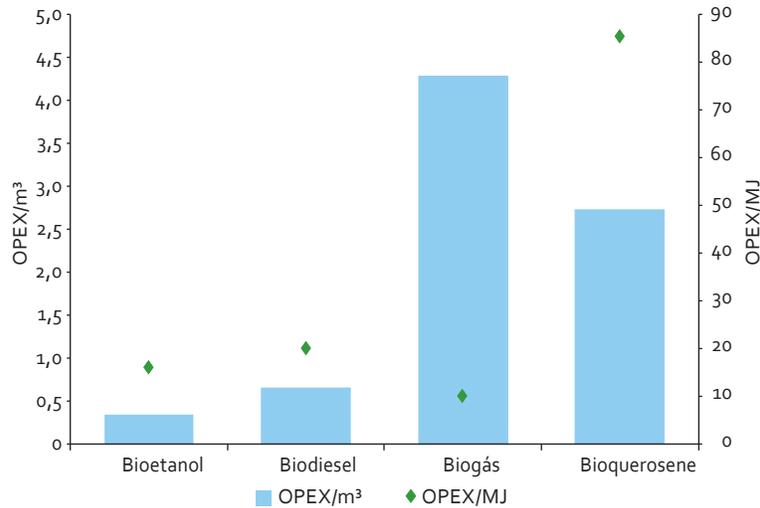
**Gráfico III.15**  
CAPEX para tecnologias de biocombustíveis  
(Em US\$/MJ e US\$/m<sup>3</sup>)



Fonte: Elaboração própria com base em Carvalho, Francielle, "Evaluation of the Brazilian Potential for Producing Aviation Biofuels through Consolidated Routes", *Dissertação de mestrado*, Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, fevereiro, 2017; Régis Rathmann (org.), *Modelagem integrada e impactos econômicos de opções setoriais de baixo carbono*, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), ONU Meio Ambiente, Brasília, 2017; e Empresa de Pesquisa Energética (EPE), *Nota Técnica EPE 019/2018 – Estudo sobre a Economicidade do Aproveitamento dos Resíduos Sólidos Urbanos em Aterro para Produção de Biometano*, Rio de Janeiro, Ministério de Minas e Energia/Empresa de Pesquisa Energética (MME/EPE), agosto, 2018.

Os valores reduzidos de OPEX para bioetanol, biodiesel e biogás devem-se ao fato já mencionado de que os insumos para a produção desses biocombustíveis são coprodutos de outros processos agroindustriais (por exemplo, açúcar, proteína de soja e resíduos agrícolas).

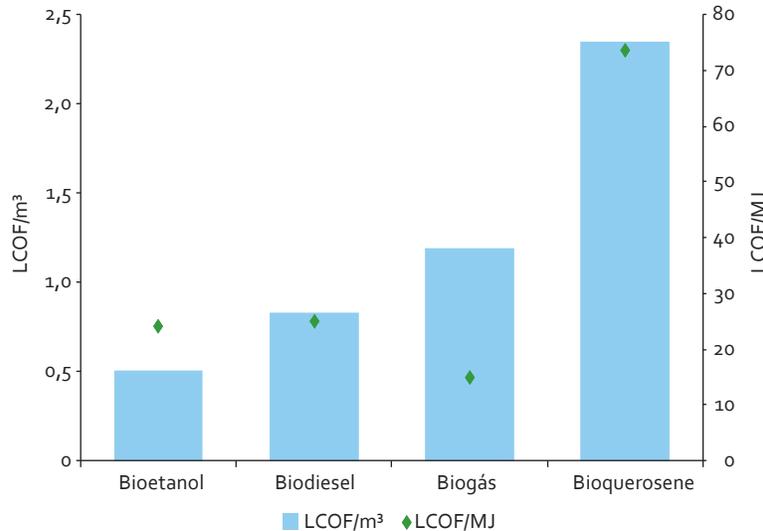
**Gráfico III.16**  
**OPEX para tecnologias de biocombustíveis**  
 (Em US\$/MJ e US\$/m<sup>3</sup>)



Fonte: Elaboração própria com base em Carvalho, Francielle, "Evaluation of the Brazilian Potential for Producing Aviation Biofuels through Consolidated Routes", *Dissertação de mestrado*, Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, fevereiro, 2017; Régis Rathmann (org.), *Modelagem integrada e impactos econômicos de opções setoriais de baixo carbono*, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), ONU Meio Ambiente, Brasília, 2017; e Empresa de Pesquisa Energética (EPE), *Nota Técnica EPE 019/2018 – Estudo sobre a Economicidade do Aproveitamento dos Resíduos Sólidos Urbanos em Aterro para Produção de Biometano*, Rio de Janeiro, Ministério de Minas e Energia/Empresa de Pesquisa Energética (MME/EPE), agosto, 2018.

Os custos totais para biocombustíveis são apresentados em termos de custo nivelado de combustível (sigla em inglês LCOF).

**Gráfico III.17**  
**LCOF para tecnologias de biocombustíveis**  
 (Em US\$/MJ e US\$/m<sup>3</sup>)



Fonte: Elaboração própria com base em Carvalho, Francielle, "Evaluation of the Brazilian Potential for Producing Aviation Biofuels through Consolidated Routes", *Dissertação de mestrado*, Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, fevereiro, 2017; Régis Rathmann (org.), *Modelagem integrada e impactos econômicos de opções setoriais de baixo carbono*, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), ONU Meio Ambiente, Brasília, 2017; e Empresa de Pesquisa Energética (EPE), *Nota Técnica EPE 019/2018 – Estudo sobre a Economicidade do Aproveitamento dos Resíduos Sólidos Urbanos em Aterro para Produção de Biometano*, Rio de Janeiro, Ministério de Minas e Energia/Empresa de Pesquisa Energética (MME/EPE), agosto, 2018.

Os biocombustíveis têm um papel adicional importante, de diversificação das fontes de abastecimento energético, como pode-se depreender do percentual de participação dos biocombustíveis na matriz energética de combustíveis para transporte no país.

**Tabela III.3**  
Contribuição dos biocombustíveis para a diversificação energética  
(Em porcentagem)

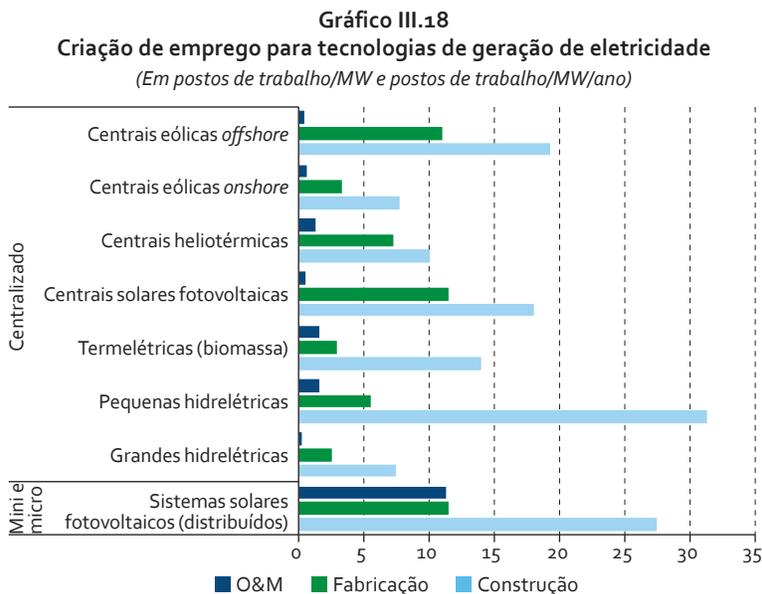
Biocombustível	Participação na matriz energética de transporte em 2018
Bioetanol	28.1%
Biodiesel	11.5%
Biogás	n.d.
Bioquerosene	n.a.

Fonte: Elaboração própria com base em Empresa de Pesquisa Energética (EPE), *Balço Energético Nacional 2018: Relatório síntese, ano base 2017*, Brasília, Ministério de Minas e Energia/Empresa de Pesquisa Energética (MME/EPE), 2018.

### 3. Dimensão social

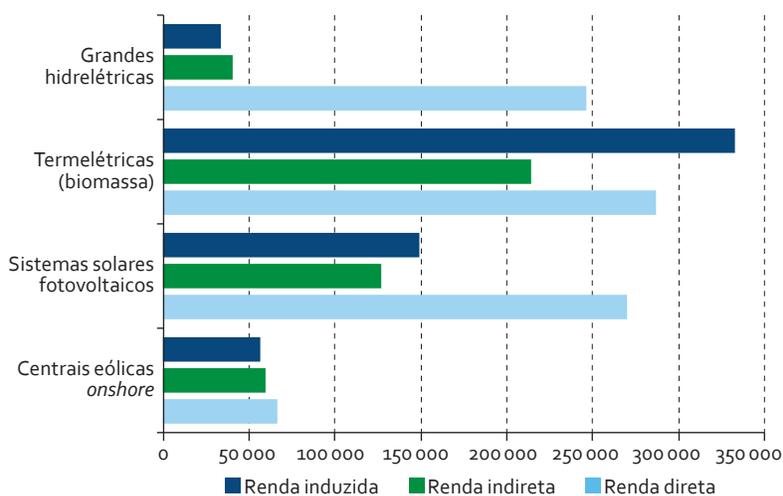
#### Geração de eletricidade

Na geração de eletricidade, são computados empregos nas fases de construção, fabricação e operação. No setor sucroalcooleiro, as unidades de cogeração não agregam uma quantidade expressiva de empregos diretos, uma vez que essa atividade está ligada também à produção de açúcar e de bioetanol. Os sistemas solares fotovoltaicos para geração distribuída são uma grande fonte de empregos, especialmente em O&M, porque a atividade é geograficamente difusa.



Fonte: Elaboração própria com base em Greenpeace, *Revolução Energética - Rumo a um Brasil com 100% de energias limpas e renováveis*, Rio de Janeiro, 2016; International Energy Agency (IEA), *World Energy Investment*, Paris, 2017; Empresa de Pesquisa Energética (EPE), *Nota Técnica EPE 026/2018 – Análise socioambiental das fontes energéticas do PDE 2027*, Rio de Janeiro, Ministério de Minas e Energia/Empresa de Pesquisa Energética (MME/EPE), novembro, 2018; e International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2019*, Emirados Árabes, junho, 2019.

**Gráfico III.19**  
**Geração de renda para tecnologias de geração centralizada de eletricidade**  
*(Em mil US\$/ano)*



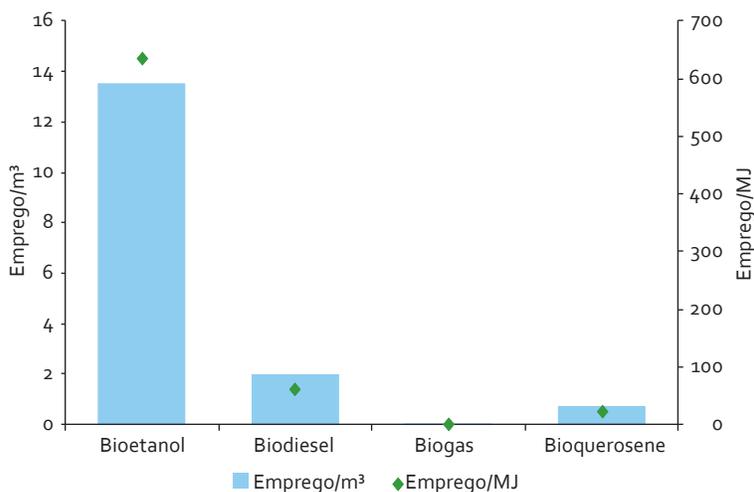
Fonte: Elaboração própria com base em Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), "Emissões Veiculares no Estado São Paulo - Fator de Emissão 2018" [online], <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/relatorios-e-publicacoes/>, 2019.

A geração de renda, direta, indireta e induzida, foi levada em conta para quatro tecnologias de geração de eletricidade, em função da disponibilidade dos dados: grandes hidrelétricas, centrais solares fotovoltaicas, termelétricas a biomassa florestal e centrais eólicas *onshore*.

