



PROJETO
TEEB
REGIONAL – LOCAL

A CONTRIBUIÇÃO DAS CONTAS ECONÔMICAS AMBIENTAIS NAS POLÍTICAS PÚBLICAS NO BRASIL: ENERGIA



Projeto TEEB Regional-Local: Conservação da Biodiversidade através da Integração de Serviços Ecossistêmicos em Políticas Públicas e na Atuação Empresarial

A CONTRIBUIÇÃO DAS CONTAS ECONÔMICAS AMBIENTAIS NAS POLÍTICAS PÚBLICAS NO BRASIL: ENERGIA

Brasília, 2019



PUBLICADO POR

DEUTSCHE
GESELLSCHAFT FÜR
INTERNATIONALE
ZUSAMMENARBEIT
(GIZ) GMBH

SEDE SOCIAL

Bonn e Eschborn, Alemanha

GIZ Agência Brasília

Projeto TEEB Regional-Local

Programa Proteção e Gestão Sustentável das Florestas Tropicais

SCN Quadra 01, Bloco C, Sala 1501, Ed. Brasília Trade Center

70711-902 – Brasília – DF

T +55 61 2101 2170

giz-brasilien@giz.de

www.giz.de/brasil

DIRETOR GERAL DA GIZ NO BRASIL

Michael Rosenauer

Publicado em abril de 2019

PARCEIRO

Ministério do Meio Ambiente (MMA)

SEPN 505 – W3 Norte – Bloco B, Ed. Marie Prendi Cruz

CEP: 70730-542 – Brasília/DF, Brasil

www.mma.gov.br

POR ENCARGO DO

Ministério Federal do Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear (BMU)

BMU Bonn

Robert-Schuman-Platz 3

53175 Bonn, Alemanha

T +49 (0)228 99 305-0

F +49 (0) 228 99 305-3225

poststelle@bmu.bund.de

BMU Berlin

Stresemannstraße 128 -130

10117 Berlin, Alemanha

T +49 (0)30 18 305-0

F +49 (0)30 18 305-4375

www.bmu.bund.de

O presente caderno foi desenvolvido no âmbito do Projeto Conservação da Biodiversidade através da Integração de Serviços Ecossistêmicos em Políticas Públicas e na Atuação Empresarial (TEEB Regional-Local). O projeto foi implementado por meio da parceria entre o Ministério do Meio Ambiente do Brasil e o governo alemão, com a participação da Confederação Nacional da Indústria, no contexto da Cooperação para o Desenvolvimento Sustentável Brasil-Alemanha, no âmbito da Iniciativa Internacional para o Clima (IKI, sigla em alemão), do Ministério do Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear da Alemanha (BMU, sigla em alemão). O projeto contou com apoio técnico da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

Mais informações em: www.mma.gov.br/biodiversidade/economia-dosecossistemas-e-da-biodiversidade

REALIZAÇÃO:

Por ordem do



Ministério Federal
do Ambiente, Proteção da Natureza
e Segurança Nuclear

da República Federal da Alemanha

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

PARCERIA:

MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

FICHA TÉCNICA

COORDENAÇÃO GERAL	Raquel Agra (GIZ) Christianne Maroun (Consórcio GITEC-IGIP GmbH - ECO Consul GmbH - Universidade de Viena)
COORDENAÇÃO - PARCEIRO MMA	Rodrigo Martins Vieira Luana Duarte
COORDENAÇÃO EDITORIAL E ILUSTRAÇÃO	Henrique Meuren Teo Horta
TEXTO	Amaro Pereira Bruna Stein Ciasca
COPY DESK E REVISÃO ORTOGRÁFICA	Tereza Moreira
EQUIPE TÉCNICA	GIZ: Raquel Agra MMA: Luana Duarte, Mariana Egler, Rodrigo Martins Vieira EPE (Empresa de Pesquisa Energética): Carla Achão Felipe Klein Soares, Rogério Matos Consórcio GITEC-IGIP GmbH - ECO Consul GmbH - Universidade de Viena: Christianne Maroun, Bruna Stein Ciasca Jaqueline Visentin, Vinicius Pacheco, Luiza Maia
PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO	Estúdio Marujo Graphcolab

Para citar esta publicação

GIZ (2019) A contribuição das Contas Econômicas Ambientais nas políticas públicas no Brasil: energia.Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Brasília/DF: 2019. 92 p.

SIGLAS E ABREVIACÕES

ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
BEN	Balanco Energético Nacional
BMF	Bolsa de Mercadorias e Futuros
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CEA	Contas Econômicas Ambientais
CEAA	Contas Econômicas Ambientais de Água
CEAE	Contas Econômicas Ambientais de Energia
CEAF	Contas Econômicas Ambientais de Florestas
CEPEL	Centro de Pesquisas em Energia Elétrica
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
COMPET	Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
COP	Conferência das Partes
COPPE/ UFRJ	Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro

CPC	<i>Central Product Classification</i>
CPGN	Conta do Petróleo e Gás Natural
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estatística
DEA	Análise Envoltória de Dados
DRDH	Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica
EEA	Agência Europeia de Meio Ambiente
EEMU	Eficiência Energética na Mobilidade Urbana
EGC	Equilíbrio Geral Computável
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EPL	Empresa de Planejamento e Logística
EUROSTAT	Instituto de Estatística da Comunidade Europeia
GEE	Gases de Efeito Estufa
GEEA	<i>German Environmental-Economic Accounting</i>
IAEA	<i>International Atomic Energy Agency</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	Agência Internacional de Energia
IEDS	Indicadores Energéticos para o Desenvolvimento Sustentável
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial
IRES	<i>International Recommendations for Energy Statistics</i>

IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
LTC	Laboratório de Transporte de Carga
MBRE	Mercado Brasileiro de Redução de Emissões
MD	Ministério da Defesa
MIP	Matrizes de Insumo-Produto
MME	Ministério de Minas e Energia
MT	Ministério dos Transportes
MW	Megawatt
NAMA	Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas
NDC	Contribuições Nacionalmente Determinadas
OCDE	Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico
ODM	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OIE	Oferta Interna de Energia
OLADE	Organização Latino-Americana de Energia
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PDE	Plano Decenal de Energia
PEN	Plano Estatístico Nacional
PIB	Produto Interno Bruto

PIV	Produto Interno Verde
PNE	Plano Nacional de Energia
PNEF	Plano Nacional de Eficiência Energética
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente
PNMC	Plano Nacional de Mudança do Clima
PNL	Plano Nacional de Logística
PNLT	Plano Nacional de Logísticas e Transportes
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PPA	Plano Plurianual
PPE	Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
SAM	Matriz de Contabilidade Social
SCN	Sistema de Contas Nacionais
SDA	<i>Structural Decomposition Analysis</i>
SEEA	Sistema de Contabilidade Econômica e Ambiental
SIEC	<i>Standard International Energy Classification</i>
TEEB	<i>The Economics of Ecosystems and Biodiversity</i>
TEP	Tonelada Equivalente de Petróleo
TJ	Terajoule

TRU	Tabela de Recursos e Usos
TRUF-E	Tabelas de Recursos e Usos Física de Energia
TRUM-E	Tabelas de Recursos e Usos Monetária de Energia
UHE	Usina Hidrelétrica
UNDESA	Departamento de Relações Econômicas e Sociais das Nações Unidas
UNFC	<i>United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources</i>
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
UNIFEI	Universidade Federal de Itajubá
UTE	Uso Total de Energia
VPL	Valor Presente Líquido
ZAE	Zoneamento Agro-Ecológico

SUMÁRIO

14	APRESENTAÇÃO
16	RESUMO EXECUTIVO
23	1. INTRODUÇÃO
23	1.1. O Projeto TEEB Regional-Local
24	1.2. Contextualização
26	1.3. Objetivos
26	1.4. Metodologia de Análise
28	2. A PRODUÇÃO DAS CONTAS ECONÔMICAS AMBIENTAIS DE ENERGIA
29	2.1. Comparações entre o Balanço Energético Nacional e a CEAE
32	2.2. Tabelas de Recursos e Usos física e monetária de energia
34	2.3. Conta de Ativos física e monetária de recursos energéticos
38	2.4. CEAE como subsídio para políticas públicas
40	3. POLÍTICAS PÚBLICAS E POTENCIAIS APLICAÇÕES DAS CEAE
40	3.1. Políticas energéticas
48	3.2. Políticas ambientais
55	3.3. Políticas setoriais
57	4. INDICADORES EXTRAÍDOS DAS CONTAS DE ENERGIA PARA SUBSIDIAR A ELABORAÇÃO, A IMPLEMENTAÇÃO E O MONITORAMENTO DE POLÍTICAS PÚBLICAS
57	4.1. Indicadores de Sustentabilidade Energética e Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
63	4.2. Indicadores de produção e consumo de produtos energéticos
66	4.3. Indicadores do setor energético
67	4.4. Indicadores para avaliação da pressão ambiental
73	5. APLICAÇÕES DAS CEAE EM MODELOS ECONÔMICOS PARA ELABORAÇÃO, IMPLEMENTAÇÃO E MONITORAMENTO DE POLÍTICAS PÚBLICAS
74	5.1. Aplicação da Matriz Insumo-Produto para avaliação da pressão ambiental decorrente do consumo de produtos energéticos
79	5.2. Matriz de Contabilidade Social

81	5.3. Modelo de Equilíbrio Geral Computável
86	6. CONSIDERAÇÕES FINAIS
90	REFERÊNCIAS
93	ANEXO 1. Lista de instituições dos especialistas entrevistados
	FIGURAS
29	Figura 1. Fluxos da energia
32	Figura 2. Fluxos entre economia, energia e meio ambiente
36	Figura 3. Conta de ativos física de recursos minerais e energéticos
37	Figura 4. Contas de ativos monetária de recursos minerais e energéticos (unidades de moeda corrente)
51	Figura 5. Ações de Mitigação Nominalmente Apropriadas
82	Figura 6. Modelo IMACLIM-NEXUS
	QUADROS
30	Quadro 1. Semelhanças e diferenças entre o BEN e as CEAE
33	Quadro 2. Formato básico da Tabela de Recursos e Usos da Energia
58	Quadro 3. Indicadores Energéticos para o Desenvolvimento Sustentável e utilização das CEAE
62	Quadro 4. Indicadores para o ODS 7
84	Quadro 5. Visão geral dos impostos ambientais na Europa
	BOXES
62	BOX 1. Metas e indicadores do ODS
66	Box 2. As CEAE e a diversificação da matriz de energia elétrica na Colômbia
68	Box 3. Indicadores econômicos e de pressão ambiental na Alemanha
70	Box 4. Uso das CEAE nas políticas energéticas da Guatemala
72	BOX 5. Aplicação das CEAE nos planos de energia do Equador
77	Box 6. Análise do consumo de energia direta e indireta pelas famílias brasileiras por faixa de renda
78	Box 7. Determinantes da evolução do consumo de diesel no Brasil entre 2000 e 2008
80	Box 8. Impactos das políticas de redução de emissões de GEE sobre a desigualdade de renda no Brasil
82	Box 9. Avaliação dos impactos de políticas climáticas na economia do Brasil por meio de um Modelo Geral Híbrido
83	Box 10. Impostos sobre impactos ambientais

GRÁFICOS

- 40 Gráfico 1. Oferta interna de energia em 2017
- 41 Gráfico 2. Participação das energias renováveis no Brasil e no Mundo
- 44 Gráfico 3. Elasticidades-renda de Demanda do PNE 2030
- 46 Gráfico 4. Elasticidades-renda de Demanda do PDE 2026
- 49 Gráfico 5. Emissões de GEE por PIB
- 69 Gráfico 6. Fatores de impulsionamento da economia e de pressão sobre o meio ambiente
- 78 Gráfico 7. Consumo Total (Direto e Indireto) de Energia por Família Média das Faixas de Renda - Brasil - 2002/2008l
- 80 Gráfico 8. Reciclagem da receita arrecadada com a taxa de carbono
- 83 Gráfico 9. Impactos da política climática no PIB do Brasil em 2030

APRESENTAÇÃO

A tendência de contabilizar o capital natural é internacional e tem sido adotada por países tão diversos como África do Sul, Austrália, Botswana, Colômbia, Costa Rica, Filipinas, Guatemala, Holanda, México, Reino Unido, Ruanda ou Suécia. Essa contabilização se faz necessária na medida em que, em geral, os sistemas tradicionalmente utilizados para elaboração, implementação e monitoramento de políticas públicas baseiam-se unicamente em dados físicos ou monetários, sem que haja compatibilização entre ambos.

Para uma análise mais completa e eficaz, é necessário considerar indicadores que integrem a atividade econômica com o capital natural. Desde 2012, a Organização das Nações Unidas (ONU) disponibilizou o Sistema de Contabilidade Econômica e Ambiental (SCEA ou *SEEA*, do inglês, *System of Environmental Economic Accounting*) como padrão internacional para essa contabilidade econômica ambiental. A partir de uma estrutura que integra dados econômicos e físicos, o SEEA fornece uma visão mais abrangente e polivalente das inter-relações entre a economia e o meio ambiente. Além disso, este sistema se propõe a mostrar as contribuições que os estoques de ativos ambientais trazem para a economia e a sociedade.

No contexto da integração do capital natural ao Sistema de Contas Nacionais (SCN), o Brasil vem implementando os compromissos assumidos na Agenda 21 desde a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio'92). Isso ocorre com a produção de informação ambiental e de desenvolvimento sustentável, entre os quais se situa o SCEA, sob responsabilidade do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Essa estrutura conceitual, definida para os fluxos e estoques de determinado recurso natural, como água, energia, solo, florestas e minerais, entre outros, visa lidar conjuntamente com informações de diferentes fontes para produzir métricas e análises consistentes com o SCN, de forma a incorporar o capital natural. O SCN produz indicadores como Produto Interno Bruto (PIB) e compreende informações sobre geração, distribuição e uso da renda no País, bem como as relações entre a economia nacional e o resto do mundo. Com a incorporação das Contas Econômicas Ambientais, o SCN passa, então, a incluir os fluxos físicos e monetários do uso de recursos naturais.

As atividades realizadas pelo governo brasileiro, até a data, referem-se à adoção do SCEA adaptado ao cenário nacional e à coleta de uma base de da-

dos estatísticos associada a água, florestas (recursos madeireiros) e energia (produtos energéticos primários e secundários). O Brasil também está iniciando estudos para o futuro desenvolvimento das Contas Econômicas Ambientais de Ecossistemas e Biodiversidade. As Contas Econômicas Ambientais da Água (CEAA), relativas aos anos de 2013 a 2015, foram divulgadas em 2018 e resultaram de um esforço de trabalho integrado entre o IBGE, a Agência Nacional de Águas (ANA) e a Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental do Ministério do Meio Ambiente (SRHQ/MMA).

Os indicadores e as metodologias derivados das CEA constituem ferramenta essencial para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), bem como para o cálculo do Produto Interno Verde (PIV) no âmbito da nova legislação federal (Lei nº 13.493/2017), que estabelece o cálculo deste indicador.

Visando impulsionar o desenvolvimento das contas econômicas ambientais em curso no Brasil, o projeto 'Conservação da Biodiversidade através da Integração de Serviços Ecossistêmicos em Políticas Públicas e na Atuação Empresarial' (TEEB Regional-Local), um projeto coordenado pelo MMA com o apoio da cooperação alemã para o desenvolvimento sustentável, em sua implementação por meio da *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ GmbH), estruturou um componente específico voltado para este tema. O objetivo foi o de promover uma discussão baseada em indicadores técnicos acerca da contribuição e da relevância do capital natural para os setores econômicos do país.

Este caderno faz parte de um conjunto de três estudos elaborados no âmbito deste projeto, que apresenta as possibilidades de utilização das Contas Econômicas Ambientais de Água, Florestas e Energia nas políticas públicas brasileiras. Com o presente estudo espera-se abrir um debate acerca da importância do capital natural especificamente relacionado à energia para a economia brasileira e para o desenvolvimento nacional sustentável.

A relevância das Contas Econômicas Ambientais centra-se nas possibilidades que elas abrem para aprimorar o processo de planejamento do desenvolvimento e, assim, alcançar os compromissos internacionais assumidos no Brasil em matéria de sustentabilidade. Por outro lado, as CEA fornecem informações confiáveis e completas aos diferentes públicos (setor privado, pesquisadores, governos, organizações não governamentais, sociedade civil), oportunizando o envolvimento de todos no processo de desenvolvimento do país.

EQUIPE DE COORDENAÇÃO DO
PROJETO TEEB REGIONAL-LOCAL

RESUMO EXECUTIVO

A matriz energética de um país representa o portfólio de fontes de energia necessárias para atender a demanda doméstica. No caso do Brasil, o setor é reconhecido internacionalmente pela grande participação de fontes renováveis, graças principalmente à geração hidrelétrica e ao uso de álcool combustível. Esta característica representa uma vantagem comparativa para o País pelo fato de a atividade econômica nacional contribuir menos para as mudanças climáticas que a de outras nações.

A fim de acompanhar o desenvolvimento e a evolução da matriz energética brasileira, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) publica anualmente o Balanço Energético Nacional (BEN). Este documento relaciona a oferta e a demanda de produtos energéticos primários e secundários¹ transacionados na economia. Entretanto, uma vez que os dados publicados pelo BEN são disponibilizados unicamente em termos físicos, entende-se que, para uma análise mais completa, é necessário considerar outros aspectos que não podem ser dissociados nem da atividade econômica, nem da questão ambiental.

O Sistema de Contabilidade Econômica e Ambiental (SCEA ou *SEEA*, do inglês, *System of Environmental Economic Accounting*), em particular as Contas Econômicas Ambientais de Energia (CEAE), cobrem esta lacuna a partir de uma estrutura que integra dados econômicos e físicos. Dessa forma, fornecem uma visão mais abrangente e polivalente das inter-relações entre a economia e o meio ambiente, além de mostrar os benefícios que os estoques de ativos ambientais trazem para o sistema econômico e para a sociedade.

A análise energética pode ser beneficiada pela construção das CEAE, que integram dados monetários advindos do Sistema de Contas Nacionais (SCN) ao consumo de produtos energéticos primários e secundários pelos agentes econômicos. Destaca-se que o consumo registrado ocorre em termos físicos para aqueles produtos que não possuem transação de mercado, e em termos físicos e monetários para aqueles que possuem transação de mercado.

¹ Produtos energéticos primários correspondem aos materiais obtidos diretamente da natureza, como, por exemplo, o petróleo, o gás, a lenha. Os produtos energéticos secundários são aqueles resultantes do processamento de produtos energéticos primários em combustíveis, como por exemplo, a gasolina, o óleo diesel, obtidos do petróleo, ou carvão vegetal obtido da lenha.

Potenciais usos das CEAE:

- ◇ *Extrair indicadores da demanda de insumos energéticos renováveis e não renováveis na economia.*
- ◇ *Determinar a disponibilidade de bens energéticos no País.*
- ◇ *Mostrar os níveis de consumo de energia de cada atividade produtiva.*
- ◇ *Estimar o desempenho energético das atividades econômicas por meio de indicadores que contemplem dados monetários e físicos de intensidade e produtividade (indicadores híbridos).*
- ◇ *Quantificar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) que cada uma das atividades econômicas libera na atmosfera, com olhar específico relacionado à economia.*
- ◇ *Quantificar a deterioração ambiental causada pela extração dos recursos energéticos e pelo consumo de energia nos indicadores macroeconômicos.*
- ◇ *Quantificar as taxas e os impostos, tais como royalties, pagos pela exploração de óleo e gás, bem como a compensação financeira pelo uso dos recursos hídricos para fins de geração elétrica, aplicados sobre a exploração dos recursos naturais.*

Dado o potencial do País em outras fontes de energia renovável, tais como eólica e solar, as CEAE podem contribuir para a formulação de políticas de promoção do uso das mesmas, considerando a necessidade de diversificação da matriz. A diversificação mostra-se fundamental para o desenvolvimento do País, uma vez que reduz a dependência de fontes específicas muitas vezes vinculadas à disponibilidade do recurso e a oscilações de preços. Dessa forma, contribui para maior autonomia do Brasil em relação ao mercado internacional.

A partir da organização dos dados em termos de fluxos físicos e monetários, as CEAE permitem a formulação de indicadores que possibilitam comparar a intensidade energética intra e intersetorialmente. Tais indicadores podem subsidiar políticas públicas as mais diversas, variando desde o planejamento na escolha de fontes energéticas até opções de investimento em diferentes tecnologias.

Assim, este estudo objetivou identificar a contribuição das CEAE para uma análise da dependência dos setores econômicos em relação ao uso dos recursos naturais (renováveis e não renováveis) e seus impactos em termos de lançamento de emissões. A finalidade é contribuir para a definição de políticas públicas orientadas para estratégias de desenvolvimento que considerem o capital natural como propulsor da sustentabilidade econômica dos diversos setores produtivos brasileiros. O estudo se baseia em análise de experiências

internacionais, bem como na combinação de revisão da literatura com entrevistas realizadas com especialistas do setor energético brasileiro.

No Brasil, a instituição responsável pelo planejamento energético é o Ministério de Minas e Energia (MME), que formula políticas para o setor com apoio da EPE. Para realizar essas atividades, a EPE, juntamente com o MME, publica uma base de dados da matriz energética nacional, bem como planos para implementação da política energética, que podem, ao mesmo tempo, ajudar a construir as CEAE e delas se beneficiar.

Por outro lado, vários estudos também podem ser conduzidos a partir das CEAE, de forma a orientar a formulação de políticas, como a análise dos determinantes do consumo de energia; o impacto econômico da dependência da produção de petróleo e gás natural; a vulnerabilidade energética como consequência de pouca diversificação das fontes de energia; a expansão de novas fontes renováveis, como a solar e a eólica; e a análise de precificação de carbono.

Políticas públicas

A transparência e a estruturação comum dos dados econômicos e ambientais facilitam a formulação de políticas de diferentes setores, como os de energia, água, florestas e ocupação e uso do solo. Embora haja boa diversificação de fontes na matriz energética brasileira, a forte concentração na hidroeletricidade torna o Brasil vulnerável às mudanças climáticas. Por isso, é importante investigar o potencial de expansão das energias eólica e solar fotovoltaica, cuja intermitência poderia ser atenuada com a regularização dos reservatórios das hidrelétricas.

Por trazerem informações monetárias e físicas do consumo energético como insumo produtivo e para as famílias, as CEAE poderiam ser utilizadas nos planos de energia (PNE e PDE) a fim de complementar a análise de sustentabilidade da matriz energética. Além disso, as contas possuem o potencial de tornar visíveis as vantagens econômicas e ambientais de se ter um parque de geração elétrica mais diversificado, que privilegie os recursos naturais renováveis. Ao identificarem a estrutura de produção e de distribuição de energia, as CEAE possibilitam o aprofundamento dos estudos, visando reduzir perdas e melhorar a eficiência energética, condições essenciais para aumentar a competitividade da indústria nacional. Podem mostrar também como a energia agrega valor às atividades econômicas, uma vez que as CEAE captam a interdependência entre os setores produtivos, inclusive o de transportes, a partir de modelos Insumo-Produto, possibilitando, assim, o desenvolvimento de políticas setoriais e regionais.