**Biocombustíveis**

A criação de empregos no setor de biocombustíveis, segundo a REN21 (2019), considera as fases agrícola e de processamento industrial agregadas para o bioetanol, mas isso não está explicitado no que diz respeito ao biodiesel. Portanto, pode-se especular se vem daí a expressiva diferença nos valores de criação de emprego nos dois casos. Mas é sabido que a cultura da soja é pouco intensiva em recursos humanos. Para o biogás, a criação de emprego não é significativa porque a maior parte da atividade está associada ao aterro sanitário.

**Gráfico III.20**  
**Criação de emprego para tecnologias de biocombustíveis**  
*(Em postos de trabalho/MJ e postos de trabalho/m³)*



Fonte: Elaboração própria com base em Agencia Nacional do Petroleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), "RenovaCalc 2019" [online], [www.anp.gov.br/images/Consultas\\_publicas/CP10-2018\\_Calculadora](http://www.anp.gov.br/images/Consultas_publicas/CP10-2018_Calculadora), 2019; REN21, *Renewables 2019 - Global Status Report*, Paris, 2019; e Wei, Max, Shana Patadia e Daniel Kammen, "Putting renewables and energy efficiency to work: How many jobs can the clean energy industry generate in the US?", *Energy Policy*, vol. 38, ed. 2, fevereiro, 2010.

## C. Oportunidades de aprimoramento e recomendações

Este capítulo fornece uma seleção de indicadores de desempenho para soluções energéticas de baixo carbono selecionadas para o Brasil e suas estimativas. A avaliação realizada considera diferentes dimensões do desenvolvimento sustentável, contemplando indicadores dos pilares ambiental, técnico-econômico, social e político-institucional.

Um achado importante, endossado pelas contribuições fornecidas pelos especialistas participantes do EBP Workshop de outubro 2019, revela que não existe um setor ou tecnologia que seja bala de prata, ou seja, que atenda todas as dimensões da sustentabilidade. Esse achado sublinha um dos principais pontos da abordagem do *Big Push* para a Sustentabilidade: há vantagens claras em se trabalhar com uma combinação de investimentos complementares (ao invés de apostar em uma única tecnologia) quando se busca alcançar benefícios em múltiplas dimensões do desenvolvimento sustentável. Outro achado é que não há um único indicador "*one-size fits all*", e alguns deles permitem apenas uma análise qualitativa. Além disso, interligações potenciais entre indicadores devem ser consideradas. A análise isolada de um indicador pode levar a erros de interpretação. As informações fornecidas por diferentes indicadores geralmente são complementares e é necessária uma avaliação transversal para permitir uma compreensão abrangente da questão examinada. Além do mais, nem todo indicador é aplicável a todas as tecnologias.

Por outro lado, os dados utilizados provêm de fontes variadas, que utilizam metodologias e suposições diferentes. A interpretação dos resultados deve levar isso em consideração. No presente caso, os resultados apresentados foram validados por uma equipe de especialistas durante o referido EBP Workshop, realizado no CGEE em Brasília, nos dias 30 e 31 de outubro de 2019, seguindo as ações previstas no EBP que são descritas na introdução.

Outros aspectos que normalmente não são capturados pela seleção de indicadores são relevantes para o desenho de políticas e estratégias. Dentre eles, intermitência e confiabilidade das fontes de energia, co-benefícios, pressão potencial sobre o uso da terra, capacidade para implantação de tecnologias, métricas de inovação, bem como escalas temporais e espaciais. Além disso, considerar todas as etapas de produção e de uso de energia pode melhorar ainda mais os indicadores. Uma avaliação de ciclo de vida que leva em consideração a fase agrícola (se aplicável), a cadeia de suprimento e o descarte / descomissionamento permite cobrir mais aspectos relevantes da tomada de decisão.

A relevância dos indicadores é outro tópico levantado por especialistas. Os indicadores podem ter relevância variável de acordo com o processo de tomada de decisão que eles informam. Métodos como análise multicritério e questionários Delphi para avaliações qualitativas podem atuar como ferramentas importantes para definir pesos e prioridades. Além disso, a análise realizada não contemplou tecnologias de transmissão, distribuição e armazenamento de eletricidade, pois há muito poucos dados disponíveis. O impacto das redes inteligentes, por exemplo, é bastante difuso e, portanto, difícil de avaliar, embora relevante.

Considerando os aspectos acima, uma das principais prioridades de ação futura é aprofundar a identificação das lacunas existentes em relação às bases de dados para quantificação de indicadores e a harmonização das metodologias empregadas. Uma melhor coesão entre as fontes de dados é essencial para garantir a intercomparabilidade entre as tecnologias. Um diagnóstico mais acurado permitiria identificar outras instituições encarregadas de fornecer esses dados regularmente, a fim de acompanhar mais de perto o progresso das diferentes soluções tecnológicas. Nesse sentido, seria conveniente ampliar o número de instituições engajadas no processo, e que podem contribuir com ele. Por fim, é importante identificar mecanismos capazes de garantir a continuidade do desenvolvimento, atualização, alcance e adoção de indicadores.

Um painel de indicadores bem concebido pode ser de grande utilidade para ajudar na tomada de decisão, oferecendo informações técnicas sobre múltiplas dimensões do desenvolvimento sustentável. Uma tomada de decisão bem informada conduz a investimentos em pesquisa e desenvolvimento de melhor qualidade e coordenação, e à adoção de mecanismos de incentivo à inovação adequados, contribuindo para um grande impulso energético no Brasil.

## Bibliografia

- ANA (Agência Nacional de Águas) (2019), *Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil*, Superintendência De Planejamento De Recursos Hídricos (SPR), Brasília.
- ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) (2019), "RenovaCalc 2019" [online], [www.anp.gov.br › images › Consultas\\_publicas › CP10-2018\\_Calculadora](http://www.anp.gov.br/images/Consultas_publicas/CP10-2018_Calculadora).
- Banco Central do Brasil (2019), "Taxa de câmbio comercial para venda: real (R\$) / dólar americano (US\$) - média 2019" [online] <http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx> [data de consulta: 21 de outubro de 2019].
- Brasil (2015), *Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada para Consecução do Objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*, Brasília.
- Bukhary, Saria, Sajjad Ahmad e Jacimaria Batista (2018), "Analyzing land and water requirements for solar deployment in the Southwestern United States", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, vol. 82.
- C40 (2013), *Low carbon technologies can transform Latin America's bus fleets*, C40 Cities: Climate Leadership Group; Clinton Foundation, Inter American Development Bank, Julho.
- Carvalho, Francielle (2017), "Evaluation of the Brazilian Potential for Producing Aviation Biofuels through Consolidated Routes", *Dissertação de mestrado*, Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, fevereiro.
- CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) (2019), "Emissões Veiculares no Estado São Paulo - Fator de Emissão 2018" [online], <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/relatorios-e-publicacoes/>.
- Delft (2013), *Zero emissions trucks: An overview of state-of-the-art technologies and their potential*, Stuttgart, Julho.
- DLR (Docklands Light Railway) (2015), *Project Report: Alternative Transport Technologies for Megacities*, German Aerospace Center, Institute of Vehicle Concept, Stuttgart, Fevereiro.
- Edenhofer Ottmar e outros (eds.) (2011), *Renewable energy sources and climate change mitigation: Special report of the intergovernmental panel on climate change*, Cambridge, Reino Unido, IPCC.
- EPE (Empresa de Pesquisa Energética) (2019), *Balço Energético Nacional 2019: Relatório síntese, ano base 2018*, Brasília, Ministério de Minas e Energia/Empresa de Pesquisa Energética (MME/EPE).
- \_\_\_\_ (2018a), *Balço Energético Nacional 2018: Relatório síntese, ano base 2017*, Brasília, Ministério de Minas e Energia/Empresa de Pesquisa Energética (MME/EPE).
- \_\_\_\_ (2018b), *Estudo sobre a Economicidade do Aproveitamento dos Resíduos Sólidos Urbanos em Aterro para Produção de Biometano*, Rio de Janeiro, Ministério de Minas e Energia/Empresa de Pesquisa Energética (MME/EPE).
- \_\_\_\_ (2018c), *Nota Técnica EPE 019/2018 – Estudo sobre a Economicidade do Aproveitamento dos Resíduos Sólidos Urbanos em Aterro para Produção de Biometano*, Rio de Janeiro, Ministério de Minas e Energia/Empresa de Pesquisa Energética (MME/EPE), agosto.
- \_\_\_\_ (2018d), *Nota Técnica EPE 026/2018 – Análise socioambiental das fontes energéticas do PDE 2027*, Rio de Janeiro, Ministério de Minas e Energia/Empresa de Pesquisa Energética (MME/EPE), novembro.
- \_\_\_\_ (2018e), *Nota Técnica PR 07/18 - Premissas e Custos da Oferta de Energia Elétrica no Horizonte 2050*, Rio de Janeiro, Ministério de Minas e Energia/Empresa de Pesquisa Energética (MME/EPE), novembro.
- \_\_\_\_ (2018f), *Plano Decenal de Expansão de Energia 2027*, Brasília, Ministério de Minas e Energia/Empresa de Pesquisa Energética (MME/EPE).
- \_\_\_\_ (2017), *Estudos Para a Expansão da Geração - Custo Marginal de Expansão do Setor Elétrico Brasileiro Metodologia e Cálculo – 2017*, Brasília, Ministério de Minas e Energia/Empresa de Pesquisa Energética (MME/EPE).
- GBEP (Global Bioenergy Partnership) (2011), *The global bioenergy partnership sustainability indicators for bioenergy*, GBEP/Global Bioenergy Partnership, Suécia.
- Greenpeace (2016a), *Dossiê Ônibus Limpo: Benefícios de uma transição para combustíveis renováveis na frota de São Paulo*, São Paulo, Agosto.
- \_\_\_\_ (2016b), *Revolução Energética - Rumo a um Brasil com 100% de energias limpas e renováveis*, Rio de Janeiro.
- Hagman, Jeans e outros (2016), "Total cost of ownership and its potential implications for battery electric vehicle diffusion", *Research in Transportation Business & Management*, vol. 18, março.
- ICCT (International Council on Clean Transportation) (2019), *PROMOBE: Avaliação Internacional de Políticas Públicas para Eletromobilidade em Frotas Urbanas*, Brasília, GIZ/MDIC (Agência Alemã de Cooperação Internacional/ Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços), novembro.

- IEA (International Energy Agency) (2019), *IEA G20 Hydrogen report: Assumptions*, IEA, Paris.
- \_\_\_\_\_(2018), *World Energy Outlook 2018*, IEA, Paris.
- \_\_\_\_\_(2017), *World Energy Investment 2017*, IEA, Paris.
- \_\_\_\_\_(2011), "Guide to Reporting Energy RD&D Budget/Expenditure Statistics", *Statistics Report*, IEA, Paris, June.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2006), *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*, Eggleston, Simon e outros (Eds.), Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Japan.
- IRENA (International Renewable Energy Agency) (2019), *Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2019*, Emirados Árabes, junho.
- \_\_\_\_\_(2014), *Evaluating Renewable Energy Policy: A Review of Criteria and Indicators for Assessment*, UK Energy Research Centre, janeiro.
- IRENA/WRI (International Renewable Energy Agency/World Resources Institute) (2018), *Water use in India's power generation : Impact of renewables and improved cooling technologies to 2030*, janeiro.
- La Rovere, Emilio Lèbre e outros (2018), *Implicações Econômicas e Sociais dos Cenários de Mitigação de GEE no Brasil até 2050: Projeto IES-Brasil*, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia/Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE / UFRJ), Rio de Janeiro.
- Lajunen, Antti e Timothy Lipman (2016), "Lifecycle cost assessment and carbon dioxide emissions of diesel, natural gas, hybrid electric, fuel cell hybrid and electric transit buses", *Energy*, vol. 106, julho.
- MCTIC (Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações) (2018), *Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022*, Brasília.
- \_\_\_\_\_(2017), *Estimativas Anuais de Emissões Totais de Gases de Efeito Estufa no Brasil*, Brasília.
- MME (Ministério de Minas e Energia) (2018), *RenovaBio 2017*, Brasília.
- Musial, Walt e outros (2016), *Offshore Wind Energy Resource Assessment for the United States*, National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden, CO.
- NREL (National Renewable Energy Laboratory) (2018), *Jobs and Economic Development Impact (JEDI) Models*, Estados Unidos.
- PSR (2018), *Custos e Benefícios das Fontes de Geração Elétrica: Caderno de Geração*, Instituto Escolhas, agosto.
- Rathmann, Régis (org.) (2017), *Modelagem integrada e impactos econômicos de opções setoriais de baixo carbono*, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), ONU Meio Ambiente, Brasília.
- REN21 (Renewables Now) (2019), *Renewables 2019 - Global Status Report*, Paris.
- Simsek, Yeliz, David Watts e Rodrigo Escobar (2018), "Sustainability evaluation of Concentrated Solar Power (CSP) projects under Clean Development Mechanism (CDM) by using Multi Criteria Decision Method (MCDM)", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 93, outubro.
- UCS (Union of Concerned Scientists) (2018), "Electric Vehicle Batteries: Materials, Cost, Lifespan" [online], <https://www.ucsusa.org/resources/ev-batteries>.
- Vera, Ivan e Lucille Langlois (2007), "Energy indicators for sustainable development", *Energy*, vol. 32, ed. 6, Viena, junho.
- Wei, Max, Shana Patadia e Daniel Kammen (2010), "Putting renewables and energy efficiency to work: How many jobs can the clean energy industry generate in the US?", *Energy Policy*, vol. 38, ed 2, fevereiro.