Sabe-se que a inserção de fontes renováveis, como as hidrelétricas, na matriz energética traz benefícios ambientais pelo fato de reduzir as emissões de GEE. Mas é necessário analisar toda a cadeia produtiva de cada fonte para verificar a dependência em relação aos serviços ecossistêmicos, bem como seu custo e/ou benefícios econômicos e socioambientais. O aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos ou industriais pode complementar a oferta de energia renovável. Para as eólicas, por sua vez, é necessário importar equipamentos de eletrônica de potência, que representam aproximadamente 24% do investimento total. Já no caso da energia solar fotovoltaica, os principais insumos são importados. A produção nacional destes equipamentos poderia trazer empregos e desenvolvimento regional. Assim, as CEAE podem contribuir para analisar a expansão da matriz energética a partir da quantificação dos benefícios econômicos e sociais.

As CEAE também podem tornar mais ágil a elaboração de estudos de impacto ambiental por meio da utilização de indicadores específicos. Da mesma forma, os planos de energia, de mudanças climáticas, de transportes e logística, de gestão de resíduos e os projetos de pesquisa e desenvolvimento também podem ser favorecidos com as CEAE.

Dentre as políticas energéticas que podem se beneficiar dos indicadores produzidos pelas CEAE destacam-se:

- ◇ *O Plano Nacional de Energia (PNE), que tem como objetivo o planejamento de longo prazo do setor energético do País, orientando tendências e balizando alternativas de expansão deste segmento nas próximas décadas.*
- ◇ *O Plano Decenal de Energia (PDE), que é um documento informativo do horizonte decenal voltado a toda a sociedade, com uma indicação das perspectivas de expansão futura do setor de energia sob a ótica do governo.*
- ◇ *O Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), que apresenta a projeção do potencial de eficiência energética, além da legislação que norteia a temática no Brasil.*

As CEAE podem subsidiar não somente políticas energéticas, mas outras políticas ambientais e setoriais brasileiras, tais como:

- ◇ *Plano Plurianual (PPA), que é um planejamento de médio prazo, no qual são identificadas as prioridades para o período de quatro anos e destinados os investimentos de maior porte.*
- ◇ *Políticas de Transportes, como o Plano Nacional de Logísticas e Transportes (PNLT), o Plano Nacional de Logística (PNL), a Eficiência Energética na*

Mobilidade Urbana (EEMU), o RenovaBio, uma política de Estado que tem por objetivo traçar estratégias conjuntas para reconhecer o papel de todos os tipos de biocombustíveis na matriz energética brasileira, entre outras.

- ◇ *Políticas Ambientais, com o Plano Nacional de Mudança do Clima (PNMC); as Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC), que fazem parte do Acordo de Paris; o Inventário das Emissões de Gases de Efeito Estufa, que integra o compromisso assumido no âmbito do protocolo de Quioto; a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que estabelece diretrizes para os usos múltiplos da água; e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).*

Ressaltam-se também outras políticas públicas transversais que afetam direta e indiretamente o desenvolvimento da política energética, tais como a política de desenvolvimento agrícola relacionada à produção de biocombustíveis.

Interfaces das CEAE com as Contas Econômicas Ambientais de Água (CE-AA), de Florestas (CEAF) e com as Contas Experimentais de Serviços Ecosistêmicos

A energia, assim como o meio ambiente, são áreas essencialmente transdisciplinares. Assim, a energia estabelece interfaces com vários aspectos ambientais, como água, florestas e solo.

No setor elétrico existem diversos estudos sobre as hidrelétricas, os usos múltiplos da água (EPE, 2018) e a dependência dos serviços ecossistêmicos (ESPÉCIE *et al*, 2019). Nesse caso, as CEAE, juntamente com as CEAA, podem melhorar a qualidade desses trabalhos, uma vez que apresentam dados relativos ao uso da água, bem como à produção e ao consumo de hidroeletricidade numa mesma plataforma. A partir dessas contas, é possível gerar indicadores híbridos que indiquem o uso da água para geração de eletricidade, como por exemplo, metros cúbicos usados por megawatt gerado (m^3/MW). Em relação à importância dos serviços ecossistêmicos (SE) para manutenção da disponibilidade hídrica, fazem-se necessários estudos mais aprofundados sobre a quantificação dos benefícios e os mecanismos de conservação dos SE.

Ainda no setor elétrico, o uso de lenha pelas famílias e pelas atividades econômicas, computado nas CEAE, pode ser integrado aos dados de exploração de madeira para lenha contidos nas CEAF. A partir dos dados gerados é possível obter novos indicadores, como por exemplo, o uso de lenha para fins de geração de eletricidade por hectare de área utilizada para fins de produção da lenha ($m^3/hectare$) ou, ainda, a demanda de área para produção de lenha por megawatt gerado ($hectare/MW$).

No setor de biocombustíveis, além da água, há estudos que mostram a competição pelo uso do solo com a produção de alimentos. Assim, estudos que utilizem Contas Econômicas Ambientais de serviços ecossistêmicos, podem favorecer maior coordenação entre órgãos governamentais e agências reguladoras em torno da compatibilização entre as políticas de ambos os setores.

Indicadores

Há diversos indicadores que podem ser construídos com as CEAE, tais como:

- ◇ *Oferta e uso de energias renováveis e resíduos sólidos;*
- ◇ *Cálculo das emissões atmosféricas relacionadas ao uso energético;*
- ◇ *Análise de acoplamento e desacoplamento entre o uso energético e o crescimento econômico;*
- ◇ *Comércio internacional de produtos energéticos;*
- ◇ *Produção e valor adicionado do setor energético;*
- ◇ *Intensidade energética por atividade econômica e análise de decomposição estrutural;*
- ◇ *Quantidade física e gasto monetário com a energia utilizada pelas indústrias e famílias;*
- ◇ *Grau de autossuficiência energética;*
- ◇ *Indicadores relacionados a oferta e demanda de produtos energéticos por atividade econômica.*

Tais indicadores podem orientar a formulação das políticas energéticas e ambientais, além de auxiliarem no monitoramento das referidas políticas, permitindo que se avalie a efetividade das mesmas.

Ademais, os indicadores de sustentabilidade energética podem ser construídos a fim de garantir o cumprimento das metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Afinal, o acesso à energia limpa está relacionado com praticamente todos os ODS e pode viabilizar atividades econômicas e o bem-estar das pessoas.

Ferramentas e instrumentos

Várias ferramentas podem ser construídas a partir das CEAE, tais como, a Matriz Insumo-Produto Híbrida, a Matriz de Contabilidade Social, os modelos de Equilíbrio Geral Computável. Com base nesses modelos, diversos estudos e políticas podem ser realizados. Além disso, alguns estudos que in-

tegram o setor de energia com outros aspectos ambientais, tais como clima e água, são feitos com apoio de modelos matemáticos e estatísticos, como os métodos econométricos e Análise Envoltória de Dados (DEA). A metodologia de valoração ambiental é um bom exemplo disso. Neste caso, as CEAE podem permitir a uniformização de tais metodologias.

Disseminação e divulgação

Além do MME e da EPE, as principais instituições que coletam e divulgam dados energéticos são a Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e o Banco Mundial. Reconhecidas por produzirem dados confiáveis, tais instituições oferecem subsídios técnicos relevantes para a construção das CEAE, de maneira que as informações nelas contidas sejam úteis para o uso mais eficiente dos recursos energéticos e para a tomada de decisões.

A forma com que as CEAE serão divulgadas é muito importante, já que existem instituições que ainda precisam ser convencidas da relevância dessas medições. Dessa forma, a divulgação dos benefícios potenciais apontados pelas CEAE precisa ser enfatizada no processo de comunicação. Além do convencimento de instituições para o uso das CEAE em seus programas e políticas, algumas associações setoriais podem entender que mais transparência às informações relacionadas à eficiência praticada no uso de recursos naturais seja uma ameaça ao setor, enquanto esses dados tendem, ao contrário, a proporcionar maior viabilidade ao seu negócio no longo prazo. Mas as barreiras podem ser transpostas, uma vez que a sociedade está exigindo cada vez mais acesso a estes dados para garantir uma gestão eficiente e sustentável dos recursos naturais. Assim, é preciso que as informações divulgadas sejam discutidas com a sociedade e que sejam replicáveis para aumentar a transparência do método de construção dos dados.

1. INTRODUÇÃO

1.1 O PROJETO TEEB REGIONAL-LOCAL

A incorporação do valor da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos é de grande importância para que os tomadores de decisão possam otimizar os seus processos de gestão. Dessa forma torna-se possível reconhecer vulnerabilidades e dependências e evitar possíveis impactos e perdas econômicas relacionadas à deterioração dos ecossistemas e serviços associados.

O projeto 'Conservação da Biodiversidade através da Integração de Serviços Ecossistêmicos em Políticas Públicas e na Atuação Empresarial' (TEEB Regional-Local)², implementado entre agosto de 2012 e maio de 2019, nasceu com o propósito de promover a integração dos serviços ecossistêmicos em políticas públicas e na atuação empresarial por meio do desenvolvimento de abordagens e da construção de métodos e ferramentas de ação.

O projeto alinha-se com a iniciativa internacional da Economia dos Ecossistemas e da Biodiversidade (TEEB, do inglês *The Economics of Ecosystems and Biodiversity*) ao destacar os benefícios da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos para a sociedade, bem como os crescentes custos advindos da perda ou da degradação dos mesmos. As atividades desenvolvidas buscaram considerar os serviços ecossistêmicos na construção de estratégias, programas e instrumentos de políticas públicas e na atuação do setor empresarial nos biomas Cerrado, Mata Atlântica e Amazônia.

O projeto pretendeu contribuir para:

1. *A consolidação do tema de serviços ecossistêmicos e capital natural nas agendas do setor público e do setor empresarial;*
2. *A promoção de instrumentos econômicos para a conservação e mecanismos de financiamento;*
3. *A institucionalização do enfoque de serviços ecossistêmicos no desenvolvimento de capacidades, no planejamento e na tomada de decisão sobre os ecossistemas e o território;*

² Mais informações em: <<http://www.mma.gov.br/biodiversidade/economia-dos-ecossistemas-e-da-biodiversidade>>. Acesso em: 03 abr. 2019.

4. *O fortalecimento do planejamento do uso do solo e da gestão dos ecossistemas com informações sobre serviços ecossistêmicos;*
5. *A disseminação de mensagens-chave sobre o valor dos serviços ecossistêmicos para a economia e o bem-estar humano voltada a diferentes setores da sociedade.*

Para isso, o TEEB Regional-Local estruturou-se em torno de quatro componentes:

1. *Integração de Serviços Ecossistêmicos (SE) no desenvolvimento de políticas e estratégias em nível nacional;*
2. *Integração de SE em processos prioritários de desenvolvimento regional e local;*
3. *Integração de SE na gestão de pequenas e médias empresas;*
4. *Apoio ao desenvolvimento de Contas Econômicas Ambientais.*

O projeto é uma realização do governo brasileiro, coordenado pelo MMA no contexto da Cooperação para o Desenvolvimento Sustentável Brasil-Alemanha, no âmbito da Iniciativa Internacional de Proteção do Clima (IKI), do Ministério do Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear da Alemanha (BMU). O projeto contou com apoio técnico da GIZ GmbH.

Em sua atuação, o projeto contou com vários parceiros de execução, como a Confederação Nacional da Indústria (CNI), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Agência Nacional de Águas (ANA), Serviço Florestal Brasileiro (SFB), Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Fundação Getúlio Vargas (FGV), além de órgãos estaduais e municipais de meio ambiente, federações estaduais da indústria, empresas privadas, universidades e organizações da sociedade civil.

1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO

A matriz energética de um país representa o portfólio de fontes de energia necessárias para atender à demanda doméstica. No caso do Brasil, o setor é caracterizado pela grande participação de fontes renováveis, graças principalmente à geração hidrelétrica e ao uso de biocombustíveis. Tal característica é uma vantagem comparativa para o País pelo fato de as atividades econômicas possuírem menor dependência de combustíveis fósseis e gerarem menor impacto às mudanças climáticas, que as de outras nações.

O planejamento setorial é feito pelo MME, com apoio da EPE, e tem por objetivo garantir o fornecimento de energia para a população e assegurar as bases para o desenvolvimento sustentável da economia. O planejamento energético conta ainda com o apoio das agências reguladoras da área energia elétrica, a ANEEL, e da área de petróleo, gás natural e biocombustíveis, a ANP.

A EPE publica anualmente o Balanço Energético Nacional (BEN) a fim de acompanhar o desenvolvimento e a evolução da matriz energética brasileira. Neste relatório são apresentadas a oferta e a demanda de energia primária, secundária e final, assim como os dados socioeconômicos relacionados ao setor. Entretanto, uma vez que os dados publicados pelo BEN são disponibilizados basicamente em termos físicos, entende-se que, para uma análise energética completa faz-se necessário considerar outros aspectos que não podem ser dissociados das atividades econômicas. Devem ser considerados, por exemplo, outros agentes econômicos, como as famílias e o governo, além da questão ambiental.

O Sistema de Contabilidade Econômica Ambiental de Energia (SCEAE, do inglês *System of Environmental-Economic Accounting for Energy* ou *SEEA Energy*), surgiu para cobrir essa lacuna a partir de uma estrutura que integra dados econômicos, físicos e ambientais. Fornecendo uma visão mais abrangente das inter-relações entre a economia e o meio ambiente, este sistema mostra os benefícios que os estoques de ativos ambientais trazem para a economia em termos de recursos energéticos.

O SCEAE contém conceitos, definições, classificações, regras contábeis e tabelas internacionalmente acordados para produzir estatísticas e contas comparáveis entre os países e segue uma estrutura contábil similar ao do Sistema de Contas Nacionais (SCN). As Contas Econômicas Ambientais de Energia (CEAE) visam, portanto, subsidiar por meio da geração de dados, uma série de políticas brasileiras, incluindo o cálculo do Produto Interno Verde (PIV), conforme determina a Lei 13.493, de 2017.

Dessa forma, a análise energética pode ser beneficiada pela construção das CEAE, que integram dados monetários advindos da contabilidade nacional aos dados de extração de produtos energéticos primários, bem como à produção de produtos energéticos secundários, possibilitando uma avaliação da importância do capital natural para o desenvolvimento da economia.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo geral da construção das Contas Econômicas Ambientais consiste em possibilitar uma análise da dependência dos setores econômicos em relação ao uso dos recursos naturais (renováveis e não renováveis) e seus impactos em termos de lançamento de emissões e efluentes. Dessa forma, o presente estudo destaca os dados e os indicadores passíveis de extração das contas que contribuem para alimentar políticas públicas orientadas para um desenvolvimento sustentável.

No caso específico das CEAE, estas podem auxiliar na compreensão da dependência da extração de produtos energéticos primários e da transformação destes em produtos energéticos secundários pela economia num horizonte temporal de curto, médio e longo prazos. Isso permite o desenvolvimento de uma análise crítica em termos de sustentabilidade da extração de produtos energéticos primários, e dos impactos decorrentes das emissões de GEE.

Ademais, este estudo permite trazer maior conhecimento técnico sobre a utilidade das CEAE na promoção de políticas públicas ligadas a uma matriz energética sustentável, preparando o País para a transição de uma economia de baixo carbono e com menor dependência de recursos naturais não renováveis. Dentre os objetivos específicos, também se pode destacar a identificação das possíveis aplicações e interfaces das CEAE com as políticas públicas do Brasil relacionadas à energia e ao meio ambiente, como as metas de redução de emissões de GEE, a partir da expansão das fontes renováveis na matriz energética nacional.

A partir da leitura dos indicadores das CEAE procura-se responder, por exemplo, às seguintes perguntas formuladas pelos gestores públicos: Qual a demanda doméstica e das atividades econômicas por fonte energética? Qual o valor adicionado gerado pelas fontes energéticas renováveis e não renováveis? Qual a participação no uso de energias renováveis e quais as despesas associadas a esse consumo pelas atividades econômicas? Quais indústrias geram gases de efeito estufa associados ao uso de produtos energéticos baseados em combustíveis fósseis?

1.4 METODOLOGIA DE ANÁLISE

O estudo baseou-se na análise de experiências internacionais, bem como na combinação de revisão da literatura com entrevistas a especialistas do setor energético brasileiro. Foi realizada ainda uma oficina de harmonização que contou com gestores de políticas públicas, especialistas em energia, além dos

consultores do projeto TEEB-Regional para definir a estrutura deste estudo. Isso possibilitou colher subsídios e conhecer os anseios dos formuladores de políticas públicas no Brasil com relação ao tema.

Com relação à fase de entrevistas, o roteiro de perguntas incluiu questões relacionadas a temas como:

- ◇ *Políticas públicas relevantes no contexto do desenvolvimento energético sustentável;*
- ◇ *Indicadores derivados das CEAE para avaliação da sustentabilidade ambiental da política energética;*
- ◇ *Ferramentas e instrumentos para elaboração de análises macroeconômicas e construção de cenários para o desenvolvimento de políticas energéticas menos poluentes e com menor dependência de recursos não renováveis;*
- ◇ *Transversalidade entre a política energética e as políticas ambientais e setoriais;*
- ◇ *Críticas e resistências associadas ao uso das CEAE para elaboração de políticas energéticas;*
- ◇ *Disseminação e divulgação das CEAE para sua aplicação no âmbito de políticas públicas.*

A lista completa das instituições dos especialistas entrevistados pode ser vista no anexo deste caderno.

2. A PRODUÇÃO DAS CONTAS ECONÔMICAS AMBIENTAIS DE ENERGIA

As CEAE constituem uma estrutura que organiza as estatísticas relacionadas aos produtos energéticos produzidos e consumidos no País, oriundas do Balanço Energético Nacional. Tais estatísticas, publicadas pelo IBGE, estão organizadas de forma consistente com o Sistema de Contas Nacionais (SCN). Os produtos energéticos considerados são aqueles usados como fontes de energia ou para fins não energéticos. Compreendem: (i) produtos energéticos extraídos e produzidos/gerados por unidade econômica (inclusive por famílias); (ii) energia elétrica gerada por unidade econômica (inclusive por famílias); e (iii) calor gerado e vendido a terceiros por unidade econômica. Os produtos energéticos incluem energia de biomassa e de resíduos sólidos que são queimados para a produção de eletricidade e/ou calor, bem como produtos que podem ser usados para fins não energéticos.

Devido à sua compatibilidade com o SCN, as contas de energia são compostas por três principais tabelas:

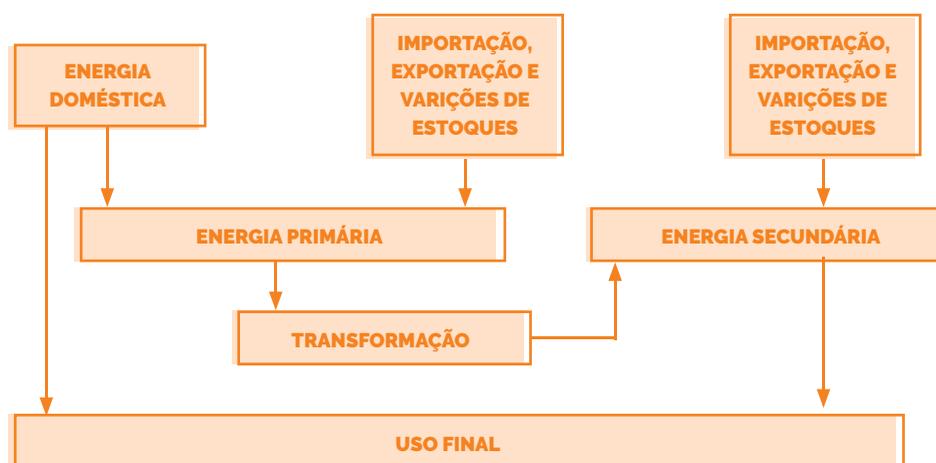
- i. Tabelas de Recursos e Usos Física de Energia (TRUF-E), que registram os fluxos de oferta e demanda de produtos energéticos primários e secundários, do meio ambiente para economia, da economia para economia e da economia para o meio ambiente;*
- ii. Tabelas de Recursos e Usos Monetárias de Energia (TRUM-E), que registram os fluxos monetários de oferta e demanda de produtos energéticos primários e secundários transacionados no mercado;*
- iii. Contas de Ativos física e monetária de recursos energéticos.*

A presente seção apresenta as semelhanças e diferenças entre o BEN e as CEAE, uma vez que o primeiro é a principal base de dados que alimenta as CEAE, descreve cada uma das contas que compõem as CEAE e, por fim, apresenta alguns objetivos da construção das CEAE para o desenvolvimento sustentável.

2.1 COMPARAÇÕES ENTRE O BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL E AS CEAE

A principal base de dados para a construção das CEAE constitui-se dos movimentos energéticos ao longo de um período de tempo. Em outras palavras, os balanços energéticos mapeiam os fluxos de energia, começando na produção de energia primária (como petróleo, gás natural, carvão mineral, energia hidráulica, biomassa etc.), considerando importações, exportações e variação de estoques; a transformação desta em energia secundária (como derivados de petróleo, eletricidade, etanol, carvão vegetal etc.), acrescentando também importações, exportações e variação de estoques; até o uso final de energia, conforme ilustra a **Figura 1**, a seguir.

FIGURA 1. Fluxos da energia



FONTE: Battacharya, 2012

Assim como ocorre no BEN, as CEAE distinguem os produtos energéticos em primários e secundários. Os produtos energéticos primários são produzidos diretamente a partir da extração ou da captura de recursos de energia do meio ambiente. Ao passo que os produtos energéticos secundários resultam da transformação de produtos primários, ou secundários, em outros tipos de produtos energéticos.

O principal avanço das CEAE consiste em agrupar os dados do BEN no formato e na metodologia do SCN, permitindo que este último apresente claramente a relação de produção, transformação e uso de energia que ocorre entre o meio ambiente e os agentes econômicos. No entanto, antes de iniciar o

processo de compilação das CEAE é necessário estar ciente das características estruturais de cada um dos balanços, bem como as semelhanças e diferenças que existem entre eles, permitindo que os dados contidos no BEN sejam utilizados de forma coerente e alinhados à metodologia do SCN. Algumas semelhanças e diferenças são resumidas no **Quadro 1**.

QUADRO 1. Semelhanças e diferenças entre o BEN e as CEAE

	BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (BEN)	CONTAS ECONÔMICAS AMBIENTAIS DE ENERGIA (CEAE)
1	Baseado em estatísticas de energia	Baseado em estatísticas do balanço de energia e de contas nacionais
2	Vários formatos, como os da Agência Internacional de Energia (IEA) ou da Organização Latino-Americana de Energia (OLADE)	Utiliza o formato da Tabela de Recursos e Usos (TRU) do Sistema de Contas Nacionais
3	Unidades físicas: terajoule (TJ), tonelada equivalente de petróleo (TEP), m ³ , outros	Unidades física (TEP, MW, outros) e monetária (Real)
4	Balanço de oferta e consumo total	Balanço de recursos e usos total
5	Distingue produtos energéticos primários e secundários	Distingue os produtos energéticos primários e secundários produzidos pelas atividades econômicas e incorpora o fluxo de produtos extraídos do meio ambiente e lançados da economia para o meio ambiente
6	O fluxo de insumo de produto energético primário no processo de transformação é computado como negativo	O fluxo de insumo de produto energético primário no processo de transformação é computado como consumo intermediário na tabela de usos como um fluxo positivo
7	Produtos energéticos e atividades agrupadas em setores conforme a <i>Standard International Energy Classification</i> (SIEC)	Produtos energéticos e atividades econômicas agrupadas conforme a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) e a <i>Central Product Classification</i> (CPC)
8	Os fluxos de consumo, exportação e importação, em especial em relação ao consumo de combustíveis pelo transporte, atendem ao princípio de território	Os fluxos de consumo, exportação e importação, em especial em relação ao consumo de combustíveis pelo transporte, atendem ao princípio de residência
9	Reordenamento da energia utilizada pelas indústrias de acordo com o propósito ("uso próprio", "transporte", "autoprodutoras de energia elétrica", "uso não energético", outros)	Não há reordenamento da energia utilizada pelas indústrias, mas há distinção dos fluxos de Recursos e Usos para "uso próprio" e para fins "não energéticos" a fim de compatibilizar com os fluxos monetários

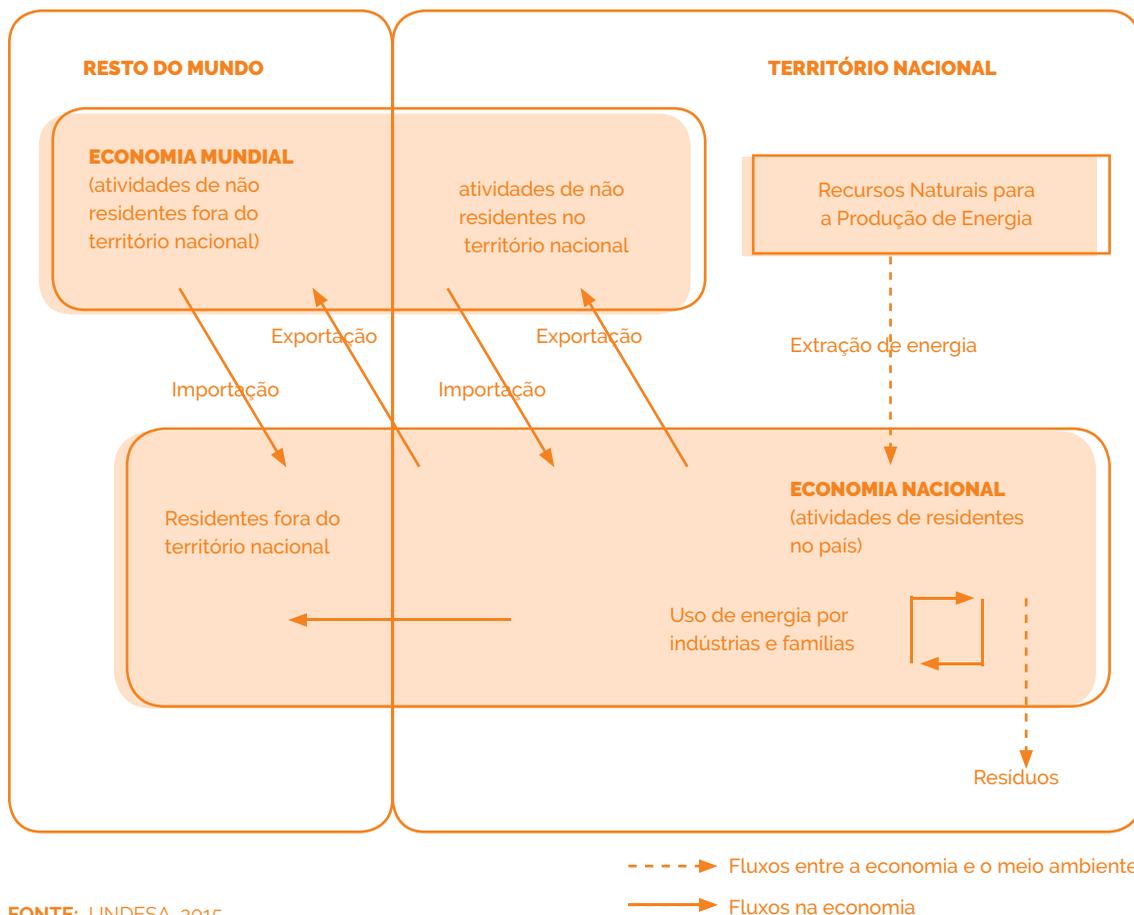
	BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (BEN)	CONTAS ECONÔMICAS AMBIENTAIS DE ENERGIA (CEAE)
10	Descrição detalhada dos setores energéticos, incluindo a planta industrial utilizada	Os setores de energia são classificados pela CNAE, sem especificação da planta industrial utilizada
11	Todas as atividades de transporte dentro da economia estão agrupadas em um único setor "Transporte", sem diferenciação se o consumo de combustível decorrente do transporte foi realizado diretamente pelas atividades ou pelas famílias.	O transporte realizado diretamente pelas atividades econômicas e famílias é representado como parte do consumo de cada atividade específica e pelas famílias. Ao passo que o serviço contratado de Transporte é computado pela atividade "Transporte"
12	Inclui diferenças estatísticas ("Ajustes estatísticos")	Não inclui diferenças estatísticas por definição, sendo estas diferenças computadas em "Acumulação" de forma a manter o equilíbrio do balanço.

FONTE: Elaboração própria

A principal semelhança entre o BEN e as contas de energia é que ambos fornecem informações sobre a oferta e o uso de produtos energéticos na forma de um balanço. Isto permite representar a informação contida nos balanços em um formato compatível com a estrutura da TRU-F. Por esta razão, o formato e as regras contábeis aplicadas durante a construção dos balanços energéticos são muito importantes, de modo que estes últimos possam servir como ponto de partida para começar com a compilação dos dados num formato da TRUF-E. O *SEEA-Energy* recomenda a adequação dos balanços de energia às recomendações contábeis estipuladas no *International Recommendations for Energy Statistics* (IRES) (UNDESA, 2015).

Além das diferenças em termos de formato, classificação e cômputo dos fluxos, a diferença mais relevante entre o BEN e as contas de energia está relacionada aos "limites" da economia em questão. Ou seja, a economia é observada do ponto de vista de seus limites geográficos (princípio territorial) pelo BEN, e da perspectiva de seus limites econômicos (princípio de residência) pelo SCN, logo, pelas CEAE. Tais ajustes estão essencialmente associados à contabilização de determinados fluxos de energia relacionados com o transporte internacional (marítimo e aéreo), bem como com as atividades de turismo de unidades residentes e não residentes dentro de um país. Tais diferenças, representadas na **Figura 2**, impactam os fluxos de exportação e importação, uma vez que são consideradas as unidades residentes fora do país e aquelas não residentes dentro do país. Em termos quantitativos e dependendo das características da atividade econômica de um país, esta diferença pode levar a ajustes significativos do uso total de energia pela economia, com impactos no cálculo do total de emissões atmosféricas decorrente da combustão de produtos energéticos.

FIGURA 2. Fluxos entre economia, energia e meio ambiente



FONTE: UNDESA, 2015

2.2 TABELAS DE RECURSOS E USOS FÍSICA E MONETÁRIA DE ENERGIA

A estrutura das CEAE é similar à das Contas Nacionais, logo, é representada em formato de Tabela de Recursos e Usos (TRU) de energia, como pode ser visto no **Quadro 2**. Por se tratar de uma conta satélite econômico-ambiental, cabe observar a incorporação de um agente econômico adicional, isto é, o meio ambiente, e de uma linha adicional que consiste nos fluxos de resíduos.

QUADRO 2. Formato básico da Tabela de Recursos e Usos de Energia

TABELA DE RECURSOS						
	Indústria	Famílias	Estoque	Resto do Mundo	Meio Ambiente	Total
Energia de Insumos Naturais					Insumos Energéticos do Meio Ambiente	Oferta Total de Energia dos Insumos Naturais
Produtos Energéticos	Produção			Importação		Oferta Total de Produtos Energéticos
Resíduos Energéticos	Resíduos Energéticos Gerados pela Indústria	Resíduos Energéticos gerados pelas Famílias	Resíduos Energéticos dos Estoques	Resíduos Energéticos Recebidos do Resto do Mundo	Resíduos Energéticos Recuperados do Meio Ambiente	Oferta Total de Resíduos Energéticos
TABELA DE USOS						
	Indústria	Famílias	Estoque	Resto do Mundo	Meio Ambiente	Total
Energia de Insumos Naturais	Extração de Energias dos Recursos Naturais					Uso Total de Energia nos Insumos Naturais
Produtos Energéticos	Consumo Intermediário	Consumo de Famílias	Variação de Estoques	Exportação		Uso Total de Produtos Energéticos
Resíduos Energéticos	Coleta e Tratamento de Recursos Energéticos		Estoque de Resíduos Energéticos	Resíduos Energéticos Enviados para o Resto do Mundo	Fluxo Direto de Resíduos Energéticos para o Meio Ambiente	Uso Total de Resíduos Energéticos

FONTE: UNDESA, 2015

Na tabela de Recursos são representados: (i) os insumos extraídos do meio ambiente; (ii) a produção de produtos energéticos – primários a posterior da extração, e secundários resultantes do processo de transformação; (iii) os resíduos dos processos produtivos e da conversão de energia, que são descartados no meio ambiente; (iv) os resíduos gerados nos processos produtivos; e (v) o reaproveitamento energético dos resíduos.

Na tabela de Usos, por sua vez, são representadas: (i) a extração de recursos energéticos do meio ambiente; (ii) o consumo intermediário e a demanda final de produtos energéticos primários e secundários; (iii) a coleta e o tratamento de resíduos energéticos; (iv) a acumulação de resíduos energéticos; e (v) os fluxos diretos de resíduos no meio ambiente.

Portanto, as TRUF-E se resumem em cinco principais fluxos: i) fluxos de energia de insumos naturais oriundos do meio ambiente; ii) fluxos de produtos energéticos, inclusive produtos energéticos produzidos por conta própria;

iii) importações e exportações de produtos energéticos; iv) transformação e uso final de produtos energéticos, e v) fornecimento e uso de resíduos de energia e outros fluxos de resíduos, como por exemplo, as perdas. Os fluxos físicos das TRUF-E são registrados em unidades comerciais ou em uma unidade comum de energia, como TEP, utilizada no Balanço Energético Nacional.

As contas de fluxos monetários de energia, TRUM-E, possuem os mesmos fluxos correspondentes aos fluxos físicos, à exceção da energia não transacionada entre atividades econômicas, como por exemplo, os produtos extraídos do meio ambiente e a energia produzida e consumida pela mesma atividade econômica. Esses fluxos físicos, denominados de consumo próprio, são incluídos apenas em linhas específicas da TRUF-E, pois não existem transações monetárias associadas. Para cada setor produtivo, a TRUM-E mostra os recursos e usos de produtos energéticos em termos monetários, incluindo linhas para o fornecimento total de produtos, o consumo intermediário e o uso final de produtos, ou seja, totais que incluem produtos energéticos e não energéticos. Lançamentos adicionais na tabela monetária de recursos e usos são necessários para converter as estimativas de recursos em preços básicos em estimativas de recursos em preço do consumidor. Estimativas monetárias a preços de consumidor são necessárias por serem a base para incorporar os fluxos na tabela de usos.

A compilação de contas de fluxos de energia permite um monitoramento consistente da oferta e da demanda de energia, por produto e por agente econômico. Indicadores de intensidade energética, eficiência e produtividade podem ser derivados das contas em conjunto com informações monetárias.

2.3 CONTAS DE ATIVOS FÍSICA E MONETÁRIA DE RECURSOS ENERGÉTICOS

Os recursos energéticos são considerados um ativo ambiental, pois são extraídos e utilizados pelas atividades econômicas sem que haja renovação nos seus estoques em uma escala de tempo humana. Como não podem ser regenerados, a fim de garantir a sustentabilidade das indústrias que os exploram, é fundamental compreender o ritmo em que esses ativos se depreciam, bem como a sua disponibilidade total.

Ao contrário dos recursos energéticos fósseis não renováveis, as fontes de energia renováveis não se esgotam. Portanto, o escopo de mensuração monetária destas fontes energéticas não possui relação com um quadro contábil de ativo físico, caracterizado como estoque. A contabilização, neste caso, refere-se

à quantidade de energia que é produzida a partir de determinado investimento corrente em ativos produzidos e da tecnologia associada.

Os recursos energéticos incluem jazidas de petróleo, de gás natural, de carvão, de minerais não metálicos e de minerais metálicos. Como grande parte dos recursos energéticos encontrados sob o solo, um fator-chave na sua mensuração é a concentração e a qualidade dos recursos na jazida, pois isso influenciará na probabilidade, no custo de extração e no grau de confiança em relação ao potencial extrativo no futuro. Desse modo, para realização das Contas de Ativos se faz necessária a categorização dos recursos energéticos.

A *United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009* (UNFC-2009) categoriza os recursos minerais e energéticos conforme três critérios que determinam se os projetos de exploração dos recursos foram confirmados, desenvolvidos ou planejados: i) Viabilidade econômica e social; ii) Condições do projeto de campo e viabilidade; iii) Conhecimento geológico. Por sua vez, as jazidas conhecidas são categorizadas em três classes, cada uma definida de acordo com as combinações de critérios derivados da UNFC-2009: i) Classe A: Recursos recuperáveis comercialmente; ii) Classe B: Recursos potencialmente recuperáveis comercialmente; iii) Classe C: Jazidas não comerciais e outras jazidas conhecidas.

As contas físicas de ativos de recursos minerais e energéticos devem ser elaboradas por tipo de recurso e incluem estimativas de estoques iniciais e finais, bem como variações no estoque ao longo do período contábil, conforme exemplificado na **Figura 3**. As variações de estoque em termos físicos contemplam cinco principais alterações, a saber: i) as descobertas que incorporam as estimativas da quantidade de novas jazidas encontradas durante um período contábil; ii) as reavaliações, para cima ou para baixo, que se referem aos acréscimos ou às reduções no estoque estimado disponível de uma jazida específica ou a mudanças na categorização de jazidas específicas; iii) a extração, que reflete a quantidade de recurso fisicamente removido da jazida, excluindo os resíduos de mineração, ou seja, a quantidade de solo e outro material movimentado a fim de extrair o recurso; iv) as perdas catastróficas, como por exemplo, inundações e desabamentos de minas, cujas jazidas continuam a existir e podem, a princípio, ser recuperadas, a depender da viabilidade econômica da extração, e; v) as reclassificações de determinadas jazidas abertas ou fechadas para operações de mineração devido a decisões do governo sobre os direitos de acesso.

FIGURA 3. Conta de ativos física de recursos minerais e energéticos

	TIPO DE RECURSO MINERAL E ENERGÉTICO (Classe A: Recursos recuperáveis comercialmente)				
	RECURSOS PETROLÍFEROS (milhares de barris)	RECURSOS DE GÁS NATURAL (metros cúbicos)	RECURSOS DE CARVÃO E TURFA (milhares de toneladas)	RECURSOS MINERAIS NÃO METÁLICOS (toneladas)	RECURSOS MINERAIS METÁLICOS (milhares de toneladas)
Estoque inicial de recursos minerais e energéticos	800	1 200	600	150	60
Adições no estoque					
Descobertas					20
Reavaliações para cima		200		40	
Reclassificações					
<i>Total de adições no estoque</i>		200		40	20
Reduções do estoque					
Extrações	40	50	60	10	4
Perdas catastróficas					
Reavaliações para baixo			60		
Reclassificações					
<i>Total de reduções no estoque</i>	40	50	120	10	4
Estoque final de recursos minerais e energéticos	760	1 350	480	180	76

Nota: Diferentes unidades físicas (p. ex., toneladas, metros cúbicos e barris) vão ser utilizadas para diferentes tipos de recursos.

FONTE: UN, 2014

As contas de ativos em termos monetários para recursos minerais e energéticos baseiam-se na disponibilidade de informações sobre o estoque físico de recursos e possuem uma estrutura similar à estrutura das contas de ativos físicas, conforme ilustrado no exemplo da **Figura 4**.

FIGURA 4. Conta de ativos monetária de recursos minerais e energéticos (unidades de moeda corrente)

	TIPO DE RECURSO MINERAL E ENERGÉTICO (Classe A: Recursos recuperáveis comercialmente)				
	RECURSOS PETROLÍFEROS	RECURSOS DE GÁS NATURAL	RECURSOS DE CARVÃO E TURFA	RECURSOS MINERAIS NÃO METÁLICOS	RECURSOS MINERAIS METÁLICOS
Valor do estoque inicial de recursos	24 463	19 059	41 366	1 668	6 893
Adições no estoque					
Descobertas					1 667
Reavaliações para cima		3 100		391	
Reclassificações					
<i>Total de adições no estoque</i>		3 100		391	1 667
Reduções do estoque					
Extrações	1 234	775	4 467	98	333
Perdas catastróficas					
Reavaliações para baixo			4 467		
Reclassificações					
<i>Total de reduções no estoque</i>	1 234	775	8 934	98	333
Reavaliações	412	-972	5 945	-442	-4 287
Valor do estoque final de recursos	23 641	20 412	38 377	1 519	3 940

FONTE: UN, 2014

A conta de ativos monetária é fortemente influenciada pelas “reavaliações”, que consistem no registro incremento de novas jazidas e, por consequência, influenciam no preço dos recursos minerais e energéticos durante o período contábil. Outro componente que influencia a conta de ativos monetária são as alterações de pressupostos subjacentes à abordagem do cálculo do Valor Presente Líquido (VPL), normalmente utilizado para avaliar esses recursos.

A aplicação do método de VPL requer a consideração de vários pressupostos, tais como: i) Estimativa da renda de recursos minerais e energéticos com base em informações sobre o rendimento e os custos operacionais do setor extrativo para cada tipo de recurso; ii) Definição da taxa de extração a partir de pressupostos sobre a eficiência do processo de extração e o estoque de ativos produzidos; iii) Vida útil dos recursos, que é igual ao estoque naquele momento dividido pela taxa de extração esperada.

A avaliação de estoques e fluxos de recursos minerais e energéticos permite relacionar os dados do valor adicionado e o excedente operacional das indústrias extrativas, descontado da depleção. Essas medidas fornecem uma visão mais completa da atividade extrativa, incorporando os custos de produção. Estimativas monetárias desses ativos também podem contribuir na determinação de tributação e royalties do governo, considerando que, em muitos países, o governo é o proprietário desses ativos.

2.4 CEAE COMO SUBSÍDIO PARA POLÍTICAS PÚBLICAS

As políticas destinadas a alcançar uma produção e um consumo sustentáveis de energia são desenvolvidas em diferentes graus, dependendo das características e necessidades específicas de cada país. Em geral, os objetivos gerais das políticas energéticas dos países se enquadram em três principais categorias:

- i. Melhorar a distribuição e o acesso à energia para a economia;*
- ii. Gerenciar a oferta e a demanda de energia,*
- iii. Reduzir as pressões ambientais da oferta e da demanda de energia.*

Em relação à primeira categoria “melhorar a distribuição e o acesso à energia para a economia”, os dados contidos na TRUF-E podem ser usados para gerar indicadores que permitam avaliar o grau de cobertura dos usuários (famílias, governo e empresas) e os tipos de energia aos quais eles têm acesso. Por meio desses indicadores, os formuladores de políticas podem ter informações que possibilitem rastrear mudanças nas quantidades e na estrutura dos produtos energéticos que são fornecidos aos consumidores intermediários (empresas) e finais (famílias, governo e resto do mundo).

Quanto à segunda categoria, “gerenciar a oferta e a demanda de energia”, os dados da TRUF-E e TRUM-E podem ser utilizados para monitorar as quantidades de energia e as despesas necessárias para os diferentes usos (transformação, produção, transporte, uso não energético, geração de eletricidade), bem

como a eficiência energética associada a cada um deles (incluindo as perdas). Também é possível monitorar a composição da energia disponível que é utilizada (renovável, não renovável, produzida internamente ou importada) pelos agentes econômicos.

Com relação à terceira categoria, "reduzir as pressões ambientais da oferta e da demanda de energia", podem ser utilizados os dados da TRUF-E e das Contas de Ativos para identificar variáveis de produção e consumo energéticos relacionados à depleção de recursos não renováveis, bem como a impactos ambientais negativos. As Contas de Ativos permitem, por exemplo, avaliar a renda obtida com a extração de recursos não renováveis, bem como a taxa de depleção dos mesmos. Outro exemplo consiste em destacar que o uso de combustíveis fósseis causa emissões diretas de CO₂, ocasionando variação da emissão de GEE. Portanto, a TRUF-E, bem como as Contas de Ativos, fornecem aos gestores públicos informações que permitem a avaliação e o desenvolvimento de políticas destinadas à redução das pressões ambientais.

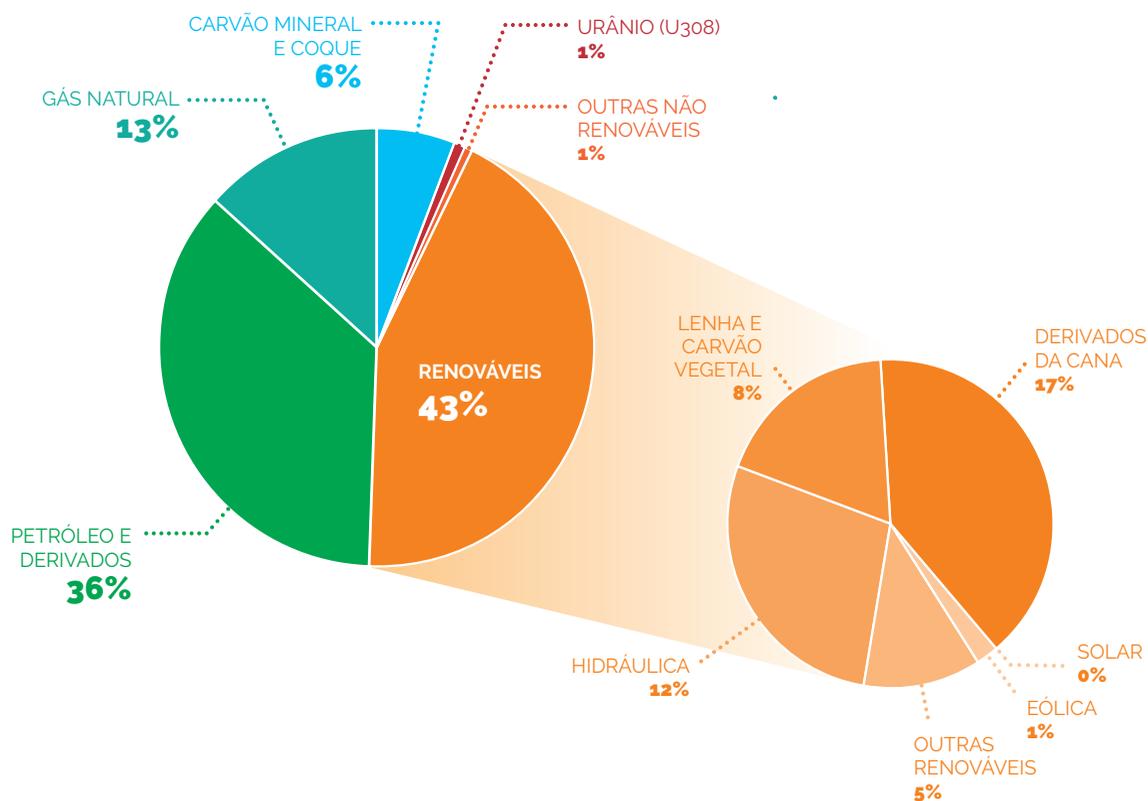
Os principais indicadores que podem ser extraídos das CEAE estão detalhadamente descritos no item 4 deste caderno.