## IV. Mecanismos de incentivo à inovação em energia no Brasil

### A. Contexto

O terceiro eixo do projeto *Energy Big Push* (EBP) diz respeito à identificação de linhas estratégicas e instrumentos prioritários para acelerar os investimentos em inovação em energia de baixo carbono no Brasil. Este capítulo está baseado no relatório final do Eixo 3 do EBP, intitulado “Mecanismos de incentivo à inovação em energias limpas: Caminhos para um grande impulso energético”, o qual pode ser consultado para maiores detalhes e informações pormenorizadas. O objetivo principal desse eixo foi desenvolver linhas estratégicas e propor mecanismos de incentivo a investimentos em inovação em energias limpas e eficiência energética. A fim de contribuir com a viabilização de um grande impulso energético no Brasil, os trabalhos do Eixo 3 do EBP incluíram levantamento amplo e análise dos mecanismos de incentivo à inovação em energia disponíveis no Brasil, revisão das principais experiências internacionais e recomendações de linhas estratégicas e instrumentos prioritários para acelerar a inovação em energias limpas e sustentáveis no país, incluindo um conjunto de 16 linhas de ação.

### B. Levantamento e análise dos mecanismos de incentivo à inovação em energia existentes no Brasil

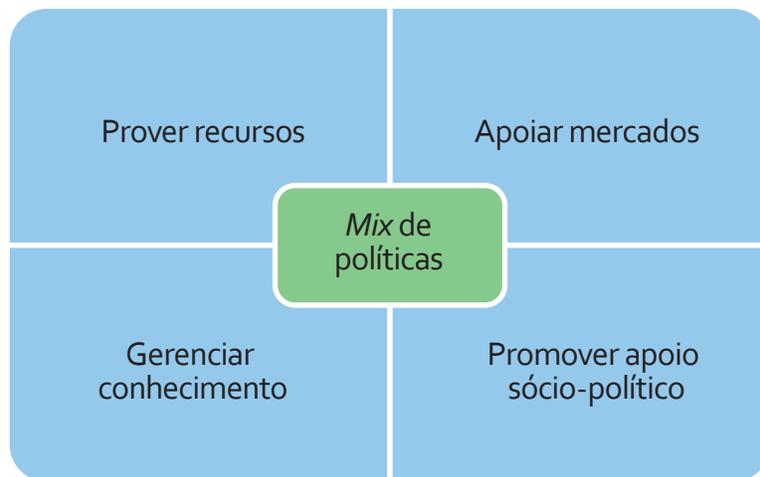
O levantamento e análise de mecanismos de incentivo à inovação em energia disponíveis no Brasil foi a primeira etapa realizada, que consistiu em efetuar um mapeamento amplo dos mecanismos e instrumentos de incentivo capazes de fomentar diretamente atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e inovação em energia no país. Foram identificados os instrumentos existentes de fomento à inovação em geral (ou seja, que podem ser aplicados para o caso específico de projetos de P&D na área de energia, mas também para projetos em outras áreas) no Brasil, que incluíram bolsas científicas, programas e infraestrutura de pesquisa (editais e chamadas para projetos, etc.), fundos e programas para projetos em cooperação, recursos para apoiar eventos científicos, subvenção econômica, linhas de crédito subsidiado (empréstimos com equalização de juros), investimento de renda variável, incentivos

fiscais para inovação e outros tipos de incentivos. Também foram identificados mecanismos de incentivo à inovação específicos para o setor energético, incluindo o Fundo Setorial de Energia Elétrica, o Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica, o Fundo Setorial de Transportes Terrestres e Hidroviários e o Rota 2030 – Mobilidade e Logística. Além dos incentivos a atividades de P&D, também foram considerados mecanismos de incentivos para inovações no estágio de aplicação e comercialização. O relatório técnico final do Eixo 3 pode ser consultado para detalhes sobre esses instrumentos.

Os mecanismos de incentivo disponíveis no Brasil para apoiar o desenvolvimento tecnológico das energias de baixo carbono e sustentáveis foram, então, classificados em quatro funções fundamentais, segundo a IEA (2019a e 2020):

- i) Prover recursos: mecanismos de incentivo que impulsionam a inovação por meio da provisão de fundos, mão de obra qualificada, etc.;
- ii) Gerenciar conhecimento: mecanismos de incentivo focados na criação, gestão e transmissão de conhecimento ao longo da cadeia de valor;
- iii) Apoiar mercados: mecanismos de incentivo que estimulam a inovação ao promover a criação de mercados para e a aplicação de novas tecnologias por meio de compras públicas, cotas de mercado, regulação etc.;
- iv) Promover apoio sócio-político: mecanismos de incentivo que promovem o engajamento de todas as partes interessadas relevantes, incluindo os consumidores, por exemplo, por meio de rotulagem e outras formas de informação.

**Diagrama IV.1**  
Mecanismos de incentivo à inovação, segundo sua função



Fonte: Elaboração própria com base em International Energy Agency (IEA), "Framework to assess energy innovation systems" [online] <https://www.iea.org/topics/innovation>, inédito, 2020; e International Energy Agency (IEA), "Clean energy transitions: Accelerating innovation beyond 2020" [online] <https://www.iea.org/reports/clean-energy-transitions-accelerating-innovation-beyond-2020> [data de consulta: 04 de outubro de 2019], 2019.

A tabela IV.1 apresenta um resumo dos mecanismos de incentivo à inovação em energia existentes no Brasil, segundo sua função.

**Tabela IV.1**  
**Os mecanismos de incentivo à inovação em energia do Brasil por função**

Prover recursos	Gerar conhecimento	Apoiar mercados	Promover apoio sócio-político
Bolsas científicas	Bolsas científicas	Eólica, solar, biomassa: <i>Criação de mercado</i> (leilões no setor elétrico, desconto nas tarifas elétricas, <i>net metering</i> , incentivos fiscais)  Eólica e solar: <i>Aplicação</i> (crédito com equalização de juros, Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura - REIDI, requisitos de conteúdo local, incentivos fiscais)	Eficiência energética: Lei de Eficiência Energética, Procel, Conpet-Petrobrás, PBE-Inmetro
Projetos em cooperação (Finep Conecta, BNDES Funtec, Embrapii)	Apoio à pesquisa (projetos e infraestrutura de pesquisa)	Eletromobilidade: <i>Criação de Mercado</i> (incentivos fiscais por meio de Rota 2030, IPVA, II e IPI) <i>Aplicação</i> (empréstimo subsidiado)	
Subvenção econômica, Programa Centelha, Tecnova	Projetos em cooperação (Fundo Verde Amarelo, fundos estaduais via FAPs, Finep Conecta, BNDES Funtec, Embrapii)	Eficiência energética: <i>Aplicação</i> (PEE ANEEL, empréstimo subsidiado, Rota 2030)	
Investimento de renda variável (fundos e programas da Finep e BNDES)	Cooperação internacional (subvenção Finep)	Biocombustíveis: <i>Criação de mercado</i> (mistura obrigatória, leilões de biodiesel, RENOVABIO) <i>Aplicação</i> (PBE-MME, empréstimos subsidiados)	
Empréstimo subsidiado (programas de FINEP e BNDES)	Fundos setoriais (agronegócio, biotecnologia, de transporte terrestre e hidroviário, energia)		
Incentivos fiscais (Lei do Bem, Lei da Informática, Rota 2030, Padis)			
P&D Aneel			
Fundos setoriais (agronegócio, biotecnologia, de transporte terrestre e hidroviário, energia)			

Fonte: Elaboração própria.

A análise realizada nessa primeira etapa permitiu concluir que, apesar de múltiplos mecanismos existentes, além de políticas e planos setoriais que tratam de energias limpas nas áreas de energia, transporte e clima, o Brasil não apresenta uma estratégia nacional coordenada e de longo prazo para a inovação em energia de baixo carbono. Além disso, foram identificados os seguintes principais obstáculos a serem superados para que se possa avançar no desenvolvimento dessas tecnologias no Brasil:

- i) Garantir a continuidade de disponibilidade de orçamento público para atividades de P&D no longo prazo, consistente com as prioridades nacionais, para fortalecer a credibilidade dos mecanismos de provisão de recursos ao longo do tempo;
- ii) Desenvolver planos consistentes e interrelações entre as prioridades na área de energia, clima e desenvolvimento nacional, tais como segurança e soberania energética, desenvolvimento de energia renovável, melhoria da eficiência energética, captura e armazenamento de carbono, produtividade e competitividade etc.;
- iii) Aprimorar a definição de prioridades no sentido de coordenar as prioridades de energia, de clima, de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) e de desenvolvimento com os mecanismos de incentivo;

- iv) Fortalecer a articulação e a coordenação entre os diferentes órgãos governamentais e as partes interessadas com relação à definição de prioridades;
- v) Equilibrar os mecanismos de incentivo para inovação em energia no conjunto de políticas (*policy mix*) no que tange às suas funções, especialmente balancear a importância dos mecanismos de provisão de recursos e mecanismos de apoio a mercados, já que os mecanismos explicitamente voltados para o setor de energia estão concentrados nessa função (tabela IV.1);
- vi) Fortalecer o apoio ao processo inovativo em todos os seus estágios, incluindo desde aqueles mais iniciais de pesquisa básica até os estágios de desenvolvimento experimental e comercialização, considerando que os tipos de mecanismos de incentivo diferem segundo o estágio de inovação sobre os quais atuam, uma vez que inovações em estágio mais inicial requerem incentivos mais robustos, tais como subvenções econômicas e recursos não-reembolsáveis devido à elevada incerteza e alto risco (ver tabela IV.2).

**Tabela IV.2**  
Relação entre tipo de inovação, incerteza, risco e mecanismos de incentivo

Tipo de Inovação	Incerteza	Risco	Mecanismo de incentivo
Pesquisa básica e invenção	Incerteza verdadeira	Incalculável	Não reembolsável Encomenda tecnológica Capital de risco
Inovações radicais de produto e processo desenvolvidas fora da empresa	Altíssimo grau de incerteza	Altíssimo	Participação acionária Subvenção econômica Compras públicas Encomenda tecnológica Capital de risco
Inovações de produto e inovações de processo na própria empresa	Alto grau de incerteza	Alto	Participação acionária Subvenção econômica Compras públicas Recursos não reembolsáveis para interação com instituições de ciência e tecnologia (ICT)/empresa Capital de risco
Nova geração de produtos conhecidos	Incerteza moderada	Moderado	Crédito equalizado Recursos não reembolsáveis para interação ICT/empresa
Inovação sob licença; imitação e diferenciação de produto; melhoramentos e adaptações em produtos e processos	Baixa incerteza	Baixo	Crédito (em alguns casos com equalização de juros) Incentivo fiscal
Diferenciação de produto; inovação de produto conhecido; adoção tardia de inovação de processo estabelecido na própria firma; melhoramentos técnicos secundários	Incerteza muito baixa	Muito baixo	Crédito Incentivo fiscal

Fonte: Elaboração própria com base em José Luis Gordon e José Eduardo Cassiolato, "O Papel do Estado na Política de Inovação a partir dos seus instrumentos: uma análise do Plano Inova Empresa", *Revista de Economia Contemporânea*, vol. 23, N<sup>o</sup> 3, Rio de Janeiro, novembro, 2019.