3. POLÍTICAS PÚBLICAS E POTENCIAIS APLICAÇÕES DAS CEAE

3.1 POLÍTICAS ENERGÉTICAS

O Brasil destaca-se internacionalmente pela forte presença de fontes renováveis na sua matriz energética. Dados do Balanço Energético Nacional (EPE, 2018) mostram que, em 2017, tais fontes representavam 43% da oferta interna de energia do País, como mostra o **Gráfico 1**, a seguir.

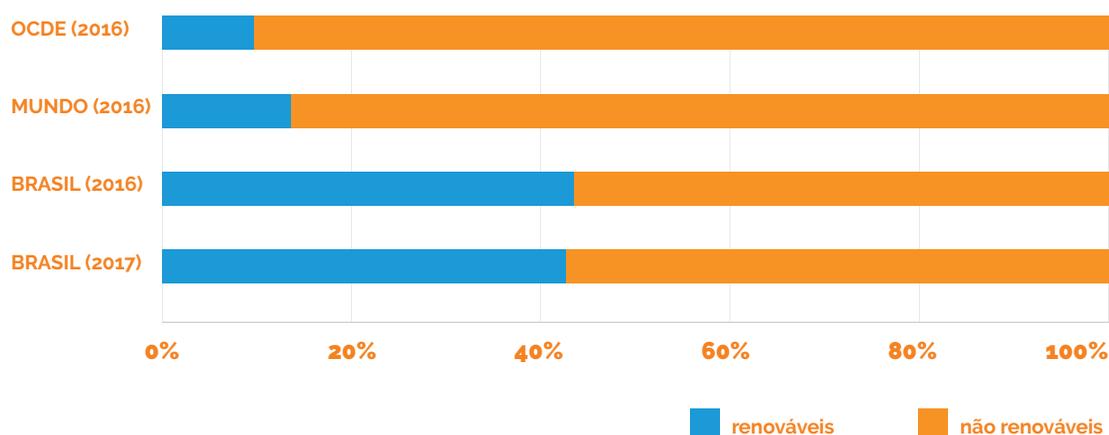
GRÁFICO 1. Oferta interna de energia em 2017



FONTE: BEN, 2018

A média mundial de participação de renováveis na matriz energética foi de 13,5%, em 2016, e a dos países da OCDE foi de 9,4%, no mesmo ano, como mostra o **Gráfico 2**. Grande parte do alto percentual de renováveis na matriz energética brasileira deve-se à forte participação dos biocombustíveis, especialmente do etanol, e às centrais hidrelétricas, que responderam por 63% da geração de eletricidade, em 2017.

GRÁFICO 2. Participação das energias renováveis no Brasil e no mundo



FONTE: IEA, 2018

A EPE tem como competência legal elaborar estudos e análises que norteiam as escolhas do Estado com vistas à prestação eficiente do serviço público. Essa missão leva em conta o desenvolvimento de todo o setor de energia, de forma a melhor atender o bem-estar social, o interesse coletivo e o desenvolvimento sustentável.

Dentre os planos publicados pela EPE, destacam-se os Planos Decenais de Energia (PDE) e o Plano Nacional de Energia (PNE) 2030 (EPE, 2007). Tais estudos contemplam o desenvolvimento de cenários macroeconômicos com simulações da evolução do consumo e da produção de energia para um horizonte de 10 anos, no caso do PDE, e de 20 anos ou mais, no caso do PNE. Tais planos e outros estudos são fundamentais para a formulação de políticas energéticas, como também de outras políticas setoriais.

Considerando a inter-relação entre a produção das atividades econômicas e o desenvolvimento da matriz energética, serão apresentadas, no item a seguir, algumas políticas públicas que, a exemplo dos planos de energia, podem se beneficiar da CEAE.

3.1.1 Plano Nacional de Energia

Segundo a EPE (2007), o PNE tem como objetivo o planejamento de longo prazo do setor energético do País, orientando tendências e balizando as opções de expansão desse segmento nas próximas décadas.

O PNE 2030, publicado em 2007, é composto por uma série de estudos que buscam fornecer insumos para a formulação de políticas energéticas segundo uma perspectiva integrada dos recursos disponíveis. Esses estudos estão divididos em volumes temáticos cujo conjunto subsidia o relatório final do PNE 2030, em que foram apresentados a “Análise Retrospectiva” (volume 1) do setor de energia no Brasil; a metodologia de “Projeções” (volume 2) da oferta e da demanda de energia, além dos cenários macroeconômicos e; a caracterização técnica, econômica e ambiental das tecnologias de geração de energia elétrica, como hidrelétricas, termelétricas, incluindo eficiência energética (volumes 3 a 11).

A versão final do PNE 2030 é dividida em cinco notas técnicas enumeradas a seguir:

1. *Cenários demográficos e de domicílios;*
2. *Cenários econômicos nacionais;*
3. *O mercado de energia elétrica – evolução no longo prazo;*
4. *O consumo final de energia – evolução no longo prazo;*
5. *A demanda de energia primária – evolução no longo prazo.*

A nota técnica “Cenário demográfico e de domicílios” tem como objetivo apresentar a descrição, a análise e a quantificação do cenário de desenvolvimento da população brasileira e dos domicílios nas áreas urbana e rural no período entre 2005 e 2030. Os fluxos físicos e monetários associados à demanda final das famílias, extraídos na TRUF-E e TRUM-E, são dados que podem contribuir no aprimoramento desses cenários, uma vez que possibilitam obter a participação dos gastos monetários das famílias por tipo de produto energético (*ver item 4 sobre indicadores, “Quantidade física e gasto monetário com a energia utilizada pelas indústrias e famílias”, deste estudo*).

A nota técnica “Cenários econômicos nacionais” apresenta uma formulação da economia brasileira, com a respectiva quantificação macroeconômica, que será adotada como premissa básica na elaboração das projeções de demanda de energia a serem utilizadas no Plano Nacional. Nota-se neste tópico uma ligação importante com as CEAE, uma vez que o motor da demanda de energia são as atividades econômicas e que a partir da TRUF-E e TRUM-E é

possível obter indicadores da participação do consumo intermediário de produtos energéticos no consumo intermediário total, por atividade econômica (*ver item 4 sobre indicadores “Quantidade física e gasto monetário com a energia utilizada pelas indústrias e famílias”, deste estudo*).

A nota técnica “O mercado de energia elétrica – evolução no longo prazo” é parte integrante do PNE 2030 e apresenta os cenários de evolução do consumo de energia, focando especificamente a eletricidade para o período compreendido entre 2007 e 2030. Nele são apresentadas as trajetórias e as respectivas condicionantes associadas a cada cenário, detalhando os rumos do setor elétrico para cada cenário e, por conseguinte, o papel do planejamento integrado. É importante frisar que as CEAE, por meio da TRUM-E, apresentam a geração de valor adicionado, bem como os fluxos monetários das despesas do setor elétrico, identificando a geração de renda por fonte de geração. Além disso, as CEAE tornam visível, em maior ou menor grau, a dependência da economia por determinada fonte de geração (*ver item 4, sobre indicadores, deste estudo*). Como exemplo, indicadores híbridos da geração de valor adicionado por megawatt, por fonte de geração elétrica (hidráulica, eólica, gás, outros) contribuem para compor cenários de expansão e diversificação da matriz energética, buscando definir orientações para uma economia menos dependente de recursos não renováveis.

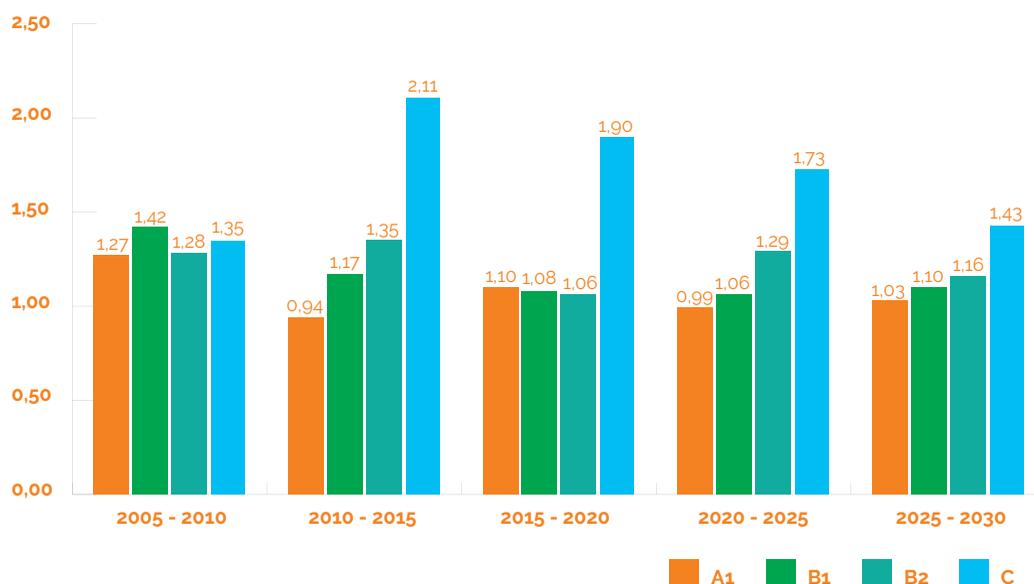
A nota “O consumo final de energia – evolução no longo prazo” é parte integrante do PNE 2030 e apresenta os cenários de evolução do consumo de energia, focando especificamente na energia elétrica, para o período compreendido entre 2007 e 2030. Nesse relatório são apresentadas as trajetórias de consumo de energia pelos diferentes setores, industrial, residencial, transportes, comercial/público e agropecuário, e as respectivas condicionantes associadas a cada cenário, detalhando os resultados em cada cenário delineado. Os indicadores físicos e híbridos de consumo de energia elétrica, como a intensidade energética por atividade econômica, extraídos da TRUF-E e TRUM-E, podem contribuir satisfatoriamente para a elaboração dos cenários supracitados. A análise da geração elétrica pelas autoprodutoras também é um dado fundamental que poderá contribuir na elaboração dos cenários de demanda de longo prazo do setor elétrico (*ver item 4, sobre indicadores, “Indicadores relacionados à oferta e demanda de produtos energéticos por atividade econômica”, deste estudo*).

A nota técnica “A demanda de energia primária – evolução no longo prazo” descreve as perspectivas para a evolução de longo prazo da demanda de energia primária. Isso inclui, além da demanda final de energia, a demanda nos centros de transformação. Os dados oriundos da TRUF-E e TRUM-E permitem, igualmente, aprofundar a dependência dos setores econômicos

que realizam a extração dos produtos energéticos primários, destacando se os mesmos são extraídos domesticamente ou importados (ver item 4, sobre indicadores, “Oferta e uso de energia renováveis e resíduos sólidos”, “Grau de autossuficiência energética” e “Comércio internacional de produtos energéticos”, do presente estudo).

Uma importante variável utilizada na construção dos cenários de demanda é a elasticidade-renda da demanda³, que relaciona o consumo de energia com a renda gerada pela atividade econômica. O **Gráfico 3** mostra as elasticidades utilizadas em cada cenário do PNE 2030.

GRÁFICO 3. Elasticidades-renda de demanda do PNE 2030



FONTE: PNE 2030

Os valores de elasticidade-renda da demanda foram calculados a partir da relação entre as variações no consumo de energia e as variações de PIB. Estes valores poderiam ser obtidos de forma mais consistente utilizando-se os dados extraídos das CEAE, especificamente da TRUM-E, que permitem captar a sensibilidade da demanda da energia em relação à variação da renda em todas as cadeias energéticas.

³ A elasticidade-renda da demanda de energia mostra a sensibilidade do consumo de energia em relação à variação de renda dos consumidores.

Atualmente, a EPE vem trabalhando na atualização do PNE 2030, visando à publicação do Plano Nacional de Energia 2050. Conforme destacado nessa seção, os indicadores das CEAE, mais especificamente aqueles passíveis de extração das TRUF-E e TRUM-E, podem contribuir no aprimoramento dos cenários e das projeções realizadas no próximo plano de longo prazo.

3.1.2 Plano Decenal de Expansão de Energia

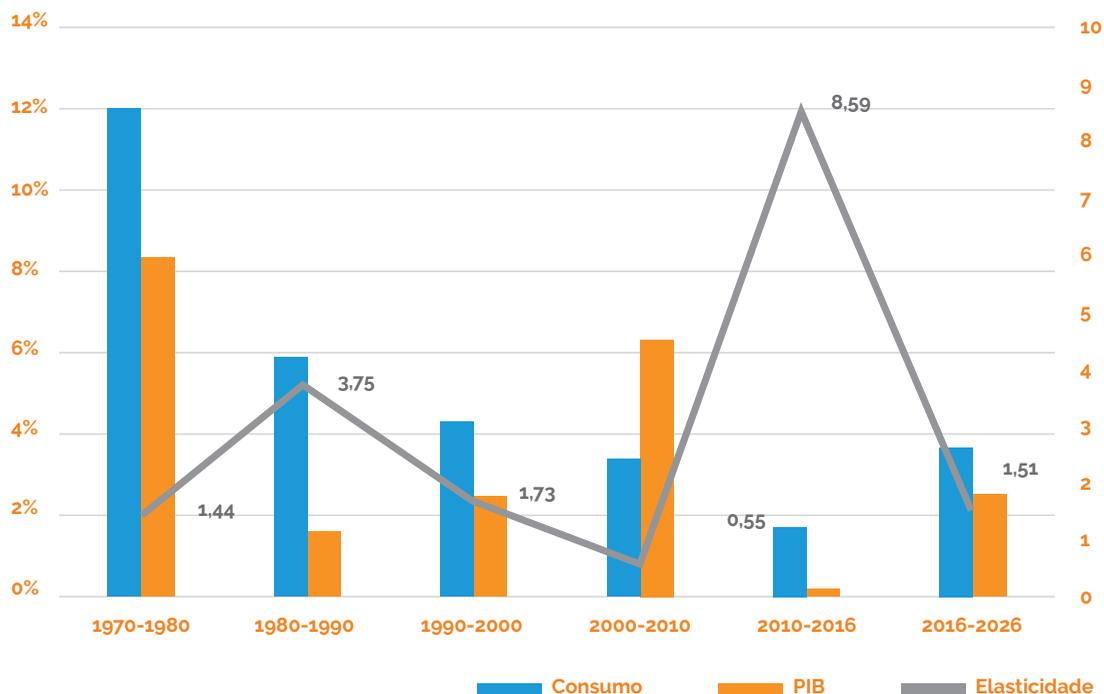
De acordo com a EPE (2017), o PDE é um documento voltado para todos os setores da economia, bem como aos agentes e investidores, com uma indicação das perspectivas de expansão do setor energético. Tal expansão é analisada a partir de uma visão integrada dos diversos produtos energéticos, além da eletricidade, no horizonte de 10 anos. Para os agentes e investidores, o PDE facilita o acesso à informação para a tomada de decisões enquanto que, para o governo, o plano permite a formulação de políticas energéticas de curto e médio prazos.

O PDE também é instrumento de comunicação e apoio ao planejamento do setor de energia para identificar e investigar as estratégias para a expansão da oferta de energia nos próximos anos. Busca também estabelecer sinergias com outros setores, visando à redução de custos de produção e de impactos ambientais.

O PDE é construído com base nas três dimensões consideradas mais importantes ao planejamento energético: econômica, estratégica e socioambiental.

Dimensão econômica – O PDE visa apresentar a visão das necessidades energéticas sob a ótica do planejamento para permitir o desenvolvimento da economia nacional e, por conseguinte, favorecer a competitividade do País. Este é o ponto de importante interface com as CEAE. Assim como o PNE, o PDE também utiliza elasticidades-renda da demanda para determinar a relação entre demanda de energia e crescimento econômico, conforme ilustrado no **Gráfico 4**.

GRÁFICO 4. Elasticidades-renda de demanda do PDE 2026



FONTE: PDE 2026

Dimensão estratégica – Os estudos do PDE destacam o melhor aproveitamento dos recursos energéticos nacionais, dentro de uma visão de médio e longo prazos e encorajando a integração regional.

Dimensão socioambiental – A expansão da oferta de energia deve ser feita de forma a permitir acesso a toda população brasileira e considerando aspectos socioambientais. Para este quesito, as CEAE fornecem dados sobre a participação de fontes renováveis em relação à geração total de energia elétrica, bem como a partir de indicadores da participação de gasto com energia elétrica pelas famílias por faixa de renda (*ver item 4, sobre indicadores “Quantidade física e gasto monetário com a energia utilizada pelas indústrias e famílias”, do presente estudo*).

Nesse sentido, são elementos-chave do PDE:

- ◇ *Análise da segurança energética do sistema;*
- ◇ *Balanco de oferta e demanda de garantia física;*

- ◇ *Disponibilidade de combustíveis, em particular do gás natural;*
- ◇ *Cronograma dos estudos de inventário de novas bacias hidrográficas; e*
- ◇ *Recursos e necessidades identificados pelo planejador para o atendimento à demanda.*

3.1.3 Plano Nacional de Eficiência Energética

Segundo o MME (2007), o PNEf⁴ é decorrência do PNE 2030, que tinha como meta reduzir 10% da demanda de energia como resultado de investimentos em eficiência energética. Este plano apresenta um diagnóstico da eficiência energética no Brasil e propõe ações para resolver os problemas identificados, aumentando a abrangência e a eficácia das medidas já em andamento. Propõe, para isso, um conjunto de ações relativas a usos finais, como iluminação, calor, acionamento e força motriz.

Os ganhos com eficiência energética propostos devem ser gerados por dois mecanismos: i) Progresso tecnológico autônomo, e; ii) Progresso tecnológico induzido. O primeiro refere-se a iniciativas espontâneas do mercado, sem interferência de políticas públicas, para a reposição de equipamentos obsoletos por similares mais eficientes. Já o progresso induzido prevê essa substituição de equipamentos por meio de estímulos de políticas públicas.

As políticas governamentais e as medidas de eficiência energética são propostas de acordo com os potenciais de conservação de energia e respectivas viabilidades técnica, econômica e de mercado. O potencial técnico de uma medida de eficiência energética estabelece o seu limite de penetração, caso essa tecnologia viesse a atuar em todos os usos da energia. Já no potencial econômico, é considerada a viabilidade econômica de implementação dessas tecnologias disponíveis. Por fim, o potencial de mercado representa o conjunto de medidas de eficiência energética tecnológica e economicamente viáveis de serem implementadas e que poderiam ser adotadas naturalmente pela população, sem necessitar de estímulos do governo (MME, 2007).

Dessa maneira, a implementação e o monitoramento do PNEf pode se beneficiar das CEAE, por exemplo, a partir dos indicadores de intensidade energética, que podem ser extraídos da TRUM-E. Numa análise temporal, tais

4 O estudo foi coordenado pelo MME com a colaboração de representantes do Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO), da EPE, da Petrobras (CONPET), da Eletrobras (PROCEL), do Centro de Pesquisas em Energia Elétrica (CEPEL) e Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

indicadores permitem avaliar se a variação da demanda ocorreu em função de uma variação do preço dos produtos energéticos ou de um progresso tecnológico (ver item 4 sobre indicadores, “Intensidade energética por atividade econômica”, do presente estudo).

3.2 POLÍTICAS AMBIENTAIS

Outras políticas também podem se beneficiar das CEAE. No caso das políticas ambientais, a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), por exemplo, passa a contar com indicadores mais precisos e com subsídios técnicos para os estudos de impacto ambiental mais ágeis. O mesmo ocorre com a Política Nacional de Mudança do Clima (PNMC), com as Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC), que fazem parte do Acordo de Paris, ou com o Inventário das Emissões de Gases de Efeito Estufa. Outras políticas que possuem interface com o setor de energia são a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).

3.2.1 Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

A Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, da sigla em inglês)⁵ faz parte dos compromissos assumidos pelo País no âmbito da Convenção e é composta por três partes: a) circunstâncias nacionais e arranjos especiais, apresentando um panorama geral e a complexidade do País, bem como suas prioridades de desenvolvimento; b) inventário brasileiro de GEE, no qual são contabilizadas essas emissões para séries temporais específicas; c) providências previstas ou já implementadas que, direta ou indiretamente, contribuem para a consecução dos objetivos da Convenção. Este documento também apresenta os avanços científicos sobre a modelagem regional da mudança do clima e o atual estágio das políticas públicas voltadas para a mitigação das emissões de GEE e de adaptação à mudança do clima.

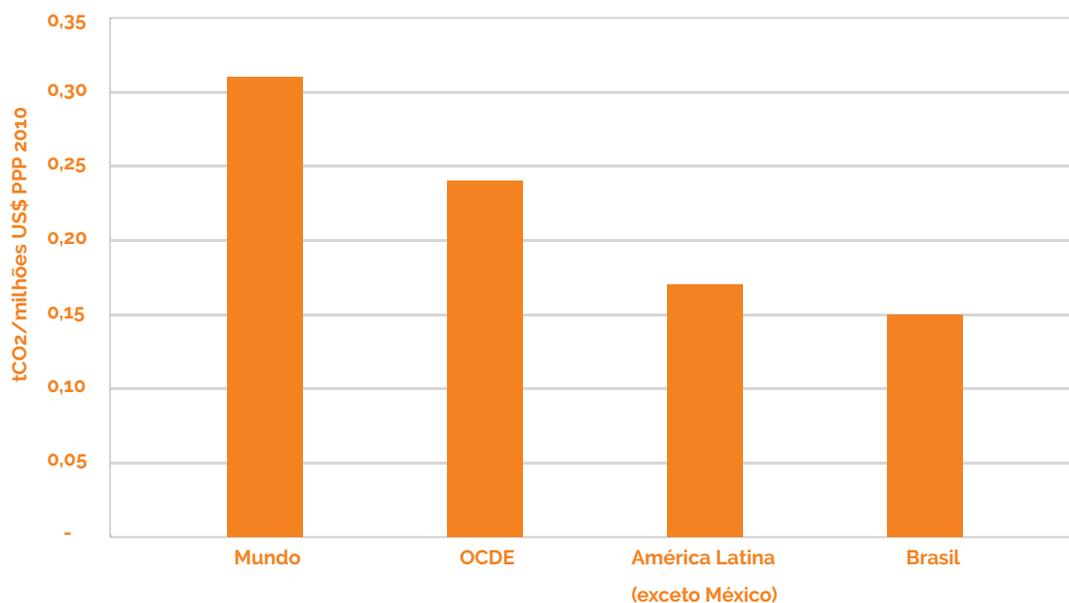
A Comunicação Nacional é, portanto, um levantamento, pormenorizado e fundamentado, da iniciativa brasileira voltada a atenuar a mudança do clima e, nesse processo, adaptar os modelos de produção e consumo, como formas de proteger a sociedade, o desenvolvimento e o meio ambiente. As ações se

5 Para saber mais: <<https://unfccc.int>>

dão no uso da terra e das florestas, nas práticas agropecuárias, na geração e no uso de energia, nas atividades industriais e no tratamento de resíduos. A maioria dos indicadores resultantes deste documento expressa resultados muito positivos na redução da emissão de GEE, especialmente de dióxido de carbono, entre os anos de 2005 e 2010.

A principal base de dados para o cálculo das emissões relacionadas ao consumo e à produção de energia é o BEN. Dessa maneira, torna-se possível construir também um conjunto de indicadores que relacionam as emissões, calculadas a partir do BEN, com a atividade econômica, obtida das contas nacionais. O Gráfico 5 faz a comparação das emissões no Brasil com a média mundial, dos países da OCDE e da América Latina. Nota-se que as emissões por PIB no Brasil são bem menores que a mundial graças à grande participação de fontes renováveis na matriz energética nacional.

GRÁFICO 5. Emissões de GEE por PIB



FONTE: Agência Internacional de Energia, Comunicação Nacional

Neste caso, as CEAE também podem possibilitar o cálculo do conteúdo de emissões de GEE dos bens e serviços produzidos no País, da mesma forma que é feito com os dados de energia. As CEAE, juntamente com a Comunicação Nacional, podem facilitar a formulação de políticas ambientais, como as relacionadas às mudanças climáticas. Como as CEAE permitem verificar os

fluxos de emissões entre regiões, alguns dos seus usos potenciais seriam na implementação de mercados de carbono regionais e num possível mercado brasileiro de redução de emissões. Dessa forma, as CEAE podem ser um excelente instrumento para políticas de *cap and trade*⁶ no Brasil e para a implementação do Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE), que foi lançado em 2004 pela Bolsa de Mercadorias e Futuros (BMF), mas não vingou.

3.2.2 Política Nacional sobre Mudança do Clima

O Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) decorreu das Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas (NAMA) propostas pelo Brasil na 15ª Conferência das Partes (COP-15) sobre o clima, ocorrida em 2009 em Copenhague, na Dinamarca. A PNMC foi transformada na lei nº 12.187/2009 e, por meio do Decreto nº 9.578/2018, atualmente vigente, está regulamentada a meta de implementação de ações de mitigação que visem à redução de 1.168 a 1.259 milhões de tonelada de CO₂ do total de emissões até 2020. Para o setor energético, as metas de redução variam de 166 a 207 milhões de tCO₂ até 2020, o que corresponde a uma redução de 6,1% a 7,7% do quantitativo emitido pelo setor.

Para o setor energético, é destacado o PDE como plano setorial de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Dentre as ações propostas na área de energia, estão: (i) o esforço para o desenvolvimento da eficiência energética no desempenho dos setores da economia; (ii) a expansão da oferta da hidroeletricidade e de fontes alternativas renováveis, como as centrais eólicas e a bioeletricidade, e; (iii) a expansão da oferta de biocombustíveis. Tais medidas visam preservar a posição de destaque que o Brasil sempre ocupou no cenário internacional, e o incentivo ao aumento da participação de biocombustíveis na matriz de transportes nacional, bem como a estruturação de um mercado internacional de biocombustíveis sustentáveis. As medidas estão resumidas na **Figura 5**.

6 O *Cap and Trade* consiste na compra e venda de permissões para emissão dos gases do efeito estufa por meio dos Governos dos países signatários do Protocolo de Quioto.

Para saber mais: <<https://www.pensamentoverde.com.br/economia-verde/cap-trade-descubra-como-funciona-o-mercado-de-carbono/>>. Acesso em 07 abr. 2019.

FIGURA 5. Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas

Setor	2020 (Tendência)	Redução em 2020 (milhões de t CO ₂)		Proporção de Redução	
		Inferior	Superior	Inferior	Superior
USO DA TERRA	1 084	669	669	24,7%	24,7%
Redução Desmatamento Amazônia (80%)		564	564	20,9%	20,9%
Redução Desmatamento Cerrado (40%)		104	104	3,8%	3,8%
AGROPECUÁRIA	627	133	166	4,9%	6,1%
Recuperação de Pastos		83	104	3,1%	3,8%
Integração Lavoura Pecuária		18	22	0,7%	0,8%
Plantio Direto		16	20	0,6%	0,7%
Fixação Biológica de Nitrogênio		16	20	0,6%	0,7%
ENERGIA	901	166	207	6,1%	7,7%
Eficiência Energética		12	15	0,4%	0,6%
Incremento de Uso de Biocombustíveis		48	60	1,8%	2,2%
Expansão da Oferta de Energia por Hidrelétricas		79	99	2,9%	3,7%
Fontes Alternativas (PCH, Bioeletricidade, Eólica)		26	33	1,0%	1,2%
OUTROS	92	8	10	0,3%	0,4%
Siderurgia - Carvão de Desmate por de Flor. Plantadas		8	10	0,3%	0,4%
TOTAL	2 704	975	1 052	36,1%	38,9%

NOTA: Período Base - 2º Inventário Brasileiro de Emissões, a ser concluído em 2010.

FONTE: Governo Brasileiro.

Acordo de Paris - Na COP-21, em Paris, foi adotado um novo acordo, complementar às NAMA, com o objetivo central de fortalecer a resposta global à ameaça da mudança do clima e de reforçar a capacidade dos países para lidar com os impactos decorrentes dessas mudanças.

O compromisso do Acordo de Paris ocorreu no sentido de manter o aumento da temperatura média global em menos de 2°C acima dos níveis pré-industriais e de envidar esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais.

Com as Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC), o Brasil comprometeu-se a reduzir as emissões de GEE em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025, com uma contribuição indicativa subsequente de reduzir as emissões de GEE em 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030. Para isso, o

País propôs aumentar a participação de bioenergia sustentável na sua matriz energética para aproximadamente 18% até 2030, restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas, bem como alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética em 2030.

A NDC do Brasil corresponde a uma redução estimada em 66% em termos de emissões por unidade do PIB (intensidade de emissões) em 2025 e em 75% em termos de intensidade de emissões em 2030, ambas em relação a 2005. O País comprometeu-se, portanto, em reduzir as emissões de GEE no contexto de um aumento contínuo da população e do PIB, bem como da renda *per capita*.

3.2.3 Política Nacional de Recursos Hídricos

Políticas que integram diferentes aspectos ambientais são cada vez mais comuns. Atividades como geração hidrelétrica e produção de biocombustíveis constituem exemplos evidentes em que tais políticas são fundamentais, uma vez que acoplam energia, mudança no uso do solo, recursos hídricos e clima. Maroun (2014) mostra que o Zoneamento Agro-Ecológico (ZAE) da cana-de-açúcar e o PDE não consideram a dinâmica do preço da terra, e o Plano de Recursos Hídricos de São Paulo não apresenta quaisquer atividades de planejamento para a expansão do etanol, prevista no PDE.

Os aproveitamentos hidrelétricos dependem diretamente da disponibilidade hídrica, logo, da gestão dos recursos hídricos. Com um dos maiores potenciais hidrelétricos do mundo, o Brasil possui diversos empreendimentos no setor, classificados em três tipos, de acordo com a capacidade de geração de energia (ANA)⁷:

- ◇ *Central Geradora Hidrelétrica (CGH) com menor capacidade de geração;*
- ◇ *Pequena Central Hidrelétrica (PCH); e*
- ◇ *Usina Hidrelétrica (UHE), com maior capacidade produtiva de energia.*

Uma vez que há dependência direta da disponibilidade hídrica para a geração hidroelétrica entende-se a importância de integração dos instrumentos de gestão das políticas de recursos hídricos e das políticas energéticas. Isso ocorre por meio de maior participação do setor na execução do Plano Nacional de Recursos Hídricos, principal instrumento da política de recursos hídricos.

7 Informação disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/usos-da-agua/hidroeletricidade>>

Sabe-se que a geração hidrelétrica causa diversos conflitos pelo uso da água, além de provocar inúmeros impactos ambientais sobre a fauna e flora, e socioeconômicos, decorrentes do represamento e da formação dos reservatórios. Por isso, é de fundamental importância a busca pela diversificação da matriz energética brasileira. A título de exemplo de conflito de uso, a ANA informou, em 2018, a suspensão temporária da outorga de novos empreendimentos hidrelétricos (UHE e PCH) na região da bacia hidrográfica do Rio Paraguai até 31 de maio de 2020. Tal medida tem por finalidade evitar que futuros empreendimentos prejudiquem outros usos dos rios da região, principalmente a pesca e o turismo⁸.

Os instrumentos de outorga de aproveitamento hidrelétrico, denominada, Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica (DRDH) e a compensação financeira pela utilização de recursos hídrico (CFURH), aplicados pela ANA, bem como a participação dos usuários do setor energético nos Comitês de Bacia hidrográfica, se fazem fundamentais para a efetiva implementação de ações que visem às boas condições de disponibilidade hídrica e garantam a sustentabilidade da geração de hidroeletricidade.

Desse modo, entende-se que, os dados associados às CEAE e às CEEA possam contribuir para a integração entre o PNE, o PDE e a PNRH. Estes revelam a interdependência dos setores em relação a esta fonte de geração elétrica, além de estimar os ganhos e os potenciais custos associados à vulnerabilidade hídrica, bem como as potencialidades de outras fontes renováveis, para justificar a diversificação da matriz energética.

3.2.4 Política Nacional de Resíduos Sólidos

O meio ambiente gera recursos naturais para a produção de energia e as atividades econômicas produzem resíduos para o meio ambiente. Assim, as CEAE também podem contribuir para a gestão de resíduos, uma vez que apontam caminhos adequados para o seu aproveitamento energético.

No Brasil, a principal política relacionada com gestão de resíduos é a PNRS, instituída pela Lei nº 12.305/2010. Esta política prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos voltados a: (i) pro-

⁸ Informação disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/noticias/ana-interrompe-temporariamente-concessao-de-outorgas-para-novas-hidreletricas-na-regiao-hidrografica-do-paraguai>>. Acesso em 03 abr. 2019.

piciar o aumento da reciclagem; (ii) reutilização dos resíduos sólidos, ou seja, daquilo que possui valor econômico e pode ser reciclado ou reaproveitado; e (iii) a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos, isto é, daquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado.

A PNRS também institui a responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos: dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, do cidadão e dos titulares de serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos por meio da Logística Reversa dos resíduos e das embalagens pós-consumo.

Além disso, a política cria metas para a eliminação dos lixões e institui instrumentos de planejamento nos níveis nacional, estadual, microrregional, intermunicipal, metropolitano e municipal. Impõe, ainda, que os particulares elaborem seus Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

Trata-se de um marco legal que permite a inclusão de catadoras e catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis, tanto na Logística Reversa quando na Coleta Seletiva. Além disso, os instrumentos da PNRS estão alinhados com as metas do Plano Nacional sobre Mudança do Clima, que era alcançar o índice de reciclagem de resíduos de 20% em 2015.

Cabe destacar que existem tecnologias de aproveitamento energético dos resíduos, tais como, incineração do lixo e aproveitamento de biogás nos aterros sanitários, que podem ser inseridos como fluxos energéticos destinados a atividades econômicas e ao consumo final das famílias. Tal aproveitamento constitui fonte de energia renovável e seu potencial poderia ser mais bem avaliado e aproveitado no Brasil com o apoio das CEAE, como medida de mitigação de GEE.

3.2.5 Licenciamento Ambiental de Projetos Energéticos

Grandes projetos energéticos, como hidrelétricas e exploração de petróleo, representam ganhos para a economia, como geração de emprego e renda, mas provocam significativos impactos ambientais. Assim, no processo de licenciamento de tais projetos, devem ser considerados todos esses aspectos, a partir de uma análise custo-benefício que valore adequadamente os danos ao meio ambiente e os ganhos para as comunidades próximas ao empreendimento e à economia em geral.

A EPE realiza o cadastramento e a habilitação técnica para leilões de projetos de energia elétrica, que incluem usinas de geração de energia. O licenciamento ambiental é um dos requisitos exigidos no processo de habilitação. Com as CEAE, outros aspectos podem ser considerados, tais como “nível de impacto ambiental aceitável”, ou “nível de sustentabilidade do projeto”, a partir da inclusão de um conjunto de indicadores “híbridos”, construídos com

base nas CEAE.

O órgão responsável pelos licenciamentos de grandes projetos energéticos é o IBAMA. Mas o processo de licenciamento é feito em conjunto com agências reguladoras, com a ANEEL, a ANP e a ANA.

Como as CEAE permitem mapear a exploração dos recursos naturais, os impactos ambientais e as atividades econômicas, elas podem ser fundamentais para o processo de licenciamento ambiental. E podem ainda permitir o estabelecimento de prioridades na exploração de campos de petróleo. Também podem auxiliar na definição da distribuição de *royalties*, bem como mostrar aos tomadores de decisão qual a melhor aplicação dos mesmos.

3.3. POLÍTICAS SETORIAIS

3.3.1. Plano Nacional de Logística e Transportes e o Plano Nacional de Logística

O PNLT, publicado em 2007, tem como objetivos a identificação, otimização e racionalização dos custos envolvidos em toda a cadeia logística adotada entre a origem e o destino dos fluxos de transportes. Visa também à adequação da atual matriz de transportes de cargas no País, buscando a permanente utilização das modalidades de maior eficiência produtiva.

O PNLT foi desenvolvido pelo Ministério dos Transportes (MT), em cooperação com o Ministério da Defesa (MD). Trata-se de um instrumento de análise para dar suporte ao planejamento de intervenções públicas e privadas na infraestrutura e na organização dos transportes. Desse modo, pretende-se que o setor contribua efetivamente para a consecução das metas econômicas, sociais e ecológicas do País, em horizontes de médio e longo prazo, objetivando o desenvolvimento sustentável.

A ideia era que o PNLT tivesse revisões periódicas, o que não ocorreu. Em 2018 foi publicado o Plano Nacional de Logística, pela Empresa de Planejamento e Logística (EPL), com apoio do Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil, além de outros órgãos e instituições privadas ligadas ao setor de transportes. O PNL também é um plano indicativo que propõe empreendimentos e investimentos necessários para otimizar a infraestrutura até o ano de 2025, a ser atualizado de forma periódica. Considera as diretrizes da política de transporte e as tendências do cenário econômico do País para prover ao setor mais segurança e eficiência, implantando no Brasil um transporte dinâmico, com custo reduzido e com menos emissões de poluentes.

Este Plano possibilita ao Governo Federal a estruturação dos investimentos em infraestrutura de transporte para os próximos anos, diminuindo assim os gargalos existentes. Permite também sinalizar ao setor de transportes e à sociedade o acompanhamento das ações estruturantes a serem adotadas não só pelo Governo Federal, mas também pela iniciativa privada.

Tanto o PNLT quanto o PNL, no entanto, tiveram pouca interação com outros setores, como o de energia e de meio ambiente, o que poderia conferir-lhes mais consistência. A visão de integração pode ser facilitada com as CEAE, uma vez que permite captar a relação de interdependência entre os setores de transportes e de energia, especialmente no que se refere ao consumo de combustíveis. A relação com os demais os setores e agentes econômicos que demandam serviços de transportes (como as famílias, por exemplo) poderia ser melhorada com a adoção das CEAE.

4. INDICADORES EXTRAÍDOS DAS CONTAS DE ENERGIA PARA SUBSIDIAR A ELABORAÇÃO, A IMPLEMENTAÇÃO E O MONITORAMENTO DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Os indicadores derivados das CEAE são úteis não só para monitorar as mudanças que ocorrem em relação à disponibilidade, produção e consumo de energia em um país, mas podem também revelar os progressos no alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Por meio da informação registrada nas TRUF-E e TRUM-E é possível extrair indicadores que contribuem para a construção de modelos e cenários de produção e consumo de produtos energéticos, subsidiando a elaboração de políticas energéticas.

A presente seção apresenta a importância das CEAE para o acompanhamento dos Indicadores de Sustentabilidade Energética e dos ODS, em seguida destaca uma grande variedade de indicadores passíveis de elaboração a partir das TRUF-E e TRUM-E.

4.1 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA E OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

4.1.1 Indicadores Energéticos para o Desenvolvimento Sustentável

Estudos apontam que a sustentabilidade energética está associada aos aspectos sociais, econômicos e ambientais. Em 2005, a Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA)⁹, em cooperação com o Departamento de Relações

9 INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Energy Indicators for Sustainable Development: Guidelines and Methodologies*. IAEA. Vienna, 2005.

Econômicas e Sociais das Nações Unidas (UNDESA), a Agência Internacional de Energia (IEA), o Instituto de Estatística da Comunidade Europeia (Eurostat) e a Agência Europeia de Meio Ambiente (EEA), construiu uma série de indicadores, denominada “Indicadores Energéticos para o Desenvolvimento Sustentável” (IEDS). O **Quadro 3** contém a lista de tais indicadores, que são classificados de acordo com as dimensões de desenvolvimento sustentável (social, econômica e ambiental). Considerando que os componentes da formulação desses indicadores podem ser extraídos das CEAE, a última coluna deste quadro apresenta os dados que podem ser extraídos das CEAE para cálculo dos referidos indicadores.

QUADRO 3. Indicadores Energéticos para o Desenvolvimento Sustentável e utilização das CEAE

IEDS			CEAE	
SOCIAL				
TEMA	SUBTEMA	INDICADOR ENERGÉTICO		
Equidade	Acesso	SOC1	Proporção das residências (ou população) sem acesso à eletricidade, ou a uma forma comercial de energia, ou extremamente dependente de fontes de energia não comercial.	n.a*
	Capacidade de Pagamento	SOC2	Proporção da renda das famílias gasta em energia	A TRUM-E fornece dados das despesas das famílias em energia, que podem ser relacionados com a renda
	Desigualdade	SOC3	Uso de energia por faixa de renda e a correspondente proporção do uso de cada fonte	A TRUM-E fornece dados das despesas das famílias em energia, que podem ser relacionados por faixa de renda
Saúde	Segurança	SOC4	Número de acidentes fatais por cadeia de combustível produzido	A oferta de energia é obtida na Tabela de Recursos da TRUF-E

ECONÔMICO				
TEMA	SUBTEMA	INDICADOR ENERGÉTICO		
Padrão de Uso e de Produção	Consumo final	ECO1	Consumo final de energia <i>per capita</i>	A TRUF-E fornece dados de consumo de energia
	Produtividade	ECO2	Consumo de energia por PIB	A TRUF-E fornece dados de consumo de energia
	Eficiência da oferta	ECO3	Eficiência da conversão e distribuição de energia	A TRUF-E fornece dados de perdas de distribuição
	Produção	ECO4	Razão recursos por produção	Contas de ativos fornecem dados sobre as reservas exploráveis e exploradas
		ECO5	Razão reservas por produção	Contas de ativos fornecem dados sobre as reservas exploráveis e exploradas
	Uso final	ECO6	Intensidade energética da indústria	As TRUF-E e TRUM-E fornecem informações sobre o consumo de produtos energéticos por atividade da CNAE e agente econômico, podendo ser relacionado diretamente com o valor adicionado
		ECO7	Intensidade energética do setor agropecuário	
		ECO8	Intensidade energética do setor de serviços e comercial	
		ECO9	Intensidade energética do setor comercial	
		ECO10	Intensidade energética do setor de transportes	
	Diversificação do uso	ECO11	Proporção das fontes na matriz energética e de geração elétrica	A TRUF-E fornece dados relacionados à oferta de energia primária, bem como o consumo do setor elétrico por CNAE e agente econômico
		ECO12	Proporção de fontes que não emitem CO ₂ na matriz energética e de geração elétrica	
		ECO13	Proporção de fontes renováveis na matriz energética e de geração elétrica	
	Preços	ECO14	Preço do uso final de energia por fonte e por setor	A TRUM-E fornece dados sobre o preço por produto energético, por atividade econômica (com e sem taxas e subsídios)
Segurança no fornecimento	Importação	ECO15	Dependência externa	A TRUF-E fornece dados relacionados à importação de produtos primários e oferta total de produtos primários, bem como o estoque por produto energético
	Estoque estratégico de combustíveis	ECO16	Estoque estratégico de combustíveis	

MEIO AMBIENTE				
TEMA	SUBTEMA	INDICADOR ENERGÉTICO		
Atmosfera	Mudanças Climáticas	ENV1	Emissão de GEE por fonte de energia <i>per capita</i> e por PIB	A TRUF-E fornece dados do consumo energético por CNAE, que pode ser utilizado para cálculo das emissões de GEE
	Qualidade do ar	ENV2	Concentração de poluentes em áreas urbanas	n.a.
		ENV3	Emissão de poluentes pelo sistema energético	A TRUF-E fornece dados do consumo energético por CNAE, que pode ser utilizado para cálculo das emissões de GEE
Água	Qualidade da água	ENV4	Disposição de efluentes pelo sistema energético	n.a.
Solo	Qualidade do solo	ENV5	Área onde a acidificação supera o nível aceitável	n.a.
	Floresta	ENV6	Taxa de desflorestamento atribuído ao uso de energia	n.a.
	Geração e gerenciamento de resíduos sólidos	ENV7	Taxa de geração de resíduos sólidos por unidade de energia produzida	TRUF-E fornece dados sobre a produção de energia de origem de resíduos sólidos
		ENV8	Razão resíduos sólidos propriamente dispostos pelo total de resíduos gerados	n.a.
		ENV9	Taxa de geração de resíduos radioativos por unidade de energia produzida	TRUF-E fornece dados sobre a produção de energia de origem de resíduos sólidos
		ENV10	Razão resíduos radioativos aguardando para ser dispostos pelo total de resíduos gerados	n.a.

*n.a.: Não aplicável

FONTE: Elaboração própria, adaptado de IAEA, 2005 e SEEA-Energy, 2015

Os IEDS já foram aplicados no setor energético brasileiro. O estudo, que tomou 2000 como ano base, traçou o perfil do País e as perspectivas em termos de desenvolvimento energético sustentável (IAEA, 2006). Cima (2006) também faz uma análise do setor energético brasileiro a partir de indicadores energéticos com uma metodologia similar. Pereira Jr. et al (2008) aplicam a mesma metodologia no PNE 2030 para verificar se o plano dava indicação de que a evolução do setor energético brasileiro seria sustentável.

Com base na aplicação do IEDS, pode-se notar que, dentre as dimensões social, econômica e ambiental dos indicadores energéticos, a que apresenta melhores resultados é a ambiental. Isso se deve à grande participação de fontes renováveis na matriz energética, uma característica que deve se manter no Brasil, pois o governo tem dado incentivos a tais fontes.

A análise da dimensão econômica mostra que a intensidade energética tende a se reduzir e a produção de energia pode se tornar mais eficiente. A dimensão social é a mais frágil. Embora o acesso à eletricidade esteja quase universalizado, grande parte da população brasileira possui baixa capacidade de pagamento (*affordability*) de formas modernas de energias.

Com base nas CEAE é possível tornar os IEDS mais completos e respaldar a formulação de políticas energéticas de cunho social, econômico e ambiental. Dentre estes indicadores destacam-se: (i) capacidade de pagamento pela energia (SOC2); (ii) o indicador de desigualdade (SOC3) para os aspectos sociais; (iii) a produtividade (ECO2); (iv) a intensidade energética da indústria, agropecuária, serviços e transportes (ECO6, ECO7, ECO8, ECO9 e ECO10); (v) a diversificação do uso de energia (ECO11, ECO12 e ECO13); (vi) o preço da energia (ECO14); (vii) a dependência externa de energia (ECO15); e (viii) o estoque estratégico de combustíveis (ECO16) para os aspectos econômicos; (ix) as mudanças climáticas (ENV1) para os aspectos ambientais.