## C. Revisão da experiência internacional

O levantamento e a análise dos mecanismos de incentivo no Brasil permitiram identificar lacunas e obstáculos para a inovação em energia no país. Essa análise serviu de insumo para a etapa seguinte, de revisão das experiências internacionais, ao buscar analisar as lições aprendidas e práticas para contornar essas questões realizadas em outros países, que eventualmente pudessem ser úteis para o caso do Brasil. A seleção das experiências internacionais considerou países com posição de destaque em *rankings* de inovação em geral e inovação em energia renovável, que tenham iniciado ou passado por um processo relevante de transição energética de baixo carbono, que apresentem um conjunto coerente de objetivos, políticas e incentivos para o desenvolvimento de inovações em energias limpas refletidos em uma governança coordenada dos diferentes atores e em um processo coerente de definição de prioridades

(consistência entre planos e políticas de energia, climáticas e de ciência, tecnologia e informação), que possam revelar mecanismos de incentivo à P&D alinhados com as prioridades do país para inovação em energias limpas e que apresentem alguma semelhança com o Brasil em termos de prioridades energéticas. Os seis países selecionados para revisão das experiências internacionais são: Reino Unido, Dinamarca, Japão, Noruega, Chile e Finlândia (ver diagrama IV.2).

**Diagrama IV.2**  
Países selecionados para revisão da experiência internacional

REINO UNIDO	DINAMARCA	JAPÃO	NORUEGA	CHILE	FINLÂNDIA
					
GII: 5º GEII: 9º	GII: 7º GEII: 10º	GII: 15 GEII: 3	GII: 19º GEII: 1º	GII: 51º GEII: 20º	GII: 6º GEII: 2º
*	*	*	*	*	*
Líder global em energia eólica <i>offshore</i>	Líder na participação de energia eólica e bioeletricidade	Segunda maior capacidade instalada em solar fotovoltaico	40% da oferta de energia primária é baseada em hidreletricidade	Liderança em produção de energia solar na América Latina	Líder na participação de bioeletricidade

Fonte: Elaboração própria com base em Cunliff, Colin e David Hart, "Global Energy Innovation Index: national contributions to the global clean energy innovation system", *Information Technology and Innovations Foundation*, Agosto, 2019; Cornell University, Institut Européen d'Administration des Affaires (INSEAD) e World Intellectual Property Organization (WIPO), *The Global Innovation Index 2019: Creating Healthy Lives—The Future of Medical Innovation*, Ithaca, Fontainebleau e Geneva, 2019; e International Energy Agency (IEA), *World Energy Outlook 2019*, IEA, Paris, 2019.

Nota: GII refere-se ao Global Innovation Index e GEII refere-se ao Global Energy Innovation Index.

A partir da revisão da experiência internacional, foram extraídas as principais lições aprendidas e práticas que podem ser úteis para o Brasil.

### Estratégias, objetivos e planos de longo prazo para orientar mecanismos de incentivo

Mecanismos de incentivo são meios para atingir fins. Os objetivos de políticas fazem parte de planos mais amplos relacionados à estratégia de longo prazo do país e sua visão de futuro, incluindo o futuro dos sistemas de energia e a sustentabilidade do desenvolvimento a longo prazo. Para serem traduzidos em políticas públicas, as estratégias, os objetivos e os planos de longo prazo requerem coordenação e o envolvimento, em todos os níveis federativos e de tomada de decisão, de atores do governo. Na Dinamarca, por exemplo, as políticas energéticas e climáticas foram elaboradas a muitas mãos e a Estratégia Digital envolveu três níveis governamentais: autoridade nacional, autoridades regionais e autoridades municipais. Consultas amplas e participação social são vitais para identificar aspirações nacionais comuns, criar consensos, confiança e legitimidade, aumentar a transparência, gerenciar riscos e gerar o engajamento necessário para mudanças transformadoras. No Chile, a construção da Política Nacional de Energia 2050 incorporou um espírito democrático, definindo três instâncias complementares de participação: nos níveis político-estratégico, técnico e público. Os processos participativos de tomada de decisão podem ajudar a criar políticas coordenadas de energia e clima, considerar novas perspectivas e ideias e estabelecer metas e políticas de longo prazo mais resilientes e menos sujeitas a mudanças quando há diferentes administrações no poder.

### Governança estruturada para coordenar áreas de clima, energia e ciência, tecnologia e inovação (CT&I)

A coordenação de políticas é um grande desafio para qualquer país. Os países abordados neste estudo mostraram diferentes maneiras de estruturar seus arranjos de governança para coordenar as políticas energética e climática. No Reino Unido, por exemplo, ambas políticas estão sob a responsabilidade de um único departamento (equivalente a um ministério no Brasil), o Departamento de Negócios, Energia e Estratégia Industrial (BEIS, da sigla em inglês). No Japão, foi estabelecida uma estratégia de longo prazo que entrelaça as metas de energia e clima sob a mesma estrutura. Na Finlândia, a mesma articulação pode ser observada sob a Estratégia Nacional de Energia e Clima para 2030. Existem vários arranjos de governança nos países revisados, que estabelecem claramente responsabilidades e papéis compartilhados de uma maneira que permita a coordenação entre essas áreas de políticas.

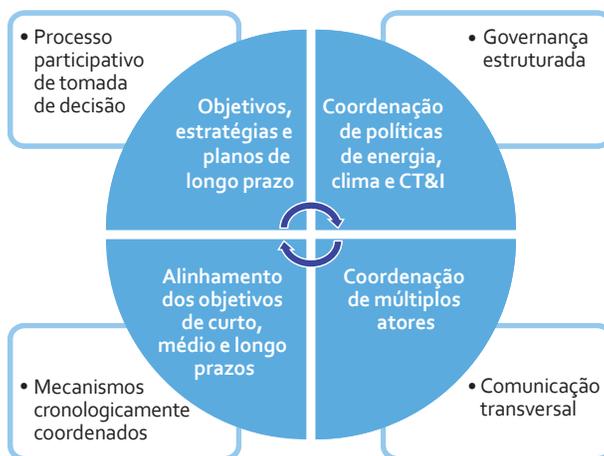
### Comunicação transversal e coordenação de diversas partes interessadas

A revisão da experiência internacional mostra que a comunicação transversal e a coordenação de diversas partes interessadas entre os principais órgãos governamentais, tomadores de decisão e atores envolvidos com clima, energia e ciência, tecnologia e inovação têm sido uma característica comum entre os países líderes. Nesses países, as partes interessadas relevantes têm sido mobilizadas nos estágios de concepção, implementação e avaliação de políticas nessas áreas. Existem diversos arranjos para gerenciar a coordenação transversal. A Finlândia, por exemplo, colocou a coordenação na letra da lei. A Lei de Mudanças Climáticas (609/2015) define a responsabilidade de cada ator e atribui ao Departamento de Energia do Ministério da Economia o papel da coordenação no país. A coordenação é um desafio não apenas para diferentes ministérios e entidades governamentais, mas também se refere à criação de mais interações entre órgãos públicos, empresas privadas, instituições de ciência e tecnologia (ICTs) e a sociedade civil. No Reino Unido, por exemplo, os centros de P&D apoiados pelo governo coordenam esforços com a indústria e os ICTs na condução de projetos de inovação. Os programas e instituições de P&D da Noruega (OG21, ENERGY21) incluem membros do conselho de diferentes grupos da sociedade.

### Alinhamento cronológico dos mecanismos de incentivo à P&D e prioridades energéticas e climáticas

Energia, clima e ciência, tecnologia e inovação são áreas de políticas de longo prazo, o que sublinha a importância de alinhar as metas no tempo. O Japão fornece um exemplo da importância do alinhamento cronológico. Primeiro, o país estabeleceu as metas políticas de médio e longo prazo para definir posteriormente incentivos de curto e médio prazo que atendam às metas de longo prazo. Essa correspondência cronológica leva à coerência entre os mecanismos de P&D no tempo segundo as prioridades pelas nações.

**Diagrama IV.3**  
O longo prazo e a coordenação no governo, entre atores e no tempo



### Equilíbrio entre diferentes mecanismos de incentivo

A revisão da experiência internacional enfatiza a existência de uma combinação equilibrada de mecanismos de incentivo à inovação, de acordo com suas quatro funções (rever o diagrama IV.1). Com exceção do Chile, os países revisados mostram uma combinação balanceada de incentivos à inovação entre essas funções. Além disso, a experiência internacional também destaca a importância de aplicar uma ampla gama de instrumentos, incluindo os obrigatórios, como *feed-in tariffs*, cotas de energia renovável, especialmente para tecnologias emergentes, como tecnologias de energia renovável menos maduras.

### Suporte robusto para todas as etapas do processo de inovação

As experiências internacionais mostram, ainda, que se um país pretende desenvolver com sucesso inovações em energia para apoiar transições de baixo carbono, então todas as etapas do processo de inovação devem ser apoiadas: das pesquisas básica e aplicada ao desenvolvimento experimental, demonstração e comercialização. Na Dinamarca, por exemplo, diferentes entidades são responsáveis por diferentes níveis do processo de inovação, em que as agências financiadoras de P&D apoiam a pesquisa básica e parte dos estágios de desenvolvimento, a agência local de energia apoia o desenvolvimento experimental e demonstração de novas tecnologias e os fundos de inovação apoiam a comercialização da tecnologia por meio de canais disponíveis para grandes empresas, pequenas e médias empresas (PMEs), *startups* e ICTs. A análise das experiências internacionais também sugere que os estágios de desenvolvimento tecnológico e comercialização de inovações energéticas dependem de iniciativas robustas e fortes que promovam projetos em cooperação com empresas de todos os tamanhos, como centros públicos de P&D —à exemplo do ORE Catapult (Reino Unido) ou do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Industrial Avançada (Japão). O serviço de rede (*network*) e as incubadoras também desempenham um papel importante. Esse achado sublinha a importância de se aplicarem instrumentos diferenciados segundo o estágio do processo inovativo, conforme ilustrado na tabela IV.2.

### Foco na transição energética amplamente entendida

Os programas de P&D dos países revisados no presente estudo concentram-se em transições energéticas de baixo carbono amplamente compreendidas, que envolvem a transformação de todo o sistema energético, e não apenas promovendo algumas fontes energéticas específicas. Além das energias renováveis, as áreas complementares também são vistas como prioridades para transformar profundamente o sistema energético, como energia distribuída (geração de energia distribuída, armazenamento de energia, eletromobilidade e infraestrutura de recarga, eficiência energética e gerenciamento do lado da demanda). A Smart Energy da Finlândia e a Energy System Catapult do Reino Unido são exemplos de programas de inovação que buscam induzir a incorporação de diversas tecnologias no setor de energia para além das fontes energéticas renováveis —tais como digitalização, Internet das Coisas (IoT, da sigla em inglês), inteligência artificial, sistemas de armazenamento de energia, redes inteligentes— que podem aprimorar a conectividade e a integração do sistema de energia e otimizar a produção e o consumo de energia do ponto de vista sistêmico. Esse foco amplo também requer mecanismos de incentivo para a construção de novos modelos de negócios e para o direcionamento da demanda do consumidor.