4.1.2 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

Em 2015 foram concluídas as negociações que culminaram na adoção dos ODS, por ocasião da Cúpula das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável, em Nova York. O processo foi iniciado em 2013, seguindo mandato emanado da Conferência Rio+20, e deverá orientar as políticas nacionais e as atividades de cooperação internacional nos próximos quinze anos, sucedendo e atualizando os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM).

O Brasil participou de todas as sessões da negociação intergovernamental. Chegou-se a um acordo que contempla 17 Objetivos e 169 metas, envolvendo temáticas diversificadas, como erradicação da pobreza, segurança alimentar e agricultura, saúde, educação, igualdade de gênero, redução das desigualdades, energia, água e saneamento, padrões sustentáveis de produção e de consumo, mudança do clima, cidades sustentáveis, proteção e uso sustentável dos oceanos e dos ecossistemas terrestres, crescimento econômico inclusivo, infraestrutura e industrialização, governança, e meios de implementação.

O ODS 7 é o que está diretamente relacionado à energia, traçando objetivos e metas para garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos, conforme apresentado no **Box 1**.

BOX 1. METAS E INDICADORES DO ODS 7

7.1 Até 2030, assegurar o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis a serviços de energia.

7.1.1 Percentagem da população com acesso à eletricidade.

7.1.2 Percentagem da população com acesso primário a combustíveis e tecnologias limpas.

7.2 Até 2030, aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global.

7.2.1 Participação das energias renováveis na Oferta Interna de Energia (OIE).

7.3 Até 2030, dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética.

7.3.1 Intensidade energética medida em termos de energia primária e de PIB.

7.a Até 2030, reforçar a cooperação internacional para facilitar o acesso a pesquisa e tecnologias de energia limpa, incluindo energias renováveis, eficiência energética e tecnologias de combustíveis fósseis avançadas e mais limpas, e promover o investimento em infraestrutura de energia e em tecnologias de energia limpa.

7.a.1 Fluxos financeiros internacionais para países em desenvolvimento para apoio à pesquisa e desenvolvimento de energias limpas e à produção de energia renovável, incluindo sistemas híbridos.

7.b Até 2030, expandir a infraestrutura e modernizar a tecnologia para o fornecimento de serviços de energia modernos e sustentáveis para todos nos países em desenvolvimento, particularmente nos países menos desenvolvidos, nos pequenos Estados insulares em desenvolvimento e nos países em desenvolvimento sem litoral, de acordo com seus respectivos programas de apoio.

7.b.1 Investimentos em eficiência energética, em percentagem do PIB, e montante de investimento direto estrangeiro em transferências financeiras para infraestruturas e tecnologias para serviços de desenvolvimento sustentável.

Pode-se notar que os IEDS são consistentes com os ODS, que também podem ser construídos a partir de dados das CEAE. O **Quadro 4**, a seguir, mostra como os indicadores de sustentabilidade energética podem contribuir para a construção dos indicadores dos ODS.

QUADRO 4. Indicadores para ODS 7

ODS	INDICADORES ENERGÉTICOS
7.1.1	SOC1
7.1.2	SOC1
7.2.1	ECO13
7.3.1	ECO7, ECO8, ECO9 e ECO10

FONTE: Elaboração Própria

4.2 INDICADORES DE PRODUÇÃO E CONSUMO DE PRODUTOS ENERGÉTICOS

Indicadores sobre os níveis de oferta e demanda (produção e consumo – intermediário e final) de produtos energéticos, bem como as alterações na sua estrutura de produção ou da participação dos setores econômicos no consumo, que ocorrem ao longo dos anos, são úteis para melhorar a gestão dos insumos energéticos naturais em um país, por exemplo, aumentando a eficiência energética de determinado produto energético, mas também facilitando o planejamento da produção de produtos energéticos de acordo com as demandas atuais e futuras da economia. Dados sobre oferta e uso também são cruciais para obter uma série de indicadores importantes, como por exemplo, o uso de energia per capita. A presente seção apresenta alguns indicadores que podem ser extraídos da TRUF-E.

4.2.1 Indicadores relacionados à oferta e à demanda de produtos energéticos por atividade econômica¹⁰

A quantidade total ofertada (recursos) de energia por produto energético é a soma da produção doméstica de energia primária e as importações de cada produto energético. Os dados sobre o fornecimento de energia, baseados em produtos energéticos primários não renováveis ou na energia aproveitada renovável, possibilitam avaliar potenciais mudanças nas taxas de produção de energia primária. Por outro lado, mudanças na estrutura das importações indicam a “dependência líquida de importações de energia”. A análise do suprimento de energia primária por produto energético evita os problemas de dupla contagem que ocorrem quando, por exemplo, além dos fluxos de energia primária mencionados, também são computados os fluxos de produtos secundários resultantes da transformação. Estes, por sua vez, já incorporam os fluxos de produtos primários. Complementar à análise da participação de cada produto energético primário sobre o total ofertado, também é possível analisar a energia primária ofertada por atividade econômica.

Em relação à demanda (usos), podem ser calculados indicadores relacionados ao consumo intermediário para fins de transformação ou como uso final, por produto energético e por atividade econômica. O consumo intermediário de energia nas atividades econômicas para fins de transformação acarreta a geração de novos produtos e, portanto, são indicadores distintos

¹⁰ Ver SEEA-E, capítulo 7.2 (UNSD, 2015).

do consumo dos produtos primários para uso final. Esta soma inclui o uso de produtos energéticos para fins energéticos e não energéticos.

4.2.2 Grau de autossuficiência energética

Este indicador consiste na proporção da produção doméstica total de produtos energéticos primários em relação ao uso final doméstico de produtos primários para outros fins distintos que para transformação. Os índices calculados podem variar de zero a valores maiores que um. Quando o valor do indicador é maior que 1, é indicativo que a produção nacional é capaz de satisfazer a demanda interna de energia, ao passo que, nos casos em que o valor do indicador é menor que 1, significa elevada dependência de fontes energéticas do exterior¹¹. O grau de autossuficiência energética dependerá do grau de dependência por importação de produtos energéticos primários.

4.2.3 Quantidade física e gasto monetário com a energia utilizada pelas indústrias e famílias

A partir da TRUM-E é possível obter uma visão ampla da quantidade de produtos energéticos com valor monetário que estão sendo usados pelas atividades econômicas e pelas famílias. Combinando os dados físicos com monetários, é possível extrair dados das despesas por unidade de energia utilizada, bem como, os percentuais da demanda por produto energético.

No caso do uso de energia pelas famílias, a informação em termos físicos e monetários pode ser relacionada aos dados de renda familiar. Isso permite a geração de indicadores de dimensão social sobre a acessibilidade de energia (por exemplo, a percentagem da renda gasta com energia por determinado quantil da renda total) e a desigualdade no consumo de energia por faixa de renda e/ou por tipo de energia.

No caso do uso de energia pelas atividades econômicas, é possível obter a proporção do gasto de energia pelas indústrias em relação ao consumo intermediário total de cada indústria. Tal indicador é importante, pois reflete o grau de acessibilidade das indústrias à energia (renovável e não renovável) e também contribui para a elaboração de políticas que orientem a demanda por produtos menos poluentes. Quanto maior o valor deste indicador, mais oneroso é o acesso à energia¹².

11 Ver SEEA-E, capítulo 7.2.2 (UNSD, 2015).

12 Ver SEEA-E, capítulo 7.2.3 (UNSD, 2015).

As informações contidas na TRUM-E podem ser combinadas com informações associadas aos impostos e subsídios do setor energético, possibilitando maior clareza dos fatores que determinam o preço dos produtos energéticos e os custos de energia usados pelas atividades e famílias. A junção de dados físicos e monetários de impostos e subsídios do setor energético possibilita indicar quais agentes econômicos (famílias ou indústrias) pagam mais ou menos impostos associados ao consumo energético. A comparação desses percentuais com aqueles do consumo energético na economia possibilitam orientar políticas de regulação tarifária, o que impactará os demais setores econômicos.

A elaboração de tais indicadores visa responder a perguntas associadas às despesas pelas famílias e indústrias por produto energético. A análise dessas informações pode levar a conclusões úteis para o desenho de políticas, tais como aquelas destinadas a influenciar a demanda por determinados produtos energéticos menos poluentes, por exemplo, mediante regulamentações tributárias de produtos energéticos poluentes.

4.2.4 Intensidade energética por atividade econômica

A combinação dos dados físicos das contas de energia com os dados monetários (TRUF-E e TRUM-E) permite calcular uma série de indicadores de intensidade energética para as diferentes atividades econômicas. O indicador mais usado para representar a intensidade de energia para uma indústria específica é aquele que expressa a quantidade de energia total utilizada por unidade de valor adicionado.

Um indicador de intensidade de energia mais diretamente relacionado ao processo de produção em uma atividade econômica é determinado pela relação entre a quantidade de energia utilizada e o custo total dos insumos intermediários (a preços constantes) da atividade econômica em questão.

Outro importante indicador de intensidade energética para análise e desenvolvimento de políticas resulta do cálculo da relação entre a energia total utilizada e o número de empregados em uma determinada atividade econômica.

Dado que o objetivo geral de calcular a intensidade energética e sua variação ao longo do tempo é a verificação da dissociação entre o uso de energia e as características econômicas e sociais da produção pelas atividades econômicas, o uso de um ou outro indicador dependerá da análise desejada.

4.3 INDICADORES DO SETOR ENERGÉTICO

4.3.1. Produção e valor adicionado do setor energético

A TRUF-E e a TRUM-E possibilitam extrair indicadores importantes para entender a relevância do setor de energia para a economia. Destacam-se indicadores, como a contribuição do valor adicionado por atividade econômica do setor energético em relação ao PIB.

Esses indicadores podem ser extraídos e calculados para cada uma das atividades econômicas do setor de energia. A análise da evolução desses valores em um intervalo de tempo permite gerar uma análise mais clara da importância, em termos percentuais, de cada atividade econômica do setor energético.

Ademais, a análise da evolução do valor adicionado ao longo do tempo (por produto energético renovável e não renovável, no caso do setor elétrico, por exemplo), possibilita indicar eventuais políticas visando à diversificação da matriz energética, o que pode incentivar o desenvolvimento de fontes renováveis não convencionais, como por exemplo, a eólica e a solar.

BOX 2. AS CEAE E A DIVERSIFICAÇÃO DA MATRIZ DE ENERGIA ELÉTRICA NA COLÔMBIA¹³

A Colômbia está avançando no fortalecimento de estatísticas e indicadores ambientais, em particular, as de energia e de emissões atmosféricas. O Departamento Administrativo Nacional de Estatística (DANE) desenvolveu a conta Satélite Ambiental, que é equivalente às CEAE, para medir a variação dos estoques de ativos ambientais, bem como as interações entre o meio ambiente e a economia.

A matriz colombiana de geração de eletricidade mostra elevada participação da energia renovável, tendo em conta que cerca de 70% da capacidade instalada é hidrelétrica. No entanto, apesar do alto potencial de recursos renováveis no País, as fontes não convencionais de energia renovável representam apenas 2% da matriz elétrica, representando um total de 357 MW instalados, abaixo da tendência de outros países, inclusive da América Latina. Vale ressaltar que a energia eólica representa apenas 0,1% da matriz elétrica, enquanto México, Peru e Chile possuem, respectivamente, 1,3%, 1,7% e 4,5% de capacidade instalada apenas para energia eólica (OLADE, 2017).

No contexto das mudanças climáticas, dois fatos constituem desafio para garantir a oferta e a demanda de energia alinhada com o modelo de desenvolvimento sustentável, que são: i)

13 WORLD BANK/WAVES. **Forest accounting sourcebook**: policy applications and basic compilation. Washington, D.C., 2017.

maior vulnerabilidade da hidroeletricidade devido ao aumento da frequência e intensidade dos fenômenos climáticos extremos, que podem afetar a disponibilidade de recursos hídricos no processo de geração; e ii) crescimento da demanda de energia na Colômbia, que acarreta necessidade de desenvolvimento de fontes energéticas sustentáveis.

Considerando a tendência decrescente nos custos de geração de energia, o Ministério de Minas e Energia colombiano vem estruturando diretrizes de políticas voltadas para o aproveitamento do potencial de recursos energéticos renováveis não convencionais para a resiliência e complementaridade da matriz elétrica daquele país.

4.3.2 Comércio internacional de produtos energéticos

Os dados sobre importações e exportações, além de fornecer informações para a geração de indicadores relacionados aos recursos e usos totais, são relevantes para a compreensão e estimativa da segurança energética de um país.

4.4 INDICADORES PARA AVALIAÇÃO DA PRESSÃO AMBIENTAL

4.4.1 Análise de desacoplamento entre o uso energético e crescimento econômico

A análise de acoplamento e desacoplamento visa observar o comportamento da economia, relacionando o crescimento econômico com o nível de pressão ambiental decorrente da intensificação da demanda por recursos naturais. O acoplamento ocorre quando há crescimento econômico (aumento do PIB) e aumento da demanda de recursos naturais na mesma proporção ou em proporções ainda maiores, indicando crescimento da pressão ambiental. O desacoplamento ocorre quando há crescimento econômico sem gerar aumento da pressão ambiental, isto é, sem ocorrer um aumento da demanda de recursos naturais.

É possível distinguir os conceitos de desacoplamento relativo e absoluto. O primeiro refere-se a um declínio na intensidade de recursos naturais por unidade de produção econômica, o que indica que os impactos dos recursos diminuem em relação ao PIB, embora possa estar aumentando em termos absolutos. O segundo refere-se a uma situação em que os impactos dos recursos diminuem em termos absolutos, ou seja, a eficiência no uso dos recursos deve ser superior ao crescimento econômico e deve continuar a melhorar à medida que a economia cresce.

Alcançar, simultaneamente, o crescimento econômico com redução na quantidade de energia utilizada pela economia é considerado um importante indicador do desenvolvimento sustentável. A direção em que ambos os parâmetros mudam de um período para outro mostra o grau de desacoplamento, caracterizando a relação entre a economia, a produção e a demanda energética.

A análise das mudanças no crescimento econômico e no uso total de energia são normalmente realizadas com base no consumo energético por unidade de PIB (intensidade energética). A TRUF-E e a TRUM-E fornecem as informações necessárias para o cálculo deste indicador.

É possível calcular tais indicadores de duas formas. A primeira, convencional, que adere estritamente à definição usada para esse indicador, é representada pela participação do uso total de energia em relação ao PIB. O segundo indicador, que reflete mais claramente se a dissociação ocorreu entre o crescimento econômico e a energia total utilizada, considera parâmetros extraídos da TRUF-E e TRUM-E relativos apenas aos produtos energéticos que possuem transação no mercado, ou seja, aqueles fluxos registrados na TRUM-E. Para tal, realiza-se a fração da soma dos fluxos de uso de produtos energéticos que possuem fluxos monetários sobre a soma do valor adicionado total da produção dos produtos energéticos com fluxo monetário. A análise em um intervalo de tempo possibilita a avaliação de acoplamento ou desacoplamento da economia em relação ao uso de produtos energéticos.

BOX 3 INDICADORES ECONÔMICOS E DE PRESSÃO AMBIENTAL NA ALEMANHA¹⁴

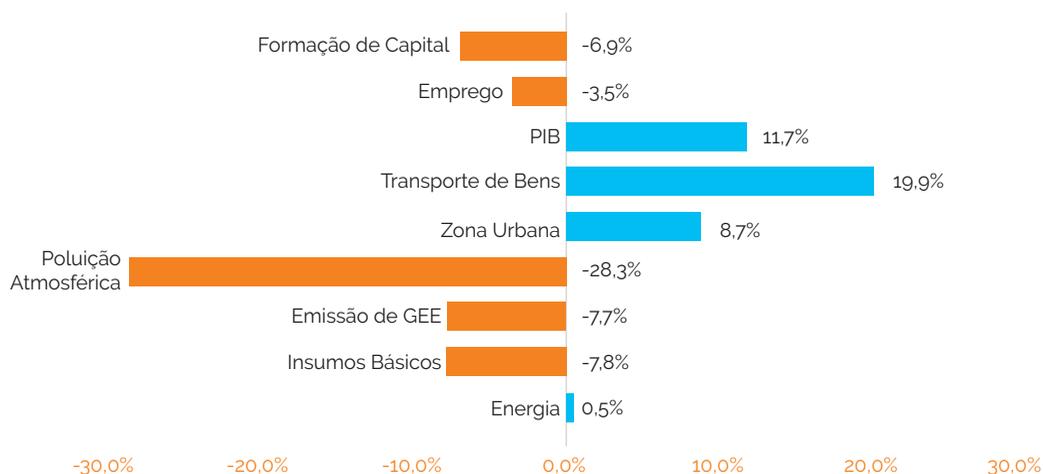
O Departamento Federal de Estatísticas da Alemanha publica com regularidade as Contas Econômicas Ambientais e, a partir delas, realiza várias análises que relacionam dados físicos combinados com monetários, como por exemplo, o cálculo dos indicadores de Desenvolvimento Sustentável. Trata-se de uma metodologia que decompõe as variáveis explicativas do desenvolvimento em efeitos renda (ex.: crescimento econômico), efeito intensidade (ex.: ganhos de eficiência energética), efeito estrutura (ex.: expansão do setor industrial), com base em modelos insumo-produto ou em modelos econômico-ambientais.

O estudo "*Policy use of Environmental-Economic Accounting in Germany*" mostra o desempenho do setor de transporte de mercadorias em relação ao PIB da Alemanha entre 1995 e 2003. Adicionalmente, são avaliados alguns fatores de pressão sobre a economia e sobre o meio ambiente, conforme ilustrado no Gráfico 6. O estudo conclui que há um desacoplamento forte do crescimento

14 SHOER, Karl. **Policy use of environmental-economic accounting in Germany**. OECD-Latin America and the Caribbean conference on Environmental Information and Decision Making. Cancun, 2005.

econômico com alguns aspectos ambientais, como a poluição atmosférica, e desacoplamento fraco com a energia.

GRÁFICO 6. Fatores de impulsionamento da economia e de pressão sobre o meio ambiente



FONTE. SHOER: 2009

4.4.2 Oferta e uso de energias renováveis e resíduos sólidos

Devido ao seu impacto no desenvolvimento sustentável, a produção e o uso doméstico, bem como a importação e a exportação de energia proveniente de fontes renováveis e resíduos sólidos, ocupam um lugar de destaque na agenda política de cada país. As informações contidas no TRUF-E para determinado período de tempo permitem um acompanhamento adequado das mudanças que ocorrem nos níveis de produção, uso, comércio exterior, bem como o nível de participação no total de energia oferecida e utilizada. Esta avaliação pode ser realizada para diferentes atividades econômicas, bem como para as famílias. Os produtos energéticos que passam a ser avaliados são geralmente, entre outros, a energia produzida por fontes renováveis (energia eólica, solar, hidráulica, etc.), a energia contida na biomassa (lenha e biocombustíveis) e a energia contida em resíduos sólidos biodegradáveis.

Dado o potencial do país para novas fontes de energias renováveis, tais como eólica e solar, as CEAE podem contribuir para a formulação de políticas de promoção da expansão do uso das mesmas, considerando a necessidade de diversificação das fontes de energia de uma forma geral.

Uma abordagem do uso energético setorial também se faz necessária, de modo a identificar os setores intensivos em insumos energéticos não renováveis. Dessa forma, é possível orientar para uma mudança tecnológica no processo produtivo e/ou adaptação na estrutura produtiva de modo a aumentar o uso de fontes renováveis.

BOX 4. USO DAS CEAE NAS POLÍTICAS ENERGÉTICAS DA GUATEMALA¹⁵

O estudo da Guatemala mostra que, na medida em que o mundo questiona o atual modelo energético, instrumentos como as CEAE permitem melhor avaliação do desempenho do país nessa área. Uma melhor informação pode impedir o aumento de iniciativas, tais como a expansão do parque de geração de eletricidade com base na combustão do carvão. Em um país com alto potencial hidrelétrico e que se beneficia de níveis aceitáveis de radiação solar, as CEAE podem orientar a busca de opções tecnológicas mais eficientes.

O estudo alertou, entre outras coisas, sobre o consumo generalizado de lenha, o que torna imperativa a adoção de uma estratégia nacional de desenvolvimento energético voltado às famílias mais necessitadas. Caso seja mantido o atual nível de extração de lenha, juntamente com o crescimento demográfico, a cobertura florestal tende a sofrer grandes problemas.

Por sua vez, a produção de eletricidade necessita fazer melhor uso do potencial das energias renováveis na Guatemala e reduzir a dependência de fontes que dependem de importação. Os setores econômicos devem avaliar o seu desempenho ao longo do tempo para se beneficiar das melhorias que o uso de tecnologias menos intensivas em energia proporciona à produtividade.

4.4.3 Cálculo das emissões atmosféricas relacionadas ao uso energético

O cálculo das emissões atmosféricas associadas ao uso de energia representa uma importante aplicação das contas de fluxo de energia física. As quantidades de emissões atmosféricas calculadas referem-se às emissões resultantes da combustão de produtos energéticos nas diferentes atividades de produção e consumo.

O ponto de partida para a construção da conta de emissões relacionadas à energia é uma tabela mostrando o uso de produtos energéticos relevantes para as emissões. Esta tabela, ao contrário da tabela de uso total de energia, não inclui o uso de produtos energéticos que não se transformam em combustão, isto é, para fins não energéticos.

15 WORLD BANK/WAVES. **Forest accounting sourcebook: policy applications and basic compilation.** Washington, D.C., 2017.

O procedimento aplicado para o cálculo das emissões atmosféricas consiste em multiplicar o consumo de energia registrado na tabela de utilização de energia relevante para as emissões por um fator técnico de emissão, que expressa a emissão por unidade de produto energético consumido¹⁶.

Deve-se notar que a estimativa das emissões, na prática, deve ser realizada com o nível de detalhes mais desagregado possível para os produtos e indústrias de energia. Isso permite que fatores de emissão representativos da atividade econômica e do produto energético em questão sejam utilizados. Procedendo dessa forma, o cálculo das emissões é consistente não só com a quantidade de produto energia utilizada e com a “tecnologia” aplicada em todos os setores da economia (indústria e famílias), mas também componentes do sistema *SEEA-Energy*, incluindo agregados monetários.

Seguindo este procedimento, podem ser criadas tabelas para todos os tipos de emissões atmosféricas causadas pelo uso de energia. O escopo da conta de emissões associada ao uso de energia (combustão) é, portanto, determinado pelo número de substâncias poluentes que são levadas em conta e não necessariamente limitadas apenas às emissões de CO₂ e outros GEE.

A tabela de emissões para uma substância específica (por exemplo, CO₂) é concluída quando as emissões associadas ao uso não energético são incluídas na parte inferior abaixo das emissões resultantes da combustão. O cálculo das emissões associadas ao uso não energético baseia-se em informações adicionais, por exemplo, de inventários de emissões compilados em conformidade com a UNFCCC.

A informação contida nas contas de emissões construídas desta forma representa a fonte de dados necessária para a derivação de indicadores de desenvolvimento sustentável relacionados às mudanças climáticas, subsidiando, dessa forma, a PNMC. Como no caso da energia, a conta de emissões também representa a base para a derivação de indicadores de emissão de GEE a partir da análise do insumo-produto e suas aplicações, por exemplo, de decomposição estrutural.