### Reforçar a transformação do conhecimento em tecnologia e inovação

No Brasil, o conhecimento é gerado principalmente por meio de publicação científica da academia: o Brasil ocupa o 13º lugar em volume de artigos científicos produzidos em 2016 no mundo. O registro de patentes por organizações acadêmicas e de pesquisa no Brasil tem aumentado desde o início dos anos 2000. No entanto, existem relações limitadas entre a pesquisa realizada na academia e sua aplicação ou desenvolvimento pela indústria, governo ou sociedade. A revisão das experiências internacionais mostra que os países líderes têm programas focados em transformar a pesquisa desenvolvida pela academia em aplicações práticas ou soluções de empresas, governo (por exemplo, sistemas de saúde pública) etc. Por exemplo, o programa ACCEL do Japão financia a Prova de Conceito (POC) para preencher a lacuna entre a aplicação prática dos resultados de pesquisa mais relevantes alcançados pelos projetos financiados

pelos programas básicos de pesquisa. O país também patrocina o programa A-STEP, que busca trazer inovações da academia para o mercado. O programa A-STEP financia toda a cadeia de inovação. Uma lição importante que pode ser aprendida com a revisão das experiências internacionais, incluindo o A-STEP, é que o mecanismo de incentivo específico (subvenções ou empréstimos sem juros) a ser empregado deve considerar o estágio de desenvolvimento tecnológico e de inovação (resultados de pesquisas teóricas ou mais avançadas), de modo que os estágios mais iniciais (pesquisa básica, por exemplo) exigem incentivos mais robustos (como subvenções econômicas, financiamento não reembolsável etc.), pois os estágios iniciais da inovação também são os que envolvem mais riscos e incertezas. Outros instrumentos, como crédito (como empréstimos a juros próximos aos de mercado), são mais apropriados para as etapas posteriores da inovação (como comercialização), nos quais a maturidade tecnológica se traduz em menos riscos e maiores possibilidades de lucro.

### **As compras públicas podem ser um forte mecanismo de incentivo à inovação em energia**

Na Finlândia, o KEINO Competence Center é uma organização baseada em rede composta por uma série de partes interessadas relacionadas compras públicas e apoio à inovação. Financiado pelo Ministério de Assuntos Econômicos e Emprego (MEAE), consiste no desenvolvimento de competências para compras públicas sustentáveis e inovadoras e na ampliação das boas práticas em todos os níveis governamentais. Várias estratégias e planos, tanto em nível nacional, regional e organizacional, identificaram as compras públicas como uma ferramenta para alcançar compromissos de sustentabilidade. O principal objetivo do KEINO Center para 2018-2021 é aumentar o número de compras inovadoras e sustentáveis em 5%. O caso da Finlândia ilustra como as compras públicas podem ser adaptadas para promover soluções sustentáveis.

### **O papel das colaborações internacionais**

A colaboração internacional para inovação em energia é cada vez mais relevante em um contexto de redução exponencial nos custos e crescimento acelerado na implantação de energia limpa. O Chile é um exemplo emblemático de cooperação internacional. O Programa Solar do Chile depende fortemente da cooperação com a Alemanha. Este programa visa desenvolver uma indústria solar nacional com capacidades tecnológicas de ponta para lidar com os desafios locais e tornar o Chile um participante competitivo no mercado global de energia solar. O governo alemão, por meio de seu banco de desenvolvimento, está cofinanciando os projetos com o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) para instalar Centrais de Energia Solar Concentrada (CSP, da sigla em inglês) no Chile. Além disso, um centro de inovação alemão foi estabelecido no Chile (Fraunhofer Chile Research) e venceu uma licitação para desenvolver um centro de excelência em tecnologias de energia solar em 2012/2013. As especificidades do deserto chileno criam desafios diferentes para a geração solar em comparação com a Alemanha.

## **D. Relevância no contexto do *Big Push* para a Sustentabilidade**

Os achados do Eixo 3 do EBP vão diretamente ao encontro da abordagem do *Big Push* para a Sustentabilidade em muitos aspectos. Conforme argumentado no capítulo I, na abordagem do *Big Push* para a Sustentabilidade, o pilar mais importante para orientar os investimentos transformadores rumo a um estilo de desenvolvimento mais sustentável são as aspirações nacionais. Não há um estilo de desenvolvimento sustentável "tamanho único", ou seja, aplicável uniformemente a todos os países, mas sim uma ampla gama de opções possíveis. Entender e capturar o que cada sociedade vislumbra e deseja em termos de seu desenvolvimento futuro é, de longe, o pilar mais importante, pois é ele que orientará todo o arcabouço de políticas, planos e medidas a serem implementadas. Esse aspecto se destaca claramente no trabalho conduzido pelo Eixo 3, seja na revisão das experiências internacionais, seja nas recomendações para um *Big Push* energético no Brasil, conforme se verá adiante.

O segundo pilar orientador, na abordagem do *Big Push* para a Sustentabilidade, é a tripla eficiência, a qual também sobressai nos trabalhos realizados no Eixo 3. A eficiência schumpeteriana destaca que uma matriz produtiva mais integrada, complexa e intensiva em conhecimento gera externalidades positivas

de aprendizagem e inovação que se irradiam para toda a cadeia de valor. Essa é, posto de outro modo, a eficiência da inovação, que é objeto central do EBP. Na revisão da literatura internacional, torna-se clara a importância dos investimentos em inovação em energia como parte de uma estratégia não apenas de transição energética, mas de desenvolvimento. Já a eficiência keynesiana sublinha os ganhos de eficiência da especialização produtiva em bens cuja demanda cresce relativamente mais, gerando efeitos multiplicadores e impactos positivos na economia e nos empregos. A eficiência keynesiana está muito relacionada à eficiência schumpeteriana, uma vez que os mercados que mais crescem tendem a ser aqueles com maior dinamismo tecnológico e de inovação. Essa constatação também foi verificada neste estudo, uma vez que os investimentos em inovação em energia limpa têm permitido aos países estudados inserir-se competitivamente em mercados globais energéticos de rápida expansão, como por exemplo o mercado de energias renováveis variáveis (e.g. solar e eólica) ou o mercado da eletromobilidade. A eficiência da sustentabilidade, que enfatiza o clássico tripé de viabilidade econômica, justiça social e sustentabilidade ambiental, surge nos trabalhos realizados, que ressaltaram questões ligadas às oportunidades econômicas relacionadas ao surgimento de novos modelos de negócios, a relevância dos mecanismos de tomada de decisão participativa e o norte dado pelos compromissos climáticos de redução de emissões de gases do efeito estufa.

Além da clara relação com os pilares orientadores da abordagem do *Big Push* para a Sustentabilidade, outro aspecto recorrente nos trabalhos do Eixo 3 e que também é central nessa abordagem é a coordenação. A coordenação ampla, de políticas públicas e corporativas, nacionais e subnacionais, setoriais, fiscais, regulatórias, financeiras, de planejamento etc. e de atores em torno dos pilares orientadores de novos estilos de desenvolvimento é a condição para se mobilizarem os investimentos nacionais e estrangeiros, públicos e privados, que podem dar um grande impulso (*big push*) a um novo ciclo virtuoso de crescimento econômico, geração de emprego e renda, redução de desigualdades e brechas estruturais e promoção da sustentabilidade ambiental. Conforme este documento reforça, somente uma articulação abrangente e irrestrita poderá alavancar o grande volume de investimentos necessários para se colocar em marcha os processos de transformação desejados.

Observa-se, assim, uma nítida coincidência entre os achados do Eixo 3 com os principais elementos conceituais do *Big Push* para a Sustentabilidade, o que reforça sua validade enquanto abordagem orientadora para estilos de desenvolvimento mais sustentáveis, inclusive na área de energia.

## E. Linhas de ação para um grande impulso energético no Brasil

As recomendações finais resultam de um esforço colaborativo no âmbito das atividades do EBP (grupos de trabalho), que incluiu o levantamento e análise dos mecanismos de incentivo à inovação em energia existentes no Brasil, a revisão da experiência internacional e as valiosas contribuições recebidas de especialistas na oficina sobre a versão preliminar das recomendações. As recomendações finais para acelerar a inovação em energia limpa no Brasil estão estruturadas em três níveis de ação diferentes:

### 1. Nível Estratégico

Esse nível refere-se a decisões de alto nível em relação às áreas estratégicas de inovação nas políticas de energia; mudança climática; e ciência, tecnologia e inovação (CT&I). Os principais órgãos do governo e outras partes interessadas relevantes devem estar unidos em um Comitê de Inovação em Energia (CIE), ou fórum equivalente, constituído para coordenar os atores envolvidos no processo de estabelecimento de prioridades. O CIE deve definir os sistemas de tecnologia estratégicos (da produção de energia à distribuição e uso, que podem incluir fontes renováveis específicas de energia – eólica, solar, biocombustíveis etc., redes inteligentes de distribuição, sistemas de armazenamento de energia, eficiência energética e/ou eletromobilidade) para um grande impulso energético no Brasil, com base em dados e informações técnicos obtidos de processos de planejamento energético, prioridades nacionais de desenvolvimento, compromissos climáticos e indicadores relevantes de inovação e tecnologia (como o desenvolvimento

de dados no Eixo 1 e indicadores elencados no Eixo 2), literatura especializada, melhores práticas internacionais etc. Os sistemas tecnológicos considerados estratégicos devem ser consistentes com os planos e estratégias nacionais. As linhas de ação propostas neste nível estratégico são as seguintes:

**Linha de ação 1:** Entender o tipo de transição energética que o Brasil trilhará. A experiência internacional ilustra que há diferentes transições energéticas, que são parciais ou integrais, baixas em carbono ou carbono-neutras, com diferentes combinações de medidas e tecnologias prioritárias, de médio e curto prazo etc. Entender o tipo de transição relevante para o Brasil é processo que passa por identificar as necessidades do país ligadas a segurança e soberania energéticas, crescimento econômico e competitividade, ponderar aspectos sociais e econômicos tais como a democratização do acesso seguro, confiável, e sustentável à energia e as fontes disponíveis de energia e considerar as especificidades do contexto nacional.

**Linha de ação 2:** Formar um Comitê de Inovação em Energia (CIE) ou similar, com a missão promover e garantir a articulação e coordenação dos principais atores envolvidos na elaboração e execução das políticas relevantes para um grande impulso energético, que inclua política energética, política climática e política de CT&I. Com base na experiência internacional, propõe-se que o comitê seja composto por representantes das instituições do poder executivo (ministérios), órgãos de planejamento e regulação e agências de fomento que estejam envolvidas no planejamento energético e nas políticas climáticas, de CT&I e industriais. Também é recomendado que o CIE institua mecanismos participativos para subsidiar a tomada de decisão, voltados para o engajamento do setor produtivo e de ICTs.

**Linha de ação 3:** Criar uma plataforma para prover dados e subsídios técnicos baseados em evidência para apoiar as decisões estratégicas do CIE. É necessário estruturar bancos de dados robustos e consistentes nas áreas de energia, sustentabilidade e indicadores de inovação. Esse deve ser um esforço integrador do Eixo 3 com o Eixo 1 (desenvolvimento de dados sobre dispêndio/investimentos em inovação em energia) e o Eixo 2 (indicadores de desempenho para diferentes tecnologias). Essa linha de ação inclui investir em bancos de dados confiáveis, principalmente nas áreas em que há lacunas de dados e desenvolver indicadores específicos para acompanhar a evolução da inovação em energia, incluindo o grau de maturidade tecnológica.

**Linha de ação 4:** Estabelecer orientações estratégicas e definir sistemas tecnológicos prioritários para a transição energética. Esta linha diz respeito a fornecer aportes para identificação, por parte do CIE, de fontes de energia que serão parte do sistema de energia do país a longo prazo, bem como apontar as mudanças necessárias para tornar o sistema mais resiliente, eficiente, flexível e sustentável. Apesar de não haver planos específicos que coordenem prioridades de energia, clima e CT&I, há políticas em cada uma dessas áreas cujos objetivos já têm pontos em comum e sinergias, tais como o Plano Decenal de Energia e a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, da sigla em inglês) do Brasil. Entretanto, como foi aprendido com a revisão das experiências internacionais, o país deve estabelecer a coordenação explícita dessas políticas e determinar claramente as prioridades em termos de inovação em energia.

**Linha de ação 5:** Estabelecer missões claras e específicas para os órgãos federais —eles devem ser responsáveis por missões específicas, claras e complementares, para que não haja sobreposições. Ao fazer isso, os custos de coordenação diminuem e as agências ampliam sua legitimidade perante o governo e a sociedade. Por sua vez, isso fará com que as agências federais e organizações públicas se tornem mais resilientes a uma crise e momentos de instabilidade política e institucional. As políticas públicas de CT&I em geral devem ser revisadas com frequência para se adaptar a um cenário de constante mudança e às transformações socioeconômicas induzidas pelos próprios resultados das políticas anteriores.

## 2. Nível tático-operacional (sistema de tecnologia)

O nível tático-operacional dá continuidade à definição dos sistemas de tecnologia priorizados no nível estratégico, conforme descrito anteriormente. Nesse nível, grupos técnicos de especialistas e partes interessadas seriam formados para cada um dos sistemas de tecnologia priorizados pelo CIE para

desenvolver rotas tecnológicas (*roadmaps*), que considerem as lacunas, os obstáculos, as fortalezas e as oportunidades para inovação em cada sistema de tecnologia priorizado. O objetivo dos *roadmaps* é oferecer insumos técnicos, baseados em evidências, para priorizar investimentos em P&D que gerem mais co-benefícios. As linhas de ação que compõem o nível tático-operacional são as seguintes:

**Linha de ação 6:** Coordenar os agentes no nível tático-operacional, haja vista que a coordenação é um desafio que se coloca em todos os níveis. Uma forma de estabelecer esta coordenação é por meio da formação de comitês técnicos, conforme se observa na experiência internacional. Esses comitês reuniriam representantes de diferentes setores, como ICTs, empresas e governo, para que se possam alinhar interesses, expectativas e contribuições no âmbito de cada sistema tecnológico. Isto é, para cada sistema de tecnologia priorizado (por exemplo, energia solar fotovoltaica, ou eficiência energética), haveria um comitê técnico com a tarefa de desenvolver o *roadmap* daquela tecnologia específica. Deve-se considerar a participação, nos comitês técnicos, de empresas estatais, do setor privado e de organismos internacionais.

**Linha de ação 7:** Mapear lacunas, obstáculos, fortalezas e oportunidades para cada sistema de tecnologia. Para melhor compreender as necessidades internas de cada sistema tecnológico e seus subsistemas, que envolvem diferentes competências e capacidades tecnológicas e inovativas, é preciso identificar aspectos tais como nível de maturidade de tecnologias relevantes, potencial de geração de energia, competências e capacidades tecnológicas locais, infraestrutura de P&D e inovação instalada, capacidade produtiva, questões referentes à cadeia de suprimento no Brasil e no mundo e possíveis oportunidades de negócios.

**Linha de ação 8:** Desenvolver *roadmaps* específicos para cada sistema de tecnologia, isto é, planos para o desenvolvimento de cada sistema de tecnologia, que determinem objetivos claros e específicos e metas ou marcos a serem alcançadas no curto, médio e longo prazos. Esses *roadmaps* ou devem levar em conta as capacidades produtivas e tecnológicas do setor produtivo brasileiro, a fim de evitar o aumento ou perpetuação da dependência tecnológica externa. Os *roadmaps* devem ser atualizados regularmente, dado a constante evolução das tecnologias envolvidas.

### 3. Nível institucional (mecanismos de incentivo)

Em um terceiro nível, os mecanismos de incentivo devem ser implementados ou adaptados para fomentar o desenvolvimento de cada sistema prioritário de tecnologia, sejam eles novos ou não, para dar concretude e viabilizar as rotas definidas para cada setor. Os mecanismos de incentivo são as ferramentas para atingir os objetivos e marcos definidos nos *roadmaps* ou planos de desenvolvimento tecnológico. Todo esse processo deve ser permeado pelo tipo de transição energética que o país almeja. As seguintes linhas de ação são indicadas em linhas gerais, posto que devem ser mais bem especificadas quando da implementação das linhas de ação dos níveis anteriores.

**Linha de ação 9:** Implementar programas e mecanismos de incentivo para conectar os diferentes estágios do processo de inovação, considerando os instrumentos mais adequados para cada estágio (tabela IV.2). O Brasil conta com a existência de pesquisadores e grupos de excelência em energia, assim como resultados reconhecidos em diversos campos de pesquisa. No entanto, há uma lacuna entre os resultados de pesquisa (publicações e patentes) e sua aplicação prática. Fazer a ponte entre a pesquisa acadêmica relacionada a energias limpas e o desenvolvimento de tecnologias efetivamente aplicadas pelo setor produtivo deve ser o ponto de partida de um programa voltado para o desenvolvimento de sistemas estratégicos de tecnologia. Mecanismos de incentivo para financiar Provas de Conceito (POC) e do tipo “via rápida: do conceito ao mercado” podem ser maneiras de criar pontes entre pesquisa básica e aplicada e desenvolvimento experimental.

**Linha de ação 10:** Implementar os mecanismos de incentivo para fortalecer as redes de conhecimento, promover a colaboração e promover o desenvolvimento de clusters de inovação. O mapeamento realizado no Eixo 3 mostrou que existem mecanismos de incentivo no Brasil capazes de promover pesquisa

colaborativa e voltada à inovação, ainda que estes mecanismos não sejam destinados diretamente às energias renováveis. Entretanto, a revisão das experiências dos países líderes em inovação demonstrou esses países adotaram mecanismos de incentivo robustos e arrojados para criar ecossistemas de inovação em energias limpas. A implementação de uma plataforma aberta de inovação que permita a interação de grandes, médias e pequenas empresas, centros de CT&I focados em criar novas competências e oportunidades de negócio pode ser a maneira de mobilizar e coordenar os agentes para inovação.

**Linha de ação 11:** Adaptar os mecanismos de incentivo existentes. Os mecanismos de incentivo ativos e disponíveis no Brasil tem capacidade de apoiar o desenvolvimento de energias limpas, mas necessitam ser melhor orientados e alinhados com os *roadmaps* tecnológicos e as orientações dos comitês técnicos, segundo preconizado nas linhas de ação anteriores. A re-orientação dos mecanismos de incentivo deve começar com o apoio à pesquisa acadêmica (tais como programas do CNPq e das Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa, por exemplo) e adaptar mecanismos de projetos de inovação em cooperação ou liderados pelas empresas (como por exemplo, subvenções econômicas, créditos subsidiados e outras modalidades de financiamento operadas por Finep, BNDES e Embrapii). Os fundos setoriais também poderiam ser adaptados para apoiar inovação em energias renováveis ou limpas (CT-Energia, CT-Transporte, CT-Biotecnologia, CT-Agronegócio, CT-Petróleo, CT-Informação).

**Linha de ação 12:** Implementar programas de longo prazo de P&D e inovação para os sistemas prioritários de tecnologia. As experiências dos países líderes em inovação em energia corroboram a noção de que o desenvolvimento de sistemas tecnológicos estratégicos requer programas e políticas de longo prazo. No Brasil, não há mecanismos de longo prazo específicos para incentivar P&D e inovação em energias de baixo carbono —à exceção do Programa de Pesquisa em Bioenergia (BIOEN) da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Ainda que o Brasil já possua um sistema tecnológico em estágio avançado em áreas como a bioenergia, há uma necessidade contínua de modernização e aprimoramento tecnológico e de fortalecimento da posição do país nas cadeias globais de valor, por intermédio de mecanismos de incentivo de longo prazo à inovação em energia. Os programas de longo prazo devem ser orientados pelos *roadmaps* tecnológicos descritos anteriormente.

**Linha de ação 13:** Implementar programas de demonstração —apoiar o teste experimental de uma tecnologia, sistema ou método em condições reais para uma posterior introdução ao mercado. Esse tipo de programa também conecta os produtores de tecnologia energética (*hardware*, *software* e empresas de engenharia) e usuários (serviços), assim como provoca processos de aprendizagem tecnológica, sendo ainda capaz de criar oportunidades de negócios relacionadas a novos sistemas de energia ou demandas ao longo da cadeia de suprimento. No caso brasileiro, é possível iniciar a implantação de programas demonstrativos de escopo reduzido, visando responder a demandas de desenvolvimento tecnológico que possam ser atendidas majoritariamente com competências locais. É importante destacar que o programa de P&D da ANEEL já financiou pequenos projetos demonstrativos, mas essas foram iniciativas isoladas e fora do escopo central do programa.

**Linha de ação 14:** Implementar instalações e plataformas de teste. Uma das formas de fortalecer o estágio de desenvolvimento de inovações em energias limpas é a implementação de instalações de teste como parte da infraestrutura pública de P&D. Esse tipo de estrutura também permite reforçar as relações entre os agentes do ecossistema de inovação e a criação de novas demandas de tecnologia e novas oportunidade de negócios, à medida que os testes e experimentos demonstrarem novos desafios relacionados às novas tecnologias de energia

**Linha de ação 15:** Implementar mecanismos de incentivo para estimular a comercialização de novas tecnologias de energia. Conforme destacado no Capítulo 1, o cardápio de opções para as energias sustentáveis é extenso e tem se ampliado com o rápido desenvolvimento tecnológico, incluindo as fontes renováveis não-convencionais (fotovoltaica, eólica, do mar, hidrogênio etc.), os combustíveis avançados (e.g. etanol de segunda geração, bioquerosene de aviação, eletrocombustíveis renováveis), redes inteligentes (*smart grids*), eficiência energética etc. Estas novas soluções trazem consigo amplas possibilidades comerciais e de negócios. Em todos países líderes analisados, verificou-se a existência

de programas estruturados para o estímulo à inserção comercial, ao empreendedorismo, a criação de novos negócios e, especialmente no caso de tecnologias desenvolvidas por ICTs, o desenvolvimento de *start-ups* focadas em energia limpa. No Brasil, é possível identificar alguns programas orientados a investir em *start-ups*, tais como o Fundo Primatec, o Fundo Criatec e o FIP Anjo. Entretanto, essas iniciativas estão focadas em capitalizar novas empresas e tem um alcance limitado comparado às experiências internacionais. O Programa CENTELHA, gerenciado pela FINEP, apresenta uma proposta mais ampla. É necessário desenvolver um conjunto de incentivos complementares e explicitamente voltados para negócios, difusão e comercialização da nova tecnologia desenvolvida. Como afirmado anteriormente, para as ICTs, é importante apoiar *start-ups*, incubadoras e capacitação em empreendedorismo (e.g. serviços de *networking*, orientações sobre como conduzir negócios, apoio no acesso a capital de risco, etc.).

**Linha de ação 16:** Fortalecer parcerias internacionais. Estas parcerias podem gerar oportunidades para trocas produtivas— de conhecimento, de experiências, recursos ou mesmo de transferência tecnológica —entre países. Na área de energia, o Brasil já está envolvido em uma série de parcerias bilaterais e fóruns internacionais, incluindo a Missão Inovação (*Mission Innovation*), a Plataforma para o Biofuturo (*Biofuture Platform*) e os Programas de Colaboração Tecnológica da Agência Internacional de Energia (IEA, da sigla em inglês). Em nível regional, o país tem se envolvido em atividades de trocas entre pares e diálogos estratégicos com países latino-americanos e caribenhos, com os quais compartilha desafios similares e que podem oferecer experiências relevantes uns para os outros, além de discutir perspectivas para integração da infraestrutura energética. Ademais, o Brasil participa ativamente de fóruns regionais de cooperação energética, como o Fórum Regional de Planejadores de Energia, o Observatório Regional de Energia Sustentável (“ROSE”, da sigla em inglês, que visa elaborar, implementar e monitorar estratégias, planos e políticas de energia sustentável com base em evidências objetivas) e os Diálogos Políticos Regionais sobre Eficiência Energética, liderados pela Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL) das Nações Unidas em colaboração com outras entidades que trabalham em nível regional, incluindo a Organização Latino-Americana de Energia (OLADE), o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e a Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA, da sigla em inglês). Existem muitas oportunidades de cooperação internacional, no entanto, o nível de engajamento depende de cada nação e suas estratégias.

## F. Mecanismos de incentivo chave para acelerar a inovação em energia limpa no Brasil

As recomendações apresentadas nas seções anteriores refletem as linhas gerais e os principais elementos que devem ser considerados para compor a *mix* de políticas para um grande impulso energético no Brasil. A presente seção destaca os mecanismos de incentivo chave para este impulso.