¹⁶ Esta equação é formalmente expressa da seguinte forma: $E = EU \times FE$. Onde E representa a quantidade de emissão, EU a quantidade de energia usada e FE o fator de emissão.

Box 5. APLICAÇÃO DO CEAE NOS PLANOS DE ENERGIA DO EQUADOR¹⁷

A reestruturação da matriz energética, sob critérios de mudança na matriz produtiva, constitui uma quebra de paradigmas na economia equatoriana, baseada na extração de recursos naturais e na exportação de produtos primários. Nesse contexto, o planejamento do sistema energético de um país, fundamental para alcançar seu desenvolvimento sustentável, exigirá informações atualizadas para responder às necessidades de informação e desafios do setor de energia. Nesse aspecto, a contabilidade ambiental torna-se ferramenta essencial.

Neste contexto, a Conta do Petróleo e Gás Natural (CPGN) e a Conta de Emissões Atmosféricas (CEA), que têm estruturas similares às CEAE, respondem às necessidades de informação e aos desafios enfrentados pelo setor energético do País. As conclusões oriundas da elaboração das CPGN revelam a inquestionável importância dos recursos petrolíferos para a economia do Equador. Do ponto de vista biofísico, é necessário dispor de informações adequadas para uma gestão eficiente do recurso no longo prazo. Do ponto de vista dos fluxos monetários, o petróleo contribui para o equilíbrio do balanço de pagamentos, para as receitas fiscais e para outras atividades econômicas ligadas à sua produção. Da mesma forma, a participação do gás natural na economia e no suprimento energético do País torna sua análise de grande importância. As conclusões oriundas da elaboração das CEA mostram que elas permitem ter informações sobre as unidades institucionais, setores econômicos e fontes que contribuem em maior proporção para essas emissões. Tal informação é útil para a formulação de políticas públicas destinadas a reduzir a concentração desses gases na atmosfera, dado seu impacto na saúde humana. Os resultados preliminares apresentados evidenciam que o composto mais emitido pelas atividades econômicas é o monóxido de carbono, principalmente a partir de fontes móveis, indicando uma relação direta entre o uso de veículos movidos por combustíveis fósseis e as emissões deste composto.

Informação das CEA combinada com medições de concentração dos gases poluentes no País são insumos essenciais para a formulação de políticas públicas que garantam a qualidade do ar para a população.

O estudo conclui que as contas de energia são uma ferramenta fundamental para o planejamento do sistema energético de um país. No caso do Equador, a Conta de Petróleo e Gás Natural e a Conta das Emissões Atmosféricas são particularmente úteis para avaliar as contribuições econômicas, sociais e ambientais do setor de energia.

17 WORLD BANK/WAVES. **Forest accounting sourcebook: policy applications and basic compilation.** Washington, D.C., 2017.

5. APLICAÇÕES DAS CEAE EM MODELOS ECONÔMICOS PARA ELABORAÇÃO, IMPLEMENTAÇÃO E MONITORAMENTO DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Conforme destacado na seção anterior, as CEAE permitem extrair grande variedade de indicadores híbridos (isto é, monetários e físicos). Estes indicam, por exemplo, a intensidade com que as atividades econômicas fazem uso de produtos energéticos, bem como a estrutura da demanda final que justifica a produção destes.

Além da importância desses indicadores, deve-se apontar também para a relação existente entre o uso de energia e os aspectos associados ao aumento ou diminuição das pressões ambientais resultantes da produção e do consumo de produtos energéticos. Destacam-se dois aspectos relevantes que demandam uma análise aprofundada:

- ◇ *Análise dos efeitos do consumo energético sobre as emissões atmosféricas e GEE;*
- ◇ *Análise do fornecimento de energias renováveis e não renováveis.*

Em geral, as informações sobre economia contidas na TRU e nas Matrizes de Insumo-Produto (MIP)¹⁸ do SCN podem ser expandidas com parâmetros

18 A matriz insumo produto, método desenvolvido pelo economista russo Wassily Leontief, permite a identificação da interdependência das atividades produtivas no que concerne aos insumos e produtos utilizados e decorrentes do processo de produção. Dada a natureza complexa do sistema produtivo, sua melhor representação se daria por meio de matrizes. Para o cálculo das matrizes, são utilizadas as Tabelas de Recursos e Usos (TRU). Logo a TRUF-E e a TRUM-E permitem a construção da MIP estendida para os produtos energéticos.

ambientais e socioeconômicos diretamente relacionados à produção e ao consumo, o que possibilita o uso das CEAE para este fim.

5.1 APLICAÇÃO DA MATRIZ INSUMO-PRODUTO PARA AVALIAÇÃO DA PRESSÃO AMBIENTAL DECORRENTE DO CONSUMO DE PRODUTOS ENERGÉTICOS

A MIP tem a mesma estrutura das contas nacionais. A diferença está basicamente em algumas manipulações algébricas que captam a interdependência entre os setores, por exemplo, a demanda do produto de um setor a outro, para fins de consumo intermediário. Conforme Miller & Blair (1985), a MIP Híbrida, com dados estruturados em unidades físicas e monetárias, é um instrumento de grande utilidade para determinar o uso de energia (e também as emissões de GEE) associado a cada atividade intersetorial. Esta pode determinar o total de energia necessária para atender à demanda final de um determinado produto.

O uso energético total de um produto consiste na soma da energia consumida diretamente no processo produtivo deste produto (chamada de uso direto de energia) e da energia consumida no processo produtivo dos insumos utilizados na produção do referido produto (chamado de uso indireto de energia). Tendo em vista que a produção de um produto demanda diversos insumos produtivos, que por sua vez demandam consumo energético, este uso indireto também deve ser contabilizado e somado ao uso direto de energia para produção do produto.

Dessa forma, a matriz de fluxos energéticos é análoga à tradicional e, portanto, requer dados energéticos intersetoriais, extraídos das CEAE. Tais dados vão compor a matriz de coeficientes de uso direto e indireto, que, somados, fornecem os requerimentos totais de energia da economia. De forma análoga, é possível obter o conteúdo energético de cada setor produtivo ou de um setor de demanda final, como o consumo das famílias, do governo ou das exportações¹⁹.

As análises desenvolvidas a partir do modelo de insumo-produção híbrido giram, por um lado, em torno dos fatores que determinam os níveis de produção e, por outro lado, do consumo de energia e emissões atmosféricas, causadas pelas diferentes quantidades de bens e serviços produzidos e consumidos no país. Como a produção tem o único propósito de satisfazer à demanda final, os fatores que causam o uso total de energia e as emissões são

19 Machado (2002) calcula o conteúdo energético e as emissões associadas às exportações brasileiras a partir desta metodologia.

determinados essencialmente por quatro parâmetros associados ao consumo de energia, a saber:

- ◇ *A intensidade energética de cada atividade econômica;*
- ◇ *As características da tecnologia de produção aplicada;*
- ◇ *As quantidades totais de bens e serviços consumidos, e;*
- ◇ *A estrutura da produção e da demanda final.*

Os resultados da análise da interação desses parâmetros, considerados como causas da magnitude do consumo de energia, constituem informações relevantes para o desenho de políticas energéticas e emissões atmosféricas. Algumas análises e indicadores que podem ser derivados da conexão de dados físicos de TRUF-E e dos dados monetários oriundos da TRUM-E e da MIP, são apresentados nessa seção.

5.1.1 Intensidade energética acumulada por grupo de produto energético: aplicação da Análise de Decomposição Estrutural

As mudanças nas quantidades de energia usadas, que são observadas de um período para outro, ocorrem, em geral, pelo efeito dos parâmetros dos quais a produção depende. Do ponto de vista analítico e com o propósito de projetar políticas apropriadas, é importante ter informações relevantes sobre a contribuição de cada um desses parâmetros para a mudança observada.

Para este fim, o método geralmente aplicado é a análise de decomposição estrutural ou *Structural Decomposition Analysis* (SDA). No caso do uso de energia, o ponto de partida são as MIP estendidas à energia. Este modelo, em sua forma mais simples, determina que a energia total utilizada é o resultado da multiplicação de quatro fatores:

- a. *Intensidade energética das atividades econômicas;*
- b. *Estrutura da produção;*
- c. *Estrutura da demanda final,*
- d. *Volume total de demanda final.*

A mudança de que cada um desses fatores entre um período e outro está associada a certo nível de contribuição para a variação observada no uso total de energia. Assim, é possível que mudanças em alguns fatores levem a um aumento, enquanto mudanças em outros fatores levem a uma redução na utilização de energia pela economia. O efeito líquido resulta da soma algébrica das mudanças observadas para cada um dos fatores.

Os dados contidos nas CEAE e nas MIP permitem realizar esse tipo de análise. Tal indicador é calculado para cada grupo de produtos produzido na economia. Os dados para o cálculo são: i) os usos totais, e ii) a intensidade energética direta de cada insumo necessário para a produção de cada produto.

Os requisitos totais das diferentes entradas por unidade de produto resultam na análise de insumo-produto e estão contidos na matriz de Leontief²⁰. A intensidade direta da energia resulta da divisão do uso total de energia pela produção total de um produto. Por meio dessa multiplicação, a intensidade energética direta do produto produzido com a intensidade energética indireta resultante da produção dos diferentes insumos necessários ao longo de toda a cadeia produtiva é adicionada (ou acumulada) algebricamente.

A intensidade cumulativa por produto específico é medida em unidades físicas por unidade de valor monetário de produção (por exemplo, TJ/Milhões de Reais). Com base nessas informações, é possível analisar, por exemplo, as variações da intensidade direta e acumulada dos produtos produzidos internamente por tipo de consumo final, isto é, por domicílios, para exportação, etc.

O consumo final de produtos, no entanto, não se baseia apenas na produção interna, mas também nas importações. Logo, se faz necessário um procedimento de cálculo semelhante, que permita contabilizar a intensidade energética global de cada grupo de produto utilizado para satisfazer à demanda final.

5.1.2 Uso total de energia decorrente do consumo doméstico: cálculo da “pegada energética doméstica”

A partir da multiplicação das intensidades energéticas por tipo de produto e das respectivas quantidades de produtos consumidos pelas famílias ou consumidos por outros componentes da demanda doméstica final, como por exemplo, o governo, é obtida a utilização interna global de energia, gerada pelo consumo interno final.

O indicador resultante da soma total da energia global utilizada é conhecido como a “pegada energética do consumo doméstico”. O uso global de energia pode ser desagregado em diferentes componentes da demanda final e expresso por unidade monetária despendida de acordo com a estrutura do gasto. Um exemplo desse indicador seria a energia total usada devido aos gastos das famílias por R\$ 1.000.

20 A matriz de Leontief consiste na matriz de coeficientes de interdependência dos setores econômicos que compõem a MIP.

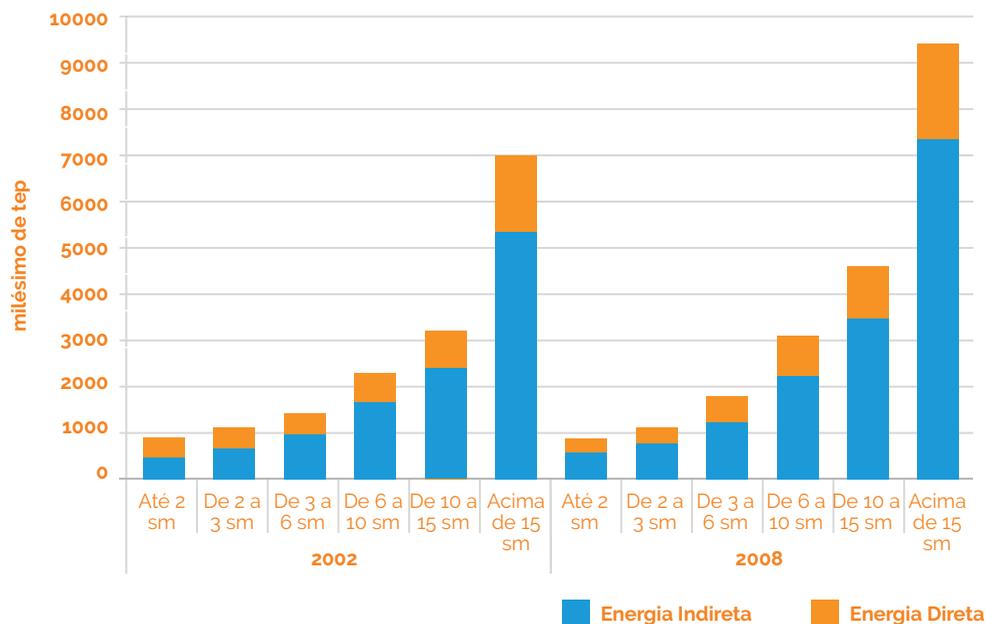
5.1.3 Uso de energia por grupo de produtos energéticos atribuído à demanda final total

O uso de energia causado pela demanda final total também pode ser medido e analisado para cada grupo de produto energético com base na quantidade produzida para cada componente: consumo das famílias, consumo do governo, formação bruta de capital e exportação. Dessa forma, são geradas informações relevantes que podem servir de orientação para a formulação de políticas de produção e consumo sustentável para cada grupo de produtos específicos.

BOX 6. ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA DIRETA E INDIRETA PELAS FAMÍLIAS BRASILEIRAS POR FAIXA DE RENDA

De acordo com Weiss de Abreu (2015), nos últimos anos, tem se verificado um processo de mobilidade social no Brasil associado ao aumento de renda das famílias. Segundo dados do IBGE, entre 2003 e 2009, 35,7 milhões de pessoas teriam passado a pertencer às classes de renda média e alta (A, B, C). Entre 2002 e 2011, 24,6 milhões teriam saído da pobreza. Com o aumento de renda verificou-se também aumento do consumo de bens e serviços, bem como crescimento no uso direto e indireto de energia.

Com o objetivo de analisar como se comportou o conteúdo energético do consumo das famílias brasileiras ao longo da última década, Weiss de Abreu (2015) fez uma análise a partir da Matriz Insumo-Produto Híbrida para calcular a evolução do consumo direto e indireto de energia pelo setor residencial brasileiro desagregado por faixas de renda salariais. Como resultado, foi possível observar que o aumento da renda per capita e a redução da desigualdade na distribuição de renda, verificados entre 2002 e 2008, contribuíram para o aumento do consumo de energia direto e indireto das famílias, conforme mostra o **Gráfico 7**, a seguir.

GRÁFICO 7. Consumo total (direto e indireto) de energia por faixa de renda média das famílias no Brasil – 2002/2008

FONTE: Weiss de Abreu, 2015

Todavia, no que tange à evolução da desigualdade na distribuição do consumo de energia total pelas parcelas da população entre os anos de 2002 e 2008, aumentou a distância rumo à equidade.

Esta metodologia pode ser aperfeiçoada com a utilização da CEAE, para a construção de modelos de demanda de energia que capturem o comportamento do consumo de energia pelas famílias.

BOX 7. DETERMINANTES DA EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE DIESEL NO BRASIL ENTRE 2000 E 2008

Ferreira (2016) apresenta uma análise acerca dos principais determinantes da variação no consumo de óleo diesel no Brasil. Para isto, utilizou a metodologia de análise de decomposição estrutural, a partir de uma Matriz Insumo-Produto Híbrida, que permite identificar efeitos positivos e negativos, derivados da mudança em fatores tecnológicos e econômicos, sobre o consumo de energia num nível setorial.

No intervalo de tempo analisado, evidenciou-se a existência de expressivo efeito negativo ligado à queda na intensidade energética, em especial à redução da emissão necessária para geração de uma unidade adicional de produto. Destacaram-se também o efeito positivo do boom das commodities sobre o consumo da fonte energética entre 2000 e 2004, que repercutiu diretamente sobre as exportações nacionais e no aumento do PIB per capita, do consumo das famílias e dos investimentos entre 2004 e 2008.

5.2 MATRIZ DE CONTABILIDADE SOCIAL

A Matriz de Contabilidade Social (SAM, do inglês, *Social Accounting Matrix*) é um registro em forma matricial das contas nacionais em um dado período de tempo, usualmente, o seu ano de referência. Tal matriz apresenta os fluxos de renda e de bens de uma economia mostrando, de forma similar à Matriz Insumo-Produto, a interdependência entre setores produtivos e entidades envolvidas no funcionamento do sistema econômico. A SAM descreve como os bens e fatores se transformam ao passar da produção aos mercados, às instituições e aos agentes da economia, registrando simultaneamente o fluxo circular da renda entre todas essas entidades. A diferença para a Matriz Insumo-Produto está no fato de ser uma versão estendida da mesma, incluindo setores, produtos, transferências, instituições, fatores e agentes.

A SAM é uma matriz quadrada, na qual as transações são representadas como fluxos no sentido contrário de bens, serviços ou fatores adquiridos com estes recursos. A estrutura da SAM representa o fluxo circular de renda do sistema econômico, no qual a renda é equivalente ao dispêndio. Este princípio é válido tanto para a economia como um todo quanto para as entidades individualmente. O total dos gastos de uma entidade equivale, portanto, ao total de suas receitas.

Não existe um padrão definido para a construção de uma matriz de contabilidade social. A formulação dependerá da disponibilidade de dados e dos objetivos específicos de cada estudo.

A utilização da Matriz de Contabilidade Social pode ser de extrema utilidade para realizar previsões do impacto social e econômico de uma política de incentivos fiscais que estimule o desenvolvimento de energias renováveis ou de taxas que penalizem as emissões de GEE, como por exemplo, a implementação de taxa carbono. As CEAE constituem uma base de dados que permite o desenvolvimento desses modelos, mas também contribui para extensão da análise a fim de considerar o funcionamento de um mercado de carbono, uma vez que conseguem capturar a interdependência entre os setores da economia que emitem GEE.

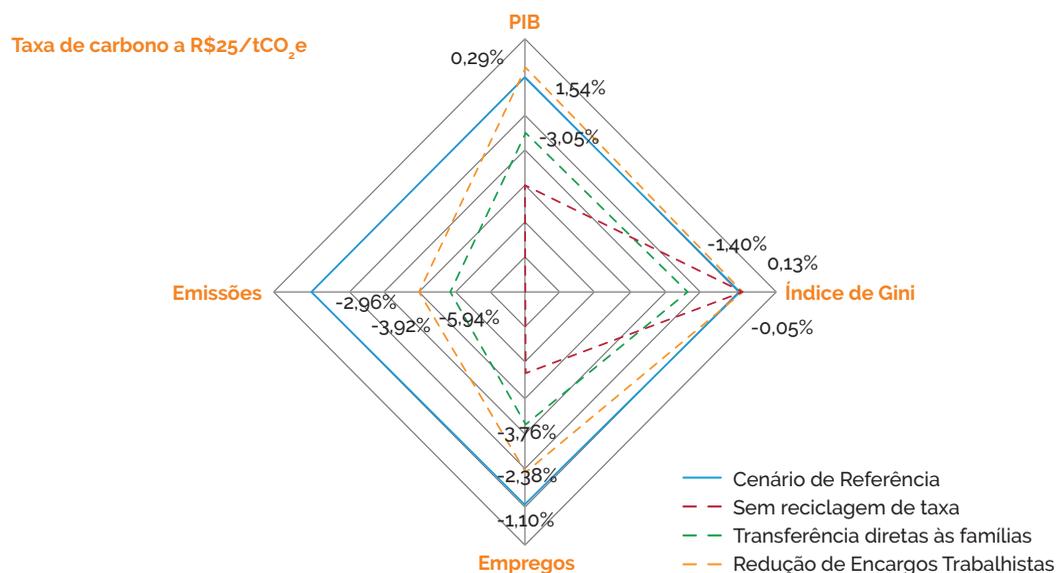
BOX 8. IMPACTOS DE POLÍTICAS DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE GEE SOBRE A DESIGUALDADE DE RENDA NO BRASIL

Segundo Grottera (2013), o estabelecimento de cobrança sobre emissões de GEE possibilita que os agentes se deparem com os reais custos inerentes às atividades econômicas. Na ausência da cobrança, tais atividades geram externalidades negativas, uma falha de mercado que impõe custos sobre outros indivíduos, incluindo gerações futuras.

Países em desenvolvimento têm contribuído cada vez mais para as mudanças climáticas, o que requer políticas de mitigação de emissões também nessas economias. Uma das prioridades de suas agendas políticas, no entanto, diz respeito à redução da concentração de renda e à erradicação da pobreza. Assim, políticas climáticas devem ser implementadas sem se sobreponem a esses objetivos sociais.

Grottera (2013) utiliza uma matriz de contabilidade social, ano referência de 2005, para analisar o impacto da implementação de uma taxa sobre as emissões de GEE sobre a distribuição de renda no Brasil. Os resultados diferem tanto em função do nível de taxa estabelecido quanto em função da forma como a receita arrecadada com a medida é reinserida na economia, como mostra o gráfico a seguir para uma taxa de carbono de 25 R\$/tCO₂e.

GRÁFICO 8. Reciclagem da receita arrecadada com a taxa de carbono



FONTE: Grottera, 2013

5.3 MODELO DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL

Segundo Fochezatto (2003), os modelos de equilíbrio geral abarcam o conjunto da economia, determinando endogenamente preços relativos e quantidades de bens e serviços produzidos. Já os modelos de equilíbrio geral computável (EGC)²¹ são dinâmicos e captam efeitos de mudanças de políticas econômicas na oferta e na demanda dos mercados.

Os dados principais de entrada dos modelos EGC são oriundos da SAM, a partir da qual se atribuem os fluxos entre os agentes econômicos, associados à produção e ao consumo. A ideia é que os valores expressos nesses fluxos sejam resultado de ações comportamentais dos agentes econômicos presentes no modelo. Com isso, pode-se dizer que os modelos de EGC são uma extensão da matriz de contabilidade social e, por consequência, da MIP.

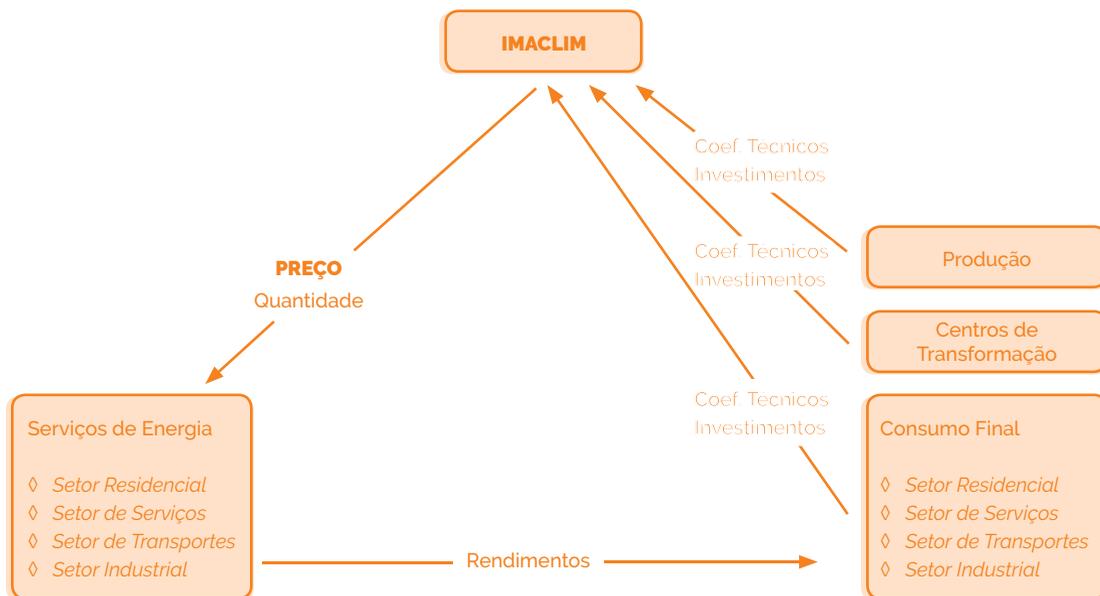
Assim como a SAM e a MIP, também é possível construir um modelo EGC híbrido. Neste caso, os dados físicos são obtidos a partir de modelos técnico-econômicos e integrados a dados monetários (*bottom-up*). Nesse sentido, as CEAE podem ser o dado de entrada dos modelos EGC híbridos, facilitando a montagem da base de dados e contribuindo para a realização de cenários de um mercado de carbono, por exemplo. É possível, a partir deste, estimar o impacto econômico, em termos de oferta, demanda e outros agregados macroeconômicos, da implementação de uma taxa carbono sobre as emissões decorrentes do uso de combustíveis fósseis.