Em primeiro lugar, um *Big Push* para a inovação em energia limpa no Brasil somente será possível se forem mobilizados recursos públicos significativos, estáveis e previsíveis no curto, médio e longo prazos. Para isso, é necessário estabelecer um fluxo orçamentário contínuo e sustentado para programas de P&D para tecnologias de energias limpas prioritárias. Uma combinação equilibrada de mecanismos de incentivo a P&D, segundo o grau de incerteza e nível de risco técnico e mercadológico, é fundamental para acelerar a inovação em energia de baixo carbono. Os mecanismos de incentivo a P&D devem contemplar modalidades diferenciadas de incentivos, de forma que os projetos de inovação de maior risco e incerteza possam ser apoiados por mecanismos redutores desses desafios, tais como subvenção econômica, recursos não-reembolsáveis para projetos de interação ICT e empresa, compras públicas e participação acionária. Os projetos de menor risco e incerteza podem ser apoiados por mecanismos de crédito subsidiado e incentivo fiscal. Dessa forma, os recursos públicos focariam em mecanismos de incentivo redutores de incerteza e risco para destravar a inovação e torna-la atrativa para o setor produtivo investir mais, alavancando, assim, o investimento privado em P&D. Os incentivos fiscais devem funcionar como complementares.

Todos os estágios do processo inovativo devem ser encorajados, do desenvolvimento de pesquisa, à demonstração, teste e experimentação, ao desenvolvimento comercial e introdução no mercado. No estágio de difusão ou aplicação das novas tecnologias desenvolvidas, é preciso considerar políticas complementares e coordenadas que atuem em toda a cadeia de valor, tais como alguma forma de incentivo ou premiação àqueles que investem em fontes sustentáveis de energia, leilões previsíveis de energia que permitam gerar um mercado crescente para fontes renováveis de energia combinados com financiamento à geração elétrica condicional a requisitos de conteúdo local, linhas de crédito subsidiado para bens de capital mais eficientes no uso de energia, incentivos fiscais (alívios ou isenções tributárias, depreciação acelerada) entre outros. No caso das energias renováveis variáveis, como solar e eólica, há alto custo de capital inicial e um custo menor de uso e manutenção, com comparação com fontes convencionais de origem fóssil, o que requer modalidades específicas de financiamento.

A eficiência energética é um campo fértil de desenvolvimento, com grandes co-benefícios socioeconômicos e ambientais. Mecanismos de incentivo na área de eficiência energética (isenções de tributos, depreciação acelerada, crédito subsidiado) deveriam ser dedicados às empresas que mais consomem energia de origem fóssil, nas quais se verificam grandes oportunidades de redução de emissões de gases do efeito estufa e de poluentes locais, e de custos relacionados ao consumo energético, além dos consumidores de energia.

Uma estratégia mais ambiciosa de *Big Push* para a inovação em energias limpas poderia contemplar não apenas tecnologias de produção e geração de energia, mas também distribuição, armazenamento e uso da energia. As tecnologias digitais poderiam ser uma das áreas-foco de uma estratégia mais ambiciosa, uma vez que seu caráter transversal permite avançar no desenvolvimento de diversas tecnologias relevantes, tais como *smart grids*, sistemas inteligentes de armazenamento de energia, tecnologias ligadas à eficiência energética como internet das coisas, automação, inteligência artificial, manufatura 4.0, etc.

Por fim, e não menos importante, destaca-se que um *Big Push* para a Sustentabilidade no setor energético passa pela coordenação e articulação de planos e políticas energéticos, climáticos, de CT&I e desenvolvimento, que não apenas geram eficiências e sinergias entre os esforços de P&D e os recursos investidos, mas também contribuem para mobilizar os atores relevantes e os investimentos necessários.

## Bibliografia

- Bermúdez, Tatiana (2018), "Transiciones Socio-Técnicas hacia una Movilidad de Bajo Carbono: Un análisis del Nicho de los Buses de Baja Emisión para el Caso de Brasil", *tese de doutorado*, Política Científica e Tecnológica, Campinas, Universidade Estadual de Campinas.
- Camillo, Edilaine (2013), "As políticas de inovação da indústria de energia eólica: uma análise do caso brasileiro com base no estudo das experiências internacionais", *tese de doutorado*, Política Científica e Tecnológica, Campinas, Universidade Estadual de Campinas.
- CEPAL/FES (Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe/Fundação Friedrich Ebert Stiftung) (2019), "Big Push Ambiental: Investimentos coordenados para um estilo de desenvolvimento sustentável", *Perspectivas*, No 20 (LC/BRS/TS.2019/1 e LC/TS.2019/14), São Paulo.
- Cornell University/INSEAD/WIPO (Institut Européen d'Administration des Affaires/World Intellectual Property Organization) (2019), *The Global Innovation Index 2019: Creating Healthy Lives—The Future of Medical Innovation*, Ithaca, Fontainebleau e Geneva.
- Cunliff, Colin e David Hart (2019), "Global Energy Innovation Index: national contributions to the global clean energy innovation system", Information Technology and Innovations Foundation, Agosto.
- Gordon, José Luis e José Eduardo Cassiolato (2019), "O Papel do Estado na Política de Inovação a partir dos seus instrumentos: uma análise do Plano Inova Empresa", *Revista de Economia Contemporânea*, vol. 23, No 3, Rio de Janeiro, novembro.
- Gordon, José Luis (2019), "The role of the State in fostering innovation activity: case studies of the USA and Germany", *Brazilian Journal of Political Economy*, vol. 39, No 4, São Paulo, outubro/dezembro.
- Government of Chile (2020), *Chile's Nationally Determined Contribution - Update 2020*, Gobierno de Chile, abril.

- Gramkow, Camila e Annela Anger-Kraavi (2018), "Could fiscal policies induce green innovation in developing countries? The case of Brazilian manufacturing sectors", *Climate Policy*, vol. 18, No 2.
- IEA (International Energy Agency) (2020), "Framework to assess energy innovation systems" [online] <https://www.iea.org/topics/innovation>, inédito.
- \_\_\_\_\_(2019a), "Clean energy transitions: Accelerating innovation beyond 2020" [online] <https://www.iea.org/reports/clean-energy-transitions-accelerating-innovation-beyond-2020> [data de consulta: 04 de outubro de 2019].
- \_\_\_\_\_(2019b), "Energy Policy of IEA Countries. UK 2019 Review", [online] <https://www.iea.org/reports/energy-policies-of-iea-countries-united-kingdom-2019-review> [data de consulta: 04 de outubro de 2019]
- \_\_\_\_\_(2019c), *World Energy Outlook 2019*, IEA, Paris.
- Schmidt, Carolina, Juan Carlos Jobet e Andrés Couve (2020), "Nueva NDC: compromiso climático y oportunidad para una recuperación verde post Covid-19" [online] <https://www.latercera.com/opinion/noticia/nueva-ndc-compromiso-climatico-y-oportunidad-para-una-recuperacion-verde-post-covid-19/WWIZWRLVZHOLAYXWPXFUNNXNY> [data de consulta: 25 de abril de 2020].



## V. Considerações finais e desenvolvimentos futuros

Os trabalhos desenvolvidos no marco do projeto *Energy Big Push* (EBP), ao longo de 2019, permitiram avançar significativamente na compreensão do papel, das tendências recentes, dos potenciais impactos sociais, econômicos e ambientais e do quadro de incentivos das inovações em energias limpas e de baixo carbono no Brasil. Pautado pelo objetivo de apoiar mais e melhores investimentos para a construção de um sistema energético sustentável, com foco em inovação, o EBP oferece um panorama inédito da inovação em energia no País, de acordo com métricas internacionais, contribuindo com dados, evidências e caminhos para apoiar um grande impulso para a sustentabilidade no sistema energético brasileiro.

No capítulo I, apresenta-se a abordagem do *Big Push* para a Sustentabilidade, que vem sendo desenvolvida para apoiar os países da América Latina e Caribe na construção de estilos de desenvolvimento mais sustentáveis no tripé social, econômico e ambiental. Partindo da necessidade urgente de mudança de estilo de desenvolvimento, o *Big Push* para a Sustentabilidade é colocado como uma ferramenta orientadora desse processo de transformação estrutural do estilo de desenvolvimento. O capítulo I introduz os principais elementos conceituais dessa abordagem, destacando a centralidade dos investimentos para essa mudança (incluindo os investimentos em capacidades tecnológicas e inovativas), os pilares norteadores para construção de novos estilos de desenvolvimento, dentre os quais está a tripla eficiência (keynesiana, schumpeteriana e da sustentabilidade), e o papel chave da coordenação de políticas para mobilizar e acelerar investimentos sustentáveis complementares e em escala, necessários para a transformação que se quer pôr em marcha. Um dos principais achados do capítulo I diz respeito às grandes oportunidades que os investimentos sustentáveis no setor de energia, incluindo em inovação, representam para um *Big Push* para a Sustentabilidade, devido a seus múltiplos impactos positivos sobre a saúde da população, a competitividade e a eficiência sistêmica da economia, a inclusão social e a redução de emissões de gases do efeito estufa.

O capítulo II traz um panorama inédito dos investimentos em inovação em energia no Brasil, fruto dos trabalhos do Eixo 1 do EBP. Foram descritos os esforços pioneiros realizados para mapear, compilar, tratar e analisar bases de dados sobre investimentos públicos e publicamente orientados em pesquisa, desenvolvimento e demonstração (PD&D) em energia de 2013 a 2018 no país. Segundo a análise realizada, os investimentos públicos em PD&D em energia no Brasil alcançaram seu pico em 2014, com um total de R\$ 1,1 bilhões. Ademais, a maior parte dos investimentos públicos é voltada para as energias renováveis, que representaram 47% do total em 2015, embora os investimentos publicamente orientados, que são a maior parte dos investimentos em energia, sejam majoritariamente dedicados a fontes fósseis. O dispêndio público em PD&D em energia, inclusive os investimentos específicos em inovação em energias renováveis,

vêm caindo desde então, passando de R\$ 696 milhões em 2014 para R\$ 217 milhões em 2018. Ademais, somados, os investimentos públicos e publicamente orientados em PD&D em energias renováveis caíram de R\$ 966,44 milhões em 2014 para R\$ 488,60 milhões em 2018, mesmo com a recuperação dos dispêndios totais em PD&D em energia observada de 2016 a 2018. Além das estimativas e análises das tendências recentes de investimentos em PD&D em 7 categorias e 30 subcategorias de energia no Brasil, uma das principais contribuições apresentadas no capítulo II refere-se ao desenvolvimento de um processo de coleta, tratamento, gerenciamento e análise dos dados. Esse processo representa um avanço importante para acompanhar a evolução desses investimentos e fornecer dados para subsidiar o aprimoramento das políticas para o setor. Ao permitir monitorar os dispêndios em PD&D nas diversas categorias de energia no Brasil, o processo desenvolvido pode se tornar um balizador para políticas que visem acelerar esses investimentos e, de certa forma, um termômetro de um grande impulso para as energias de baixo carbono no Brasil. Por se tratar de um esforço pioneiro, há um campo fértil para aprimoramentos futuros, especialmente no que diz respeito a harmonizar as bases de dados disponíveis para se obter uma visão mais abrangente do investimento em PD&D em energia no Brasil.

Já o capítulo III, apresenta variáveis e parâmetros técnico-econômicos, sociais, ambientais e político-institucionais para cada uma das tecnologias energéticas de baixo carbono selecionadas no Brasil, resultado dos trabalhos do Eixo 2 do EBP. Dessa forma, os diversos dados e evidências apresentados formam um painel de indicadores que pode contribuir para uma tomada de decisão bem informada, permitindo melhores e mais bem coordenados investimentos em PD&D e o desenho de mecanismos de incentivo adequados para a promoção de tecnologias de baixo carbono apropriadas ao contexto nacional. Um achado importante deste capítulo é que não existe um único setor ou tecnologia que atenda todas as dimensões da sustentabilidade e, portanto, a combinação coordenada de investimentos em diversos sistemas tecnológicos energéticos é necessária para o estabelecimento de uma matriz energética diversificada, integrada e resiliente, alcançando benefícios em múltiplas dimensões do desenvolvimento sustentável.

No capítulo IV, são discutidos os mecanismos de incentivo que podem acelerar os investimentos em inovação em energia limpa no Brasil, produto dos trabalhos do Eixo 3 do EBP. O capítulo sintetiza o levantamento amplo e análise de mecanismos de incentivo à inovação existentes no Brasil, segundo o qual a maioria dos mecanismos disponíveis para incentivar pesquisa e desenvolvimento (P&D) no país não são explicitamente voltados para o setor energético e são concentrados na função provisão e na forma de recursos reembolsáveis. Este esforço permitiu concluir que, apesar de múltiplos mecanismos existentes, assim como políticas e planos setoriais (de energia, transporte e clima) que tratam de energias limpas, o Brasil não dispõe de uma estratégia nacional coordenada e de longo prazo para a inovação em energias de baixo carbono. O capítulo IV também traz lições aprendidas da revisão de experiências de países líderes em inovação em energias limpas, destacando-se a importância de um fluxo contínuo e robusto de recursos públicos para atividades de P&D no longo prazo, consistente com as prioridades nacionais nas áreas de energia, clima, ciência, tecnologia e inovação (CT&I) e desenvolvimento. A partir dessas análises, foi produzido um conjunto de 16 linhas de ação e instrumentos prioritários para acelerar os investimentos em inovação para a transição energética no Brasil.

Além dos achados de cada eixo do projeto *Energy Big Push*, de uma maneira geral, um grande legado do projeto é a cooperação, o diálogo e o engajamento estabelecidos entre especialistas de mais de uma dúzia de entidades das áreas de energia, inovação e desenvolvimento sustentável no Brasil, na América Latina e no mundo. Essa mobilização e coordenação de atores é fundamental para os processos de mudança rumo a estilos de desenvolvimento mais sustentáveis. A geração e a troca de informação, de conhecimento e de experiências são fatores-chave para o rápido avanço da ciência no desenvolvimento de soluções cada vez mais efetivas para superar os desafios globais e transformar o estilo de desenvolvimento atual. A crise econômica que se desencadeia a partir da pandemia de COVID-19, ainda em desdobramento, resultará em uma das maiores recessões econômicas da história moderna. A CEPAL estima que a economia brasileira deverá contrair 5,2% em 2020, a maior queda em mais de um século. Os investimentos em energias de baixo carbono também serão altamente afetados, especialmente os investimentos em PD&D, que, conforme se viu no Capítulo II, tendem a seguir a direção do ciclo econômico. Países em desenvolvimento, como o Brasil, que já estava em um contexto de lenta recuperação econômica e acentuadas desigualdades sociais, poderão ver-se em uma situação

de vulnerabilidades socioeconômicas ainda maiores. Não obstante, estão em discussão medidas de recuperação da atividade econômica, incluindo expansão do gasto público e pacotes de estímulos, o que pode representar uma oportunidade de se implementar medidas para uma recuperação econômica sustentável, sobre a base de um *Big Push* para a Sustentabilidade.

O mundo pós-COVID-19 pede urgência na construção de estilos de desenvolvimento mais resilientes e sustentáveis. A crise da pandemia trouxe mudanças repentinas em todos os setores da economia e demonstra a fragilidade do estilo de desenvolvimento atual. Com a brusca paralisação de diversos setores da economia, a demanda por energia é altamente afetada. Diversas empresas do setor estão desamparadas e muitos governos ainda não apresentaram medidas para garantir sua sobrevivência. A capacidade de inovar e se adaptar nunca foi tão necessária. Essa crise mostra a importância de um sistema de inovação bem estruturado, resiliente e efetivo, capaz de prevenir e dar rápidas respostas a eventos imprevedíveis e abruptos. Mais do que nunca, é preciso repensar e replanejar o dinamismo econômico baseado em uma nova geração de políticas de longo prazo para o desenvolvimento sustentável, capazes de promover o fortalecimento de todo o sistema de inovação, seus atores públicos e privados, bem como de fomentar uma percepção de valor para produtos e processos mais sustentáveis. Essas políticas devem, portanto, considerar investimentos substanciais em CT&I rumo à sustentabilidade. Nesse aspecto, a colaboração multilateral é um dos pilares de P&D internacional em energia, e agora pode ser aprofundada e melhorada.

A recuperação econômica pós-COVID-19 deveria ser pautada na sustentabilidade, e a transição energética é uma peça fundamental de um futuro mais sustentável. Para construir uma sociedade cada vez mais conectada e digitalizada, o acesso à energia limpa deve ser garantido a todos. A atração de investimentos e o fortalecimento da cooperação internacional serão, portanto, essenciais para o desenvolvimento de novas tecnologias energéticas de baixo carbono e da infraestrutura necessária para implantá-las amplamente. Diversificar a matriz energética com a integração das novas fontes de geração de energia renováveis distribuídas, a adaptação e implantação de novas infraestruturas de transmissão e distribuição, e o desenvolvimento de serviços e produtos mais eficientes e inteligentes (digitalização, armazenamento, gestão de cargas e redes, por exemplo), são grandes desafios que requerem urgência para serem superados.

A partir do EBP, observa-se que grande parte dos investimentos em inovação no Brasil está fortemente atrelada ao desempenho da sua economia. Se antes da crise da pandemia de COVID-19 o investimento em inovação no Brasil já era tímido relativamente aos países desenvolvidos, em tempos de crise, a tendência é que esses investimentos caiam ainda mais. Nesse sentido, é fundamental a construção de políticas e programas orientados para garantir um nível adequado de investimentos públicos em inovação. A continuidade das atividades do *projeto* EBP, passando a se tornar o *processo* EBP, trará para o debate reflexões importantes sobre o investimento de empresas em inovação e porque esse investimento não substitui o gasto público em P&D. Há áreas frutíferas para desenvolvimentos futuros. Quais linhas de ação e mecanismos de incentivo podem ser efetivos para manter a dinâmica da inovação no setor de energia e tornar o setor mais resiliente frente a crises e aos impactos das mudanças climáticas? Como governo e empresas podem cooperar para otimizar e coordenar investimentos em novas ideias, novas tecnologias e novos modelos de negócio que sejam capazes de garantir a segurança energética e o desenvolvimento sustentável do país?

Finalmente, os resultados apresentados neste relatório demonstram a importância de se estabelecer um processo perene para garantir que dados e informações relevantes para um grande impulso energético estejam disponíveis e acessíveis aos tomadores de decisão e ao público. Nesse sentido, a construção de um ambiente capaz de disponibilizar dados e informações a todas as partes interessadas, públicas e privadas, para uma bem informada e rápida tomada de decisão é altamente estratégico para o País. Esse ambiente pode servir de plataforma para (1) integrar e sistematizar dados e informações atualizados em investimentos públicos e privados em PD&D no Brasil, (2) apresentar um painel de indicadores de impacto dos investimentos e um painel de indicadores de performance de tecnologias energéticas de baixo carbono e (3) construir um quadro propositivo de ações estratégicas e mecanismos de fomento à inovação essenciais para uma transformação energética sustentável. O *Energy Big Push* pauta-se pela premissa de que a transparência e o acesso a evidências e informação de qualidade é a melhor ferramenta para a promoção de um grande impulso energético no Brasil, especialmente em meio a crises globais e grandes desafios societários.



## Anexo

**Tabela A1**  
**Participantes do *Workshop Energy Big Push***

Ailson de Souza Barbosa (ANEEL)	Georgia Jordão (UnB)
Alice Abreu (CTIS/FITS)	Gustavo Naciff de Andrade (EPE)
Amanda Vinhoza (UFRJ)	Jackson Maia (CGEE)
André Furtado (Unicamp)	Jairo Couro (MCTIC)
Aurélio Calheiros de Melo Júnior (ANEEL)	Jean-Baptiste le Marois (IEA)
Barbara Bressan Rocha (CGEE)	Joerg Husar (IEA)
Bikashi Dawahoo (British Embassy)	Lucas Dantas Ribeiro (ANEEL)
Camila Gramkow (CEPAL)	Lucas Motta (Consultor)
Carlos Mussi (CEPAL)	Ludmilla Viegas (KAIROS)
Carlson Oliveira (CGEE)	Luiz de Oliveira (IEA)
Carmen Silvia Sanches (ANEEL)	Marcelo Poppe (CGEE)
Carolina Grottera (UFRJ)	Marcelo Wendel (EPE)
Carolina Ramalhete (KAIROS)	Marcia Moreschi (CEPAL)
Clarissa Forecchi Glória (MRE)	Mayra Juruá (CGEE)
Daniel Silva Moro (EPE)	Mônica Caroline Santos (MME)
Dante Luiz Hollanda (MCTIC)	Natalia Gonçalves de Moraes (EPE)
Diego Frade (FINEP)	Pedro Brandão Silva Simões (CEPAL)
Domenico Lattanzio (IEA)	Raiza Fraga (CGEE)
Edilaine Camillo (UNICAMP)	Regina Silverio (CGEE)
Edison Benedito (IPEA)	Rodolfo Danilow (MME)
Emilly Caroline Costa Silva (CGEE)	Ruben Contreras (CEPAL)
Fernando Campagnoli (ANEEL)	Thiago Barral Ferreira (EPE)
Fernando Ribeiro (FINEP)	Victo Neto (UNICAMP)
Francisco Liu (UnB)	

**Tabela A2**  
**Participantes do Encontro Estratégico de Alto Nível**

Carlos Mussi (CEPAL)	Paulo Alvim (MCTIC)
Clarissa Forecchi (MRE)	Regina Silverio (CGEE)
Dênis Moura (MME)	Thiago Barral Ferreira (EPE)
Joerg Husar (IEA) Marcelo Poppe (CGEE)	

**Tabela A3**  
**Participantes do Grupo de Trabalho do Eixo 1**

Alerino dos Reis e Silva Filho (CNPq)	Domenico Lattanzio (IEA)
Aurélio Calheiros de Melo Junior (ANEEL)	Elisabeth Saavedra Rivano (MCTIC)
Bárbara Bressan Rocha (CGEE)	Erick Meira (FINEP)
Camila Ferraz (EPE)	Guilherme Arantes (BNDES)
Camila Gramkow (CEPAL)	Gustavo Naciff (EPE)
Carlson Oliveira (CGEE)	Jackson Maia (CGEE)
Daniel Moro (EPE)	José Carlos Tigre (ANP)
Dante Hollanda (MCTIC)	Marcelo Paiva (CGEE)

**Tabela A4**  
**Participantes do Grupo de Trabalho do Eixo 2**

Cristiano Ruschel (EPE)	Marcelo Poppe (CGEE)
Dante Hollanda (MCTIC)	Marcelo Wendel (EPE)
Fernando Campagnoli (ANEEL)	Ruben Contreras (CEPAL)
João Antônio Moreira Patusco (MME)	Simon Bennett (IEA)

**Tabela A5**  
**Participantes do Grupo de Trabalho do Eixo 3**

Camila Gramkow (CEPAL)	Jean-Baptiste LE MAROIS (IEA)
Carmen Silvia Sanches (ANEEL)	Marcela Mazzoni (EMBRAPII)
Daniel Moro (EPE)	Mayra Juruá (CGEE)
Diego de Carvalho Frade (FINEP)	Simone Landolina (IEA)
Erick Meira (FINEP)	Verena Barros (CGEE)
Edison Benedito (IPEA)	

**Tabela A6**  
**Participantes do Grupo de Trabalho do Eixo 4**

Bianca Torreão (CGEE)	Natalia de Moraes (EPE)
Mariano Berkenwald (IEA)	Pulcheria Graziani (CEPAL)
Mônica Caroline Pinheiro Faria (MME)	Raiza Fraga (CGEE)





A conjuntura atual do Brasil e dos países no mundo todo é marcada pela busca da recuperação do dinamismo econômico e da qualidade de vida das pessoas. Nesse contexto, a Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL) das Nações Unidas vem desenvolvendo o *Big Push* para a Sustentabilidade, uma abordagem renovada para apoiar os países da região na construção de estilos de desenvolvimento mais sustentáveis, por meio da coordenação de políticas para promover investimentos transformadores desses estilos.

O Escritório da CEPAL em Brasília e o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), com a participação de diversos parceiros, desenvolveram o projeto Grande Impulso Energia (*Energy Big Push*) Brasil, buscando evidências para a promoção de investimentos em inovação para uma transição energética em bases sustentáveis no país. O mergulho nas páginas desta publicação permitirá ao leitor ampliar sua compreensão sobre o panorama de investimentos em inovação energética, o desempenho de tecnologias de baixo carbono e o quadro de políticas para aumento das competências tecnológicas em energias limpas, contribuindo para um grande impulso energético no Brasil.