De acordo com Frei et al (2003), a ideia dessa metodologia é conciliar os detalhes importantes do sistema energético com a determinação de forma endógena das variáveis macroeconômicas e incorporar as interações econômicas e energéticas em uma estrutura consistente.

Costa (2001) aplica essa abordagem para avaliar alternativas de desenvolvimento no Brasil e mudanças tecnológicas no setor energético. O modelo híbrido IMACLIM-NEXUS faz uma projeção simultânea da MIP e do balanço energético. Há hipóteses sobre o progresso técnico, sobretudo no que se refere aos insumos energéticos e ao fator de produção trabalho. As variações de quantidades engendradas pelo progresso técnico afetam os preços relativos. A comunicação entre a parte macroeconômica e a técnico-econômica do modelo é feita de forma iterativa em termos de variações de preços e de quantidades, conforme ilustra a **Figura 6**.

21 Chamado em inglês de *Computable General Equilibrium* (CGE).

FIGURA 6. Modelo IMACLIM-NEXUS



FONTE: Pereira Jr. et al., 2006a

Dessa forma, obtém-se o equilíbrio entre produção e consumo de bens e serviços de toda a economia, diferentemente de modelos *bottom-up*, que tratam parcialmente a economia, geralmente, apenas o setor energético. O sistema converge para o equilíbrio graças à utilização de funções de produção lineares do tipo Leontief modificadas e funções de demanda do tipo Cobb-Douglas, com restrição de consumo mínimo ou necessidades básicas por bem ou serviço consumido.

BOX 9. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DE POLÍTICAS CLIMÁTICAS NA ECONOMIA DO BRASIL POR MEIO DE UM MODELO DE EQUILÍBRIO GERAL

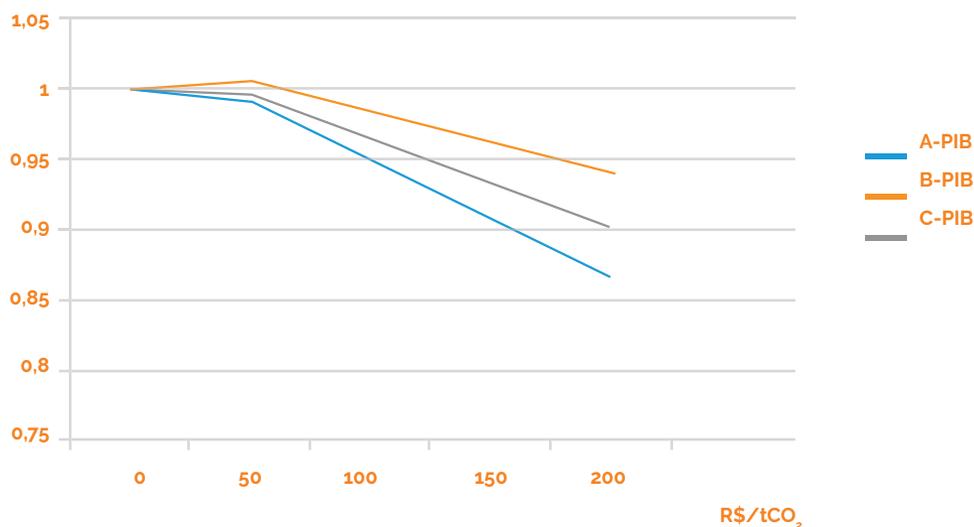
Wills (2013) analisa o impacto de políticas climáticas ambiciosas, como uma taxa de carbono ou um mercado de cota de emissões de GEE para a economia do Brasil. Em especial, são analisados os efeitos da política sobre indicadores macroeconômicos, como o PIB, a dívida pública, a inflação e a taxa de desemprego, bem como sobre a produção dos principais setores da economia brasileira.

Para avaliar os impactos decorrentes dessa política foi desenvolvido o modelo IMACLIM-S BR. Para calibrar o modelo no ano base, 2005, foi necessário construir uma MIP híbrida e uma SAM, de forma a representar a economia brasileira e o sistema fiscal com grande detalhamento. O modelo é inovador devido à integração de informações setoriais ou *bottom-up* com a economia

por meio da estrutura de equilíbrio geral, *top-down*.

Tal metodologia constitui opção interessante para avaliar os impactos macroeconômicos de políticas climáticas especialmente se comparadas à abordagem tradicional dos modelos EGC. Estas utilizam funções do tipo CES, consideradas questionáveis para a simulação de taxas de carbono elevadas ou para grandes desvios do cenário de referência. O **Gráfico 9** mostra os impactos da política climática (taxas de carbono) na economia, estimados pelo modelo.

GRÁFICO 9. Impactos da política climática no PIB do Brasil em 2030



FONTES: Wills, 2013

BOX 10. IMPOSTOS SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS

Os impostos ambientais são instrumentos econômicos utilizados comumente pelos governos em suas políticas fiscais ou ambientais. Possuem finalidade arrecadatórias ou voltadas a induzir mudanças de comportamento dos agentes econômicos quanto à poluição ambiental. Independente do objetivo, trata-se de instrumentos que devem ser usados com parcimônia, pois podem afetar a competitividade de indústrias ou mesmo dos países, com impacto significativo na distribuição de renda. Dessa forma, recomenda-se que tais instrumentos sejam utilizados prioritariamente para reduzir impactos ambientais e não para aumentar a arrecadação do governo.

As SEEA²² classificam os impostos ambientais com base em quatro categorias: energia, transporte, poluição e recursos naturais. A estrutura das Contas Econômicas Ambientais favorecem a

22 UNITED NATIONS. **System of Environmental-Economic Accounting 2012**: applications and Extensions. New York, 2017.

análise da efetividade da aplicação desses impostos, pois permitem, ao mesmo tempo, o acompanhamento dos fluxos físicos e dos fluxos monetários envolvendo transações relativas às quatro categorias mencionadas.

Na União Europeia, todos os países-membro aplicam algum tipo de imposto ambiental, incluindo impostos sobre energia, conforme pode ser visto no quadro a seguir. Embora grande número de países utilizem esses instrumentos, a Agência Ambiental Europeia²³ mostra que a arrecadação gerada pelos impostos tem diminuído em relação ao PIB.

QUADRO 5. Visão Geral dos Impostos Ambientais na Europa

	COMBUSTÍVEL PARA TRANSPORTE	COMBUSTÍVEL PARA USO ESTACIONÁRIO	TAXA DE CARBONO	COMÉRCIO DE EMISSÕES DE GEE	DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS EM ATERRO SANITÁRIO
Áustria	X	X		X	X
Bélgica	X	X		X	X
Bulgária	X	X		X	X
Croácia	X	X	X	X	X
Chipre	X	X		X	
República Tcheca	X	X		X	X
Dinamarca	X	X	X	X	X
Estônia	X	X	X	X	X
Finlândia	X	X	X	X	X
França	X	X	X	X	X
Alemanha	X	X		X	
Grécia	X	X		X	X
Hungria	X	X		X	X
Irlanda	X	X	X	X	X

	COMBUSTÍVEL PARA TRANSPORTE	COMBUSTÍVEL PARA USO ESTACIONÁRIO	TAXA DE CARBONO	COMÉRCIO DE EMISSÕES DE GEE	DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS EM ATERRO SANITÁRIO
Itália	X	X		X	X
Letônia	X	X	X	X	X
Lituânia	X	X		X	X
Luxemburgo	X	X		X	
Malta	X	X		X	
Holanda	X	X		X	X
Polônia	X	X	X	X	X
Portugal	X	X	X	X	X
Romênia	X	X		X	X
Eslováquia	X	X		X	X
Eslovênia	X	X	X	X	X
Espanha	X	X		X	X
Suécia	X	X	X	X	X
Reino Unido	X	X	X	X	X
Islândia	X	X	X	X	
Liechtenstein	X	X	X	X	X
Noruega	X	X	X	X	X
Suiça	X	X	X	X	X
Turquia	X	X		X	X

FONTE: Agência Ambiental Europeia

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Interfaces das CEAE com as Contas Econômicas Ambientais de Água (CEAA), de Florestas (CEAF) e as Contas Experimentais de Serviços Ecossistêmicos

A energia, assim como o meio ambiente, são áreas essencialmente transdisciplinares. Assim, a energia estabelece interfaces com vários aspectos ambientais, como água, florestas e solo.

No setor elétrico existem diversos estudos sobre as hidrelétricas, os usos múltiplos da água (EPE, 2018) e a dependência pelos serviços ecossistêmicos (ESPÉCIE et al., 2019). Neste caso, as CEAE, juntamente com as CEAA, podem melhorar a qualidade desses trabalhos, uma vez que apresentam dados relativos ao uso da água, bem como à produção e ao consumo de hidroeletricidade numa mesma plataforma. A partir dessas contas, é possível gerar indicadores híbridos que indiquem o uso da água para geração de eletricidade, como por exemplo, metros cúbicos usados por megawatt gerado (m^3/MW). Em relação à importância dos serviços ecossistêmicos (SE) para manutenção da disponibilidade hídrica, se faz necessário maiores estudos sobre a quantificação dos benefícios e os mecanismos de conservação dos SE.

Ainda no setor elétrico, o uso de lenha pelas famílias e pelas atividades econômicas, computado nas CEAE, pode ser integrado aos dados de exploração de madeira para lenha contidos nas CEAF. A partir dos dados gerados é possível obter novos indicadores, como por exemplo, o uso de lenha para fins de geração de eletricidade por hectare de área utilizada para fins de produção da lenha ($m^3/hectare$) ou, ainda, a demanda de área para produção de lenha por megawatt gerado ($hectare/MW$).

No setor de biocombustíveis, além da água, há estudos que mostram a competição pelo uso do solo com a produção de alimentos. Assim, estudos que utilizem Contas Econômicas Ambientais de serviços ecossistêmicos, podem favorecer maior coordenação entre órgãos governamentais e agências reguladoras em torno da compatibilização entre as políticas de ambos os setores.

Políticas públicas

A transparência e a estruturação comum dos dados econômicos e ambientais facilitam a formulação de políticas de diferentes setores, como os de energia, água, florestas e solo. Embora haja boa diversificação de fontes na matriz energética brasileira, a forte concentração na hidroeletricidade torna o Brasil vulnerável às mudanças climáticas. Por isso, é importante investigar o potencial de expansão das energias eólica e solar fotovoltaica, cuja intermitência poderia ser atenuada com a regularização dos reservatórios das hidrelétricas.

Por trazerem informações monetárias e físicas do consumo energético como insumo produtivo e para as famílias, as CEAE poderiam ser utilizadas nos planos de energia (PNE e PDE) a fim de complementar a análise de sustentabilidade da matriz energética. Além disso, possuem o potencial de tornar visíveis as vantagens econômicas e ambientais de se ter um parque de geração elétrica mais diversificado, que privilegie os recursos naturais renováveis. Ademais, ao identificarem a estrutura de produção e de distribuição de energia, as CEAE possibilitam o aprofundamento dos estudos, visando reduzir perdas e melhorar a eficiência energética, condições essenciais para aumentar a competitividade da indústria nacional. Podem mostrar também como a energia agrega valor às atividades econômicas, uma vez que as CEAE captam a interdependência entre os setores produtivos, inclusive o de transportes, a partir de modelos Insumo-Produto, possibilitando, assim, o desenvolvimento de políticas setoriais e regionais.

Sabe-se que a inserção de fontes renováveis, como as hidrelétricas, na matriz energética traz benefícios ambientais pelo fato de reduzir as emissões de GEE. Mas é necessário analisar toda a cadeia produtiva de cada fonte para verificar seus benefícios econômicos e socioambientais. O aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos ou industriais pode complementar a oferta de energia renovável. Para as eólicas, por sua vez, é necessário importar equipamentos de eletrônica de potência, que representam aproximadamente 24% do investimento total. Já no caso da energia solar fotovoltaica, os principais insumos são importados. A produção nacional destes equipamentos poderia trazer empregos e desenvolvimento regional. Assim, as CEAE podem contribuir para analisar a expansão da matriz energética trazendo não somente benefícios ambientais, mas também econômicos e sociais.

As CEAE também podem tornar mais ágil a elaboração de estudos de impacto ambiental por meio da utilização de indicadores específicos. Da mesma forma, os planos de energia, de mudanças climáticas, de transportes e logística, de gestão de resíduos e os projetos de pesquisa e desenvolvimento também podem ser favorecidos com as CEAE.

Indicadores

Há diversos indicadores que podem ser construídos com as CEAE, tais como:

- ◇ *Oferta e uso de energias renováveis e resíduos sólidos;*
- ◇ *Cálculo das emissões atmosféricas relacionadas ao uso energético;*
- ◇ *Análise de acoplamento e desacoplamento entre o uso energético e o crescimento econômico;*
- ◇ *Comércio internacional de produtos energéticos;*
- ◇ *Produção e valor adicionado do setor energético;*
- ◇ *Intensidade energética por atividade econômica e análise de decomposição estrutural;*
- ◇ *Quantidade física e gasto monetário com a energia utilizada pelas indústrias e famílias;*
- ◇ *Grau de autossuficiência energética;*
- ◇ *Indicadores relacionados a oferta e demanda de produtos energéticos por atividade econômica.*

Tais indicadores podem orientar a formulação das políticas energéticas e ambientais, além de auxiliarem no monitoramento das referidas políticas, permitindo que se avalie a efetividade das mesmas.

Ademais, os indicadores de sustentabilidade energética podem ser construídos a fim de garantir o cumprimento das metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Afinal, o acesso à energia limpa está relacionado com praticamente todos os ODS e pode viabilizar atividades econômicas e o bem-estar das pessoas.

Ferramentas e instrumentos

Várias ferramentas podem ser construídas a partir das CEAE, tais como, a Matriz Insumo-Produto Híbrida, a Matriz de Contabilidade Social, os modelos de Equilíbrio Geral Computável. Com base nesses modelos diversos estudos e políticas podem ser realizados. Além disso, alguns estudos que integram o setor de energia com outros aspectos ambientais, tais como clima e água, são feitos com apoio de modelos matemáticos e estatísticos, como os métodos econométricos e Análise Envoltória de Dados (DEA). A metodologia de valoração ambiental é um bom exemplo disso. Neste caso, as CEAE podem permitir a uniformização de tais metodologias.

Disseminação e divulgação

Além do MME e da EPE, as principais instituições que coletam e divulgam dados energéticos são a Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e o Banco Mundial. Reconhecidas por produzirem dados confiáveis, tais instituições oferecem subsídios técnicos relevantes para a construção das CEAE, de maneira que as informações nelas contidas sejam úteis para o uso mais eficiente dos recursos energéticos e para a tomada de decisões.

A forma com que as CEAE serão divulgadas é muito importante, já que existem instituições que ainda precisam ser convencidas da relevância dessas medições. Dessa forma, a divulgação dos benefícios potenciais apontados pelas CEAE precisa ser enfatizada no processo de comunicação. Além do convencimento de instituições para o uso das CEAE em seus programas e políticas, algumas associações setoriais podem entender que mais transparência às informações relacionadas à eficiência praticada no uso de recursos naturais seja uma ameaça ao setor, enquanto esses dados tendem, ao contrário, a proporcionar maior viabilidade ao seu negócio no longo prazo. Mas as barreiras podem ser transpostas uma vez que a sociedade está exigindo cada vez mais acesso a estes dados para garantir uma gestão eficiente e sustentável dos recursos naturais. Assim, é preciso que as informações divulgadas sejam discutidas com a sociedade e que sejam replicáveis para aumentar a transparência do método de construção dos dados.

REFERÊNCIAS

BELLEZONI, R. A. **Water-energy-food nexus of sugarcane ethanol production in the state of Goiás, Brazil: an analysis with regional input-output matrix**. Tese de Doutorado - PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2018.

BHATTACHARYYA, S. C. **Energy economics**: concepts, issues, markets and governance. Ed. Springer, 2011.

BÖHRINGER, C. The synthesis of bottom-up and top-down in energy policy modeling. **Energy Economics**, v. 20, pp.233-248, 1998.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2018, ano base 2017**. Rio de Janeiro: EPE, 2018.

_____. **Disponibilidade hídrica e usos múltiplos**. Documento de Apoio ao PNE 2050. Rio de Janeiro: EPE, 2018

_____. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2026**. Rio de Janeiro: EPE, 2017.

_____. **Plano Nacional de Energia 2030**. Rio de Janeiro: EPE, 2007.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Eficiência Energética**. Brasília: MME, 2007.

CIMA, F. M. **Utilização de Indicadores Energéticos no Planejamento Energético Integrado**. Tese de Mestrado. PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2006.

COSTA, R. C. Do model structures affect findings? Two energy consumption and CO2 emission scenarios for Brazil in 2010. **Energy Policy**, v. 29, p.777-785, 2001.

ESPÉCIE, M. de A. *et al.* Ecosystem services and renewable power generation: a preliminary literature review. **Renewable Energy**, v. 140, p.39-51, 2019.

FERREIRA, D. V. **Determinantes da evolução do consumo de diesel no Brasil entre 2000 e 2008**. Dissertação de Mestrado - PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2016.

FOCHEZATTO, A. Construção de um Modelo de Equilíbrio Geral Computável Regional: aplicação ao Rio Grande do Sul. **Texto para Discussão° 944**. Brasília: IPEA, 2003.

FREI C. W.; HALDI P-A.; SARLOS G. Dynamic formulation of a top-down and bottom-up merging energy policy model. **Energy Policy**, v. 31, p. 1017–1031, 2003.

GROTTERA, C. **Impactos de políticas de redução de emissões de gases do efeito estufa sobre a desigualdade de renda no Brasil**. PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2013.

GUILHOTO, J. J. M. **Análise de insumo-produto: teoria e fundamentos**. Texto para Discussão. Nereus, 2004.

MACHADO, G. V. **Meio-ambiente e comércio exterior: impactos da especialização comercial brasileira sobre o uso de energia e as emissões de carbono do país**. Tese de Doutorado - PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2002.

MAROUN, C. **Sustainability of the ethanol expansion in Brazil from a water-energy-land per-spective**. Tese de Doutorado - PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2014.

MILLER, R. E.; BLAIR, P.D. **Input-output analysis**. Prentice-Hall, 1985.

PEREIRA JR, A. O. *et al.* Evolução do conteúdo energético e das emissões de CO2 associadas à produção econômica brasileira entre 1990 e 2030: uma abordagem híbrida. In: **VI Congresso Brasileiro de Planejamento Energético**. Salvador, 2006.

PEREIRA JR, A. O. *et al.* Modelos energéticos: uma proposta de planejamento integrado. In: **V Congresso Brasileiro de Planejamento Energético**. Brasília, 2006a.

PEREIRA JR, A. O. *et al.* Energy in Brazil: toward the sustainable development? **Energy Policy**, v. 36, p. 73–83, 2008.

PANDEY, R. Energy policy modeling: agenda for developing countries. **Energy Policy**, v. 30, p.97-106, 2002.

SHUKLA P. R. Greenhouse gas models and abatement cost for developing nations: a critical assessment. **Energy Policy**, v. 23 (8), p. 677-687, 1995.

UNITED NATIONS. **Concepts and methods in energy statistics**. New York: UN, 1982.

_____. **System of environmental-economic accounting 2012 - central framework**. 2014.

UNITED NATIONS. Department of economic and social affairs (UNDESA). **System of environmental-economic accounting for energy: SEEA-Energy**. Final draft. Department of Economic and Social Affairs. Statistics Division. UN, 2015.

WEISS DE ABREU, M. **Análise do consumo de energia direta e indireta das famílias brasileiras por faixa de renda**. Dissertação de Mestrado - PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2015.

WILLS, W. **Avaliação dos impactos de políticas climáticas na economia do Brasil através de um modelo de equilíbrio geral híbrido**: desenvolvimento do Imacim-S Br e sua integração com o Message. Tese de Doutorado - PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2013.

WORLD BANK. WAVES. **Forest accounting sourcebook**: policy applications and basic compilation. Washington, D.C., 2017.

ANEXO 1. Lista de instituições dos especialistas entrevistados

DATA DA ENTREVISTA		INSTITUIÇÃO	JUSTIFICATIVA
1	30/08/2018	Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas – Centro Clima/ COPPE/UFRJ	O Centro Clima faz estudos de cenários de GEE com modelos de equilíbrio geral computável que integram as contas nacionais com dados de energia e de emissões de GEE
2	30/08/2018	Programa de Planejamento Energético (PPE) da COPPE/ UFRJ	O PPE é um centro de excelência de estudos relacionados em planejamento energético, tendo entre seus professores, profissionais que já ocuparam cargos importantes na área de energia e meio ambiente
3	31/08/2018	Laboratório de Transporte de Carga (LTC) da COPPE/UFRJ	O LTC faz estudos relacionados a planejamento de transportes de carga e logística de transportes de carga e de passageiros
4	04/09/2018	BNDES	O BNDES financia projetos na área de energia com base em um conjunto de indicadores que integram informações energéticas e econômicas
5	05/09/2018	EPE	A EPE faz estudos que dão respaldo ao planejamento energético do MME. A empresa é responsável também pela publicação do BEN.
6	05/09/2018	ANP	A ANP regula a área de petróleo, gás natural e biocombustíveis e também publica anuários estatísticos importantes para o setor.
7	06/09/2018	Petrobras	Principal empresa de energia do País.
8	10/09/2018	Centro de Gestão de Estudos Estratégicos (CGEE)	O CGEE publica uma série de estudos sobre energia, relacionados a ciência, tecnologia e inovação. Recentemente coordenou um estudo que vai orientar a priorização de projetos de P&D na área de energia.
9	10/09/2018	MME	O MME é responsável pelo planejamento energético nacional.
10	11/09/2018	ANEEL	Agência reguladora da área de eletricidade, também publica anuários estatísticos importantes para o setor.
11	12/09/2018	IPEA	O IPEA está elaborando indicadores para os ODS e possui especialistas em energia limpa e acessível.

FONTE: Elaboração Própria

REALIZAÇÃO:

Por ordem do



Ministério Federal
do Ambiente, Proteção da Natureza
e Segurança Nuclear

da República Federal da Alemanha

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

PARCERIA:

MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE

