

O PAPEL DO PLANEJAMENTO NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA: MAIS LUZ E MENOS CALOR

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira¹
Giovani Vitória Machado¹

¹*Empresa de Pesquisa Energética - EPE*

DOI: 10.47168/rbe.v27i2.635

RESUMO

A abertura dos mercados de energia iniciada nos anos 90 no Brasil trouxe maior diversidade de agentes, promoveu a desverticalização da organização industrial do setor e possibilitou formas mais descentralizadas de atuação empresarial. Simultaneamente, também houve mudanças importantes na relação do setor energético com a sociedade e com o meio ambiente a partir dos anos 90. Tais condicionantes modificaram os objetivos, os instrumentos e as avaliações do planejamento energético no Brasil. O presente trabalho aborda o papel do planejamento na transição energética. Inicialmente, resgata-se o histórico de mudanças de condicionantes que levaram ao contexto atual do planejamento energético no Brasil e à formação da Empresa de Pesquisa Energética. Em seguida, à luz do conceito de planejamento energético integrado, aborda-se a formalização da estratégia e das táticas registradas no Plano Nacional de Energia 2050 e nos Planos Decenais de Expansão de Energia. Depois, discute-se o planejamento no âmbito da transição energética do Brasil. Finalmente, traçam-se considerações acerca do papel do planejamento no aperfeiçoamento dos desenhos de mercado, na identificação e remoção de barreiras e ineficiências sistêmicas, bem como na formação de consensos para tomada de decisões de investimentos na transição energética.

Palavras-chave: Planejamento energético, Planejamento energético integrado, Transição energética, Desafios e oportunidades, Investimentos.

ABSTRACT

The opening of the energy markets since the 90s in Brazil brought a broader diversity of agents, promoted the unbundling of the industrial organization of the sector and enabled more decentralized forms of business activities. At the same time, there have also been important changes in the relationship between the energy sector and society and

the environment since the 1990s. These conditions have changed the objectives, instruments and assessments of energy planning in Brazil. The present work addresses the role of planning in the energy transition. Initially, it recollects changes in historical conditions that led to the current context of energy planning in Brazil and the formation of the Energy Research Office. Then, it approaches the strategy and tactics registered in the National Energy Plan 2050 and in the Ten-Year Energy Expansion Plans in the light of the concept of integrated energy planning. Then, it discusses Brazil's planning under energy transition. Finally, it takes considerations about the role of planning in improving market designs, in identifying and removing systemic barriers and inefficiencies, as well as in the formation of consensus for making investment decisions in the energy transition.

Keywords: Energy planning, Integrated energy planning, Energy transition, Challenges and opportunities, Investments.

1. INTRODUÇÃO

O setor energético é complexo, envolvendo múltiplas instituições e atores, privados e públicos, e aspectos econômicos, sociais, ambientais, geopolíticos e tecnológicos. Nesse sentido, uma robusta governança institucional, bem como transparência e previsibilidade, com fundamento em referências e estudos tecnicamente sólidos, e escolhas sociopolíticas informadas, são elementos-chaves para a credibilidade do setor energético e a confiança requerida para a tomada de decisão de investimentos. Ademais, a formulação de políticas energéticas consistentes é determinante no alcance de um custo de energia “estruturalmente” competitivo, de acordo com a capacidade de pagamento dos consumidores e com a internalização dos custos das externalidades socioambientais.

O processo de reestruturação e abertura competitiva do setor energético ocorreu não apenas no Brasil (BORENSTEIN e BUSHNELL, 2000; AL-SUNAYDI e GREEN, 2006; JAMASB, 2006). Tais reformas buscaram combater distorções de mercado, falhas de governo e ineficiências econômicas por meio da implementação de um modelo competitivo e orientado para o mercado, desverticalizando empresas (*unbundling*) para remover barreiras à competição e à inovação. Com a reestruturação e a abertura, alterou-se o paradigma anterior calcado, em boa medida, em empresas verticalmente integradas e, em muitos casos, com forte participação estatal, sem os adequados mecanismos econômicos e sociais de contestação de tomada de decisões.

Obviamente, alterações no arcabouço institucional, legal e regulatório, bem como na estrutura socioeconômica, no padrão tecnológico e nas relações da sociedade com o meio ambiente, afetam o

próprio planejamento energético, seus objetivos, instrumentos e avaliações. O planejamento energético em um contexto de concentração em torno de poucos agentes de mercado, com organização industrial verticalizada, tem objetivos e instrumentos distintos daqueles em um mercado competitivo aberto, com maior diversidade de agentes e organização industrial desverticalizada e descentralizada.

O presente trabalho aborda o papel do planejamento na transição energética. Para tal, esse artigo é dividido em quatro seções principais, além dessa introdução. Inicialmente, resgata-se o histórico de mudanças de condicionantes que levaram ao contexto atual do planejamento energético no Brasil e à formação da Empresa de Pesquisa Energética - EPE. Em seguida, à luz do conceito de planejamento energético integrado, aborda-se a formalização da estratégia e das táticas registradas no Plano Nacional de Energia 2050 e nos Planos Decenais de Expansão de Energia. Depois, discute-se o planejamento no âmbito da transição energética do Brasil. Finalmente, traçam-se considerações acerca do papel do planejamento no aperfeiçoamento dos desenhos de mercado, na identificação e remoção de barreiras e ineficiências sistêmicas, bem como na formação de consensos para tomada de decisões de investimentos na transição energética.

2. PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, CONSOLIDAÇÃO E ABERTURA DE MERCADO NO SETOR ENERGÉTICO BRASILEIRO E A EPE

O planejamento energético não pode ser visto de forma dissociada do arcabouço institucional, legal e regulatório no qual é realizado. Ao contrário, seus objetivos, instrumentos e avaliações são alterados pelas condições concretas na qual o planejamento é realizado. Nesse sentido, cabe resgatar, a seguir, os condicionantes que levaram ao contexto atual do planejamento energético e da formação da EPE.

Nos anos 30 e 40, no âmbito de transformações econômicas e sociopolíticas amplas e de reorganização do Estado brasileiro, tomou forma a construção de um arcabouço institucional, legal e regulatório do setor energético compatível com o processo de industrialização e urbanização do país que se iniciava (DRAIBE, 1985; LEITE, 2007). Nesse período, foram estabelecidos: o Instituto do Açúcar e do Alcool (1933 – extinto em 1990), Código de Águas (1934), Código de Minas (1934), Departamento Nacional da Produção Mineral (1934 – incorporou o Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil), Conselho Nacional do Petróleo (1938), Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (1939) e Companhia Hidrelétrica do São Francisco – CHESF (1945).

Nesse período, décadas de 30 e 40, houve considerável controvérsia em relação à adequação do arcabouço institucional, legal e regulatório e com o papel de empresas estrangeiras no setor energéti-

co. Light (*Brazilian Traction, Light and Power Company*) e Anforp (*American & Foreign Power Company*) concentravam os serviços de distribuição de eletricidade nas capitais e principais cidades e mais da metade da capacidade instalada de geração elétrica no país. As grandes empresas de petróleo estrangeiras concentravam-se no comércio de combustíveis e não demonstravam disposição investimentos diante do desconhecimento das bacias sedimentares e dos riscos das atividades de exploração e produção e de refino. Difundiu-se a visão de que as empresas estrangeiras não investiam o suficiente e que, com isso, não estavam atendendo as necessidades de energia para a industrialização do Brasil, sendo necessária a intervenção direta do Estado no setor energético (DRAIBE, 1985; LEITE, 2007; PINTO Jr., 2007).

A consolidação do novo arcabouço, contudo, só ocorreu nas décadas de 50, 60 e 70 (início), com a criação das estatais verticalmente integradas e do Ministério de Minas e Energia (DRAIBE, 1985; LEITE, 2007; PINTO Jr., 2007). Nesse período, foram estabelecidas: Petrobras (1953), Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN (1956), Furnas (1957), Ministério de Minas e Energia (1960), Eletrobras (1961), Eletrosul (1968), CPRM (1970), Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear – CBTN (1971 – transformada em Nuclebrás em 1974 e extinta em 1989), Eletronorte (1972), Itaipu Binacional (1974) e Nuclep (1975). Também datam dessa época as estatais elétricas estaduais como a CEEE (1943), a Cemig (1952), Uselpa (1953), Copel (1954), Cesp (1966 – que incorporou a Uselpa e outras empresas de São Paulo), entre outras.

Deve-se destacar também, nessa fase inicial, o papel de missões técnicas internacionais para levantamento de potenciais de recursos (Missão Cooke em 1942, Missão Abbink em 1948, Comissão Mista Brasil-EUA em 1950 e Consórcio Cananbra em 1962¹), e de planos, programas e projetos de segmentos específicos como, por exemplo, o Plano Nacional do Carvão (1953), o Plano de Nacional de Eletrificação (1954), o Projeto Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira – Remac (1972), o Plano de Atendimento aos Requisitos de Energia Elétrica até 1990 – Plano 1990 (1974) e o Programa Nacional do Alcool – Proácool (1975), o Plano Nacional de Atendimento aos Requisitos de Energia Elétrica até 1992 – Plano 1992 (1977), o Plano Nacional de Atendimento aos Requisitos de Energia Elétrica até 1995 – Plano 1995 (1979) e o Programa de Conservação de Energia no Setor Industrial – CONSERVE (1981).

Com base nesse arcabouço institucional, legal e regulatório no Brasil, estruturou-se uma lógica de planejamento essencialmente definida no âmbito de empresas estatais com integração vertical, sob co-

1 O Consórcio CANAMBRA (Canadian, American, Brazilian Engineering Consultant Limited) foi responsável pela elaboração do primeiro plano de expansão de longo prazo e pelo primeiro estudo integrado de potenciais hidrelétrico (SE e S).

ordenação do governo federal. Tanto no setor elétrico quanto no setor petrolífero foram identificadas vantagens de estratégias empresariais que tratavam, progressivamente, os mercados regionais de formas mais integradas, buscando economias logísticas e de custos do atendimento das demandas energéticas do país. Em um contexto de mercados concentrados, com empresas estatais verticalmente integradas, o planejamento energético nacional se confundia com o planejamento setorial das empresas estatais, simplificando e hierarquizando o processo de implementação de diretrizes governamentais, a formação de consensos e a tomada de decisão de investimentos.

No entanto, o próprio conceito de planejamento energético alcança outro estágio em todo o mundo no que tange à visão de integração de mercados a partir dos choques do petróleo nos anos 70, conforme Figura 1, elaborada a partir de APDC (1985). Reforça-se a necessidade de abordagem sistêmica do setor energético a fim de, a partir de cenários econômicos, identificar alternativas de substituição de petróleo e seus derivados, potenciais de ganhos de eficiência energética, potenciais de desenvolvimento e inserção de novas fontes e tecnologias no setor energético. Ademais, aspectos relacionados aos impactos ambientais do setor energético passam a ser incorporados nessa época também – a Conferência de Estocolmo da ONU, por exemplo, que tratou da degradação ambiental, ocorreu em 1972.

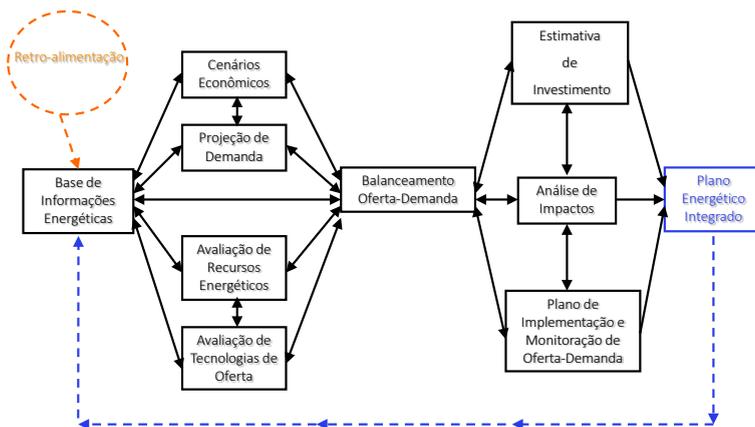


Figura 1 - Processo de Planejamento Energético Integrado

Os balanços energéticos também foram disseminados no mundo nesse contexto, como instrumentos de consolidação de informações energéticas para os estudos relacionados ao planejamento ener-

gético nacional, bem como base de pesquisa para estudos setoriais, modelagem energética, monitoramento de políticas e projeções de matriz energética.

Assim, os diferentes segmentos energéticos passaram a ser tratados de maneira integrada; fossem em um modelo integrado, fossem com a integração de modelos ou módulos por segmento de mercado (JANNUZZI e SWISHER, 1997). Surgem, a partir dos anos 70, programas de pós-graduação stricto sensu em diversos países do mundo com foco em planejamento energético, inclusive no Brasil (CO-PPE/UFRJ, USP e UNICAMP).

A Agência Internacional de Energia – IEA também foi criada nessa época, a partir do *Agreement on an International Energy Program*, em 1974, com mandato amplo em segurança energética e cooperação em política energética¹. A *Federal Energy Administration*, nos EUA, também data de 1974, que, posteriormente, em 1977, dá origem ao *Energy Information Administration* – EIA, como instituição autônoma do Departamento de Energia dos EUA, com atribuições de coletar, analisar e disseminar informações energéticas, de maneira independente e imparcial, para promover base para formulação de política, mercados eficientes e entendimento do público em geral sobre as interações entre energia, economia e meio ambiente, inclusive modelagem e projeções energéticas de curto, médio e longo prazos². Instituições governamentais com foco em planejamento energético foram criadas em vários países do mundo.

No Brasil, esse processo de integração para o setor energético era realizado em comissões ou grupos de trabalho instituídos pelo MME, com a participação das equipes de órgãos vinculados e consultores contratados: Matriz Energética Brasileira (1973), Modelo Energético Brasileiro (1979), Programa de Mobilização Energética (1980), Reexame da Matriz Energética Nacional (1991), Projeção da Matriz Energética Nacional - CT3/CNPE (2001) e Planejamento do Suprimento do Setor Energético – CT2/CNPE (2002). Não havia regularidade definida no tempo e abordagem de projeção estabelecida.

O planejamento energético nacional ficava mais associado às cadeias energéticas do petróleo e da eletricidade, nos planos da Petrobras e da Eletrobras, ainda que nem sempre de forma transparente e regular (LEITE, 2007). Ajustes e integrações eventuais ocorriam no próprio processo de trabalho pelo governo federal, como mencionado. Merece destaque, contudo, a criação no setor elétrico, por meio da Portaria MME nº 1.617, de 23/11/1982, do Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos – GCPS, que tinha por finalidade estudos de alternativas, avaliações e proposições que assegurassem

1 Para detalhes, vide: <https://www.iea.org/about/history>

2 Para detalhes, vide: https://www.eia.gov/about/legislative_timeline.php.

sua compatibilidade com a política energética nacional¹.

A lógica de planejamento energético associado ao planejamento das empresas estatais, entretanto, foi afetada, nos anos 80 e 90, pela crise fiscal do Estado brasileiro e pelo surgimento internacional de novos arcabouços institucional, legal e regulatório que favoreciam a inserção de inovações tecnológicas e modelos de negócios em ambientes de mercado abertos e competitivos, com a desverticalização (*unbundling*) das indústrias de rede (BORENSTEIN e BUSHNELL, 2000; AL-SUNAILY e GREEN, 2006; JAMASB, 2006; PINTO Jr., 2007; TOLMASQUIM, 2011; TOLMASQUIM E PINTO Jr., 2011).

A Emenda Constitucional nº 9/1995 flexibilizou o exercício do monopólio da União no setor de petróleo e gás natural, enquanto a Lei nº 9.478/1997 estabeleceu o Conselho Nacional de Política Energética – CNPE e a Agência Nacional do Petróleo e Gás Natural – ANP (Biocombustível foi incorporado pela Lei nº 11.097/2005) e definiu as diretrizes para a abertura do mercado de petróleo e gás natural. A abertura da indústria do gás natural ainda foi aprofundada pela Lei nº 11.909/2009 e, recentemente, pela Lei nº 14.134/2021, Nova Lei do Gás. Assim, as atividades da indústria de O&G foram incorporando, progressivamente, mais agentes nacionais e estrangeiros.

No setor elétrico, a reestruturação e a abertura envolveu um processo com diversas etapas, como, inicialmente, a definição do novo marco de concessão dos serviços públicos (Lei nº 8.987/1995), a instituição da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (Lei nº 9.421/1996), a definição da abertura do setor elétrico e sua desverticalização, separando as partes competitivas (geração e comercialização) das partes em monopólio natural (transmissão e distribuição) na cadeia de valor da eletricidade (Lei nº 9.648/1998 e sua regulamentação no Decreto nº 2.655/1998).

Nesse processo de abertura, também foram estabelecidos, pela mesma lei (Lei nº 9.648/1998), o Mercado Atacadista de Energia – MAE (extinto e sucedido em 2004 pela CCEE) e o Operador Nacional do Sistema – ONS², que permitiriam a separação das transações comerciais e físicas da eletricidade. Há também a separação dos consumidores em cativos e livres (autorizados a escolher seus fornecedores).

Originalmente, a proposta de redesenho institucional, legal e regulatório apresentada pelo Projeto de Reestruturação do Setor Elétri-

1 Em continuidade ao projeto Canambra, foram constituídos grupos permanentes de estudo e planejamento, ainda informais em Furnas e, depois, na Diretoria de Planejamento e Engenharia da Eletrobras (LEITE, 2007). Esses foram os núcleos para a criação do GCPS, em desenho mais robusto institucionalmente.

2 O ONS foi instituído como pessoa jurídica de direito privado, sucedendo o Grupo Coordenador da Operação Interligada – GCOI e o Comitê Coordenador da Operação Interligada Norte/Nordeste – CCON, estruturas da Eletrobras para a operação do sistema elétrico, que foram extintos (LEITE, 2007).

co Brasileiro – RE-SEB, iniciado em 1996, operacionalizado pela Copers & Lybrands, propunha a criação do Instituto para o Desenvolvimento do Setor Elétrico (IDSE), o qual seria dedicado aos trabalhos técnicos de planejamento em suporte ao MME e ao CNPE. Todavia, em 1999, o governo federal optou pela criação do Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricos – CCPE, organizado na forma de comitês com a participação de diversos agentes, sobretudo a Eletrobras. A implementação do CNPE e do CCPE demoraram a ocorrer, pois o monitoramento e o planejamento eram vistos como funções secundárias no modelo (PINTO Jr., 2007; LEITE, 2007; TOLMASQUIM, 2011).

A primeira fase da abertura descentralizou o processo de tomada de decisões, mas negligenciou a importância da coordenação interinstitucional (PINTO Jr., 2007). Essa conta foi cobrada na crise do racionamento 2001, embora não tenha sido a única causa¹, como fora reconhecido por diversos especialistas e que retardou o próprio processo de reestruturação e abertura do setor elétrico (PIRES et al., 2002; PINTO JR., 2007; LEITE, 2007; TOLMASQUIM, 2011). Esse fato foi reforçado em uma complementação do projeto do RE-SEB (RE-SEB-COM) e pela Comissão de Análise do Sistema Hidrotérmico de Energia Elétrica (2001)², no chamado Relatório Kelman, que avaliou as causas estruturais e conjunturais que provocaram a crise elétrica de 2001.

O Novo Modelo do Setor Elétrico, implementado a partir de 2004, provocou algumas alterações em relação às reformas iniciadas na década anterior, aperfeiçoando a abertura do mercado e a competição na geração e na comercialização de energia elétrica. A nova reforma buscou criar condições para garantia de suprimento e redução de riscos de racionamento (PINTO Jr., 2007), aproveitando as lições tiradas da crise do racionamento e de seu diagnóstico (TOLMASQUIM, 2011).

O novo desenho do setor elétrico criou dois ambientes de contratação, o regulado (ACR) e o livre (ACL), instituiu os leilões de contratação de energia existente e nova e criou instituições para reforçar a governança, o monitoramento e o planejamento setorial (PINTO Jr., 2007; BAJAY, 2006; LEITE, 2007; TOLMASQUIM, 2011). Assim, além de CNPE, MME, ANEEL e ONS, a governança do setor elétrico foi complementada pela instituição da Câmara de Comercialização de Ener-

1 PIRES et al (2002) resumem as causas do racionamento em: a) esgotamento do modelo estatal, responsável pela expansão do setor desde os anos 1960; b) falhas no planejamento da transição do modelo estatal para o modelo privado; c) problemas contratuais e regulatórios; e d) falta de coordenação entre os órgãos governamentais.

2 A Comissão de Análise do Sistema Hidrotérmico de Energia Elétrica (2001) apontou diversas causas para a crise que determinou a decretação de racionamento, dentre as quais a inexistência, na ocasião, de “lei estabelecendo a responsabilidade pelo planejamento de expansão do Setor Elétrico” em um setor que estava passando por profundas reformulações.

gia Elétrica – CCEE (Lei nº 10.848/2004) – que sucedeu o MAE, extinto –, do Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico – CMSE (Lei nº 10.848/2004) e da EPE (Lei nº 10.847/2004).

A EPE tem por finalidade realizar estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético em seus diferentes segmentos, inclusive a eficiência energética - vide Lei nº 10.847/2004. Os estudos e pesquisas desenvolvidos pela EPE, conforme a lei, subsidiam a formulação, o planejamento e a implementação de ações do MME, no âmbito da Política Energética Nacional (instituída pela Lei nº 9.478/1997).

Assim, a crise do racionamento de energia elétrica de 2001 apenas reforçou a relevância e a urgência de se criar uma instituição para lidar com estudos de planejamento de longo prazo e estruturar, com transparência, a coordenação de informações e ações entre diferentes agentes setoriais. A criação da EPE, efetivada em 2004, endereçou soluções defendidas pelo próprio setor elétrico como necessárias para assegurar os investimentos voltados para a expansão e a modernização do setor elétrico, imprescindíveis à sustentabilidade do crescimento econômico e social do país. Além disso, a EPE não só foi concebida para preencher as lacunas deixadas na função dos estudos do planejamento indicativo do setor elétrico, mas também para abarcar todo o setor energético, de forma a viabilizar um planejamento efetivamente integrado no Brasil.

3. PLANEJAMENTO ENERGÉTICO INTEGRADO: ESTRATÉGIA E TÁTICA

A redução da escassez e da assimetria de informações no mercado modera os custos de transação para tomada de decisão por governantes, investidores, consumidores e sociedade, retirando barreiras à entrada de novos agentes econômicos e internalizando externalidades ambientais, favorecendo a eficiência alocativa e promovendo o desenvolvimento sustentável. Por sua característica de bem público, uma vez disponível, a informação não tem custo marginal para seu uso adicional e, por isso, sua oferta pública traz um significativo benefício social para a economia como um todo (STIGLITZ, 2017).

Por isso, diversos governos asseguram a provisão de informação e dados abertos, pois esse custo é recuperado, muitas vezes, não só pelo aumento da eficiência da formulação de política pública, mas também, e sobretudo, pela geração de negócios privados que induzem arrecadação tributária ao longo da cadeia produtiva (PIRA, 2000; MCKINSEY, 2013; EUROPEAN UNION, 2015). A título de ilustração Pira (2000) estimou um retorno sobre investimento (ROI) de 7 vezes para a Europa e 39 vezes para os EUA para dados abertos em geral, enquanto Mckinsey (2013) estimou o potencial de valor de dados a-

bertos nos setores elétrico e de O&G nos EUA de, respectivamente, US\$ 340-580 bilhões e US\$ 240-510 bilhões, ambos por ano.

Por conseguinte, a abertura competitiva dos mercados de energia no mundo não prescindiu de uma atividade organizada de planejamento setorial. Essa atividade é bastante valorizada em ambientes altamente competitivos e abertos porque informação é elemento essencial para garantir a melhor alocação de recursos e é indispensável na tomada de decisão dos agentes e da sociedade. Em condições ideais, informações dessa natureza deveriam estar disponíveis, acessíveis e com baixo ou nenhum custo de obtenção para todos os agentes do mercado.

Como destacado na exposição de motivos da Lei nº 10.847/2004, para potencializar a qualidade da informação em energia é preciso uma abordagem integrada do planejamento energético, de modo a conciliar, estrategicamente, pesquisa, exploração, uso e desenvolvimento dos insumos energéticos, dentro de uma política nacional unificada e ajustada às diretrizes de governo e às necessidades do País. Também é preciso garantir credibilidade, representatividade e transparência às ações envolvidas nesses processos.

Para atender a esses princípios de planejamento energético integrado, a competência legal da EPE abrangeu diversas atividades, entre as quais:

- elaboração de estudos e projeções da matriz energética brasileira;
- elaboração do balanço energético nacional;
- identificação e quantificação dos potenciais de recursos energéticos;
- determinação dos aproveitamentos ótimos dos potenciais hidráulicos;
- obtenção da licença prévia ambiental e a declaração de disponibilidade hídrica;
- elaboração dos planos de expansão da geração e transmissão de energia elétrica de curto, médio e longo prazos;
- elaboração de estudos para dar suporte ao gerenciamento da reserva e produção de hidrocarbonetos no Brasil, visando à autossuficiência sustentável;
- elaboração de estudos de mercado visando definir cenários de demanda e oferta de petróleo, seus derivados e produtos petroquímicos;
- elaboração de estudos para avaliar e incrementar a utilização de energia proveniente de fontes renováveis, inclusive, de eficiência energética.

Foi estabelecido que a EPE é gerida por um Conselho de Administração, com funções deliberativas, e por uma Diretoria Executiva, e na sua composição contará ainda com um Conselho Fiscal e um Conselho Consultivo – CONCEPE, que formaliza a interação da empresa com representantes do setor energético do país¹. Além dessa relação legal e estatutária, a atuação da EPE requer articulação com diversos órgãos e instituições, tanto para coletar informações quanto para discutir premissas e para contribuir para a formação de consensos. Nesse sentido, a EPE empreende, no âmbito setorial, estreita articulação com o MME, com as agências reguladoras – ANEEL, ANP e ANA², com o ONS e a CCEE. A EPE também interage com associações setoriais, empresas, partes interessadas em geral e a sociedade, inclusive a academia, buscando contribuir para a redução de assimetrias de informação e formação de consensos.

A EPE tem assento em fóruns do setor energético, como o CNPE, o CMSE, Comitê de Abastecimento de Etanol – CMAE, Comitê de Abastecimento de Biodiesel – CMAB, Comitê de Monitoramento da Abertura do Mercado de Gás Natural – CMGN e Grupo Coordenador de Conservação de Energia – GCCE, bem como participa do Comitê de Implementação da Modernização do Setor Elétrico – CIM e da Comissão Permanente para Análise de Metodologia e Programas Computacionais do Setor Elétrico – CPAMP.

Os estudos e pesquisas da EPE, bem como suas interações com instituições governamentais, com o mercado e com a sociedade são consolidados nos planos setoriais, em particular, no Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE e no Plano Nacional de Energia – PNE, os quais integram diversos estudos e pesquisas realizadas pela empresa.

Elaborado anualmente, o PDE contém projeções, análises prospectivas, balanço estrutural de oferta e demanda, riscos de suprimento e cenários de investimento para o horizonte de longo prazo, de forma integrada e indicativa. O PDE é utilizado pelo MME para priorização de ações, inclusive a proposição ao Congresso Nacional e ao CNPE de medidas de aperfeiçoamento dos marcos vigentes, mas também outras ações, como a realização de leilões para contratação de novos empreendimentos de geração e transmissão de energia elétrica. A versão mais atual do plano é PDE 2030, que foi disponibilizado para Consulta Pública pelo MME em dezembro de 2020 e foi aprovado pela Portaria Normativa nº 2/GM/MME, de 25 de fevereiro de 2021.

Bastante detalhado, o PDE utiliza uma longa cadeia de mode-

1 O CONCEPE tem entre suas competências sugerir diretrizes, estratégias e áreas prioritárias de atuação para estudos e pesquisas.

2 A Agência Nacional de Águas – ANA foi instituída pela Lei nº 9.984/2000, incorporando Saneamento Básico, após a aprovação do novo marco legal do saneamento básico, conforme a Lei nº 14.026/2020.

los especialistas que se conectam e asseguram uma visão integrada do setor energético, que é sintetizada nas matrizes energéticas consolidadas, que são apresentadas no plano – vide Figura 2 (EPE).

Partindo de cenários macroeconômicos, setoriais e regionais consistentes entre si e com o cenário internacional, são realizados os estudos de premissas de demanda setoriais, inclusive eficiência energética e meio ambiente, para alimentar a modelagem técnico-paramétrica de uso final com detalhamento setorial. Tais estudos de demanda são conectados aos estudos de premissas da oferta para alimentar a modelagem de oferta, cuja natureza depende do segmento: E&P (simulação), refino (otimização por mínimo custo de abastecimento), biocombustíveis (técnico-paramétricos), gás natural (técnico-paramétrico e simulação termo-fluidohidráulica de infraestrutura), recursos energéticos distribuídos (técnico-paramétrico) e eletricidade (simulação e otimização por mínimo custo de suprimento). Todos esses modelos têm relação com as abordagens socioambientais (técnico-paramétricos e avaliações socioambientais). Finalmente, são realizadas as projeções, que são consolidadas nas categorias agregadas da matriz energética: consumo final, centros de transformações e oferta interna de energia (inclusive: produção, exportação e importação e variação de estoques).

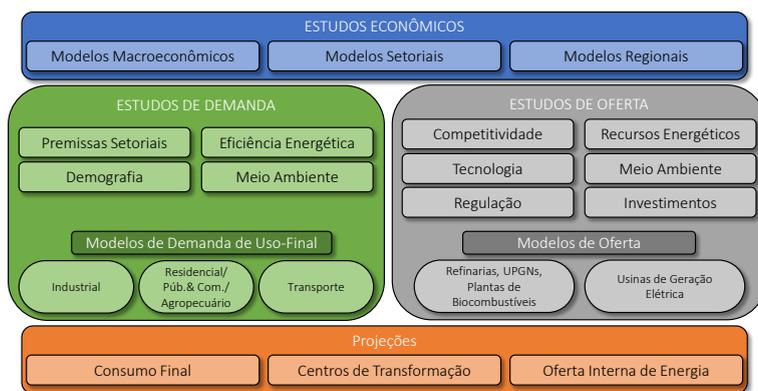


Figura 2 – Abordagem síntese do Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE

O PDE segue uma abordagem de planejamento indicativo, mas também sintetiza e integra um conjunto de decisões de investimentos já realizadas pelos agentes, inclusive monitoramento de empreendimentos em construção e de políticas públicas. Nesse sentido, ganha uma conotação de plano tático e de verificação de balanços es-

truturais de demanda e oferta de energia no horizonte decenal.

Já o PNE, com publicação prevista para cada cinco anos, traz análises prospectivas e de cunho mais estratégico para o longo prazo (30 anos ou mais), considerando variáveis e incertezas críticas como disrupção tecnológica, mudanças estruturais na produção e consumo de energia, geopolítica da energia e outros aspectos como a transição energética.

O PNE orienta debates mais abrangentes, sobretudo, relacionados a políticas com custos e benefícios auferidos em horizonte de longo prazo, como investimentos em nuclear, na política ambiental associada a grandes empreendimentos hidrelétricos, à estruturação de estratégia para os biocombustíveis, à definição de metas de descarbonização da matriz energética, entre outros. Em 2020, foi consolidado e publicado o PNE 2050, que atualizou as perspectivas anteriormente trazidas pelo PNE 2030. O estudo também foi objeto de Consulta Pública, tendo sido aprovado pelo MME em dezembro de 2020.

Tanto o PDE quanto o PNE são produtos extremamente debatidos não só com o MME, mas também com as partes interessadas e com a sociedade. São produtos que sintetizam diversos outros planos e estudos, em forte articulação com outros agentes setoriais, como os Planos de Eficiência Energética, os Planos de Expansão da Malha de Gasodutos e Oleodutos, os Programas e Planos de Expansão da Transmissão – PET/PELP. O mapeamento de recursos energéticos nacionais, por meio de estudos específicos como o Zoneamento Nacional de Recursos de Óleo e Gás, o Roadmap Eólica Offshore, os Potenciais de Eficiência Energética, os Estudos de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas, as Bases de Dados Anemométricos, entre outros. A habilitação técnica dos projetos cadastrados para Leilões de Energia Nova e de Energia de Reserva permite também ancorar premissas de projeção em informações bastante aderentes à realidade de mercado e suas perspectivas. Também são consideradas informações e cronogramas dos Estudos de Expansão do Sistema de Transmissão (Relatórios R) realizados pela EPE, identificando o crescimento da demanda de energia, da geração de energia e os gargalos que porventura venham a surgir, apresentando a concepção básica da solução a ser futuramente licitada em leilão.

Os planos incorporam também perspectivas e discussões que são objeto de participação direta e assessoramento ao CNPE pela EPE, bem como de diferentes comitês, comissões, conselhos e iniciativas relacionadas a reformas setoriais (como RenovaBio, o Novo Mercado de Gás, o GT Modernização do Setor Elétrico, o Abastece Brasil, o Programa REATE e o Programa BidSIM) ou construção de novas políticas (como recursos energéticos distribuídos, transformação digital e hidrogênio).

O conhecimento dos recursos energéticos nacionais é fundamental para coordenar ações relacionadas ao investimento na infraestrutura viabilizadora do aproveitamento desses recursos de forma competitiva e sustentável, bem como para direcionar esforços de inovação tecnológica para áreas de maior interesse nacional.

Ainda no âmbito de informações derivadas do apoio técnico ao MME, também são incorporadas aos planos informações e perspectivas de tratados e contratos internacionais como os referidos ao Anexo C do Tratado de Itaipu, da renegociação dos contratos com a Bolívia no âmbito do GASBOL e de tratativas de missões técnicas com a Argentina e com o Mercosul de uma maneira geral. A EPE também se beneficia por atuar como agente operador na implementação de cooperações bilaterais e multilaterais, dando suporte direto ao MME. A título de exemplo, a EPE atua na execução do Programa de Trabalho do Brasil com a IEA, na execução da cooperação bilateral do Brasil com Alemanha, Reino Unido, EUA e outros, e na condução de atividades da *Clean Energy Ministerial e Mission Innovation*.

Todas essas informações e perspectivas contribuem para dar lastro às premissas do PDE e do PNE, bem como permitem buscar o aproveitamento racional dos recursos energéticos disponíveis no país, inclusive os renováveis, e a garantia da segurança energética nacional, com competitividade e sustentabilidade ambiental, objetivos norteadores da estratégia e da tática dos planos e do planejamento energético integrado em geral.

A disponibilização e o acesso aos dados, informações e estudos produzidos no planejamento energético integrado são elementos relevantes para a melhoria do funcionamento dos mercados de energia e para o aumento da confiança para decisões de investimento. Por esse motivo, a maioria dos estudos, projeções e bases de dados que são produzidos ou mantidos pela EPE são convertidos em publicações, sistemas de informação abertos a consulta e utilizados em apresentações, debates em eventos, entrevistas, reuniões com agentes, vídeos, dentre outros.

4. O PLANEJAMENTO NO ÂMBITO DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA DO BRASIL

As transições energéticas envolvem diversas dimensões e trazem transformações socioeconômicas e com o meio ambiente amplas. Ademais, tal processo é complexo e usualmente longo (SMIL, 2010; SOVACOOOL, 2016; FOUQUET, 2016). Ou seja, a transição energética não é uma virada de chave, é um processo.

A nova transição energética tem sido caracterizada por processos de descarbonização, descentralização e digitalização, os chamados “3 Ds”, embasando-se por condicionantes como redesenho de mercados, desenvolvimento sustentável, mudanças climáticas globais e inovações associadas à eletrônica e à entrada na era digital (MME-EPE, 2020). Tais fatores moldam as modificações nas matrizes energéticas em todo o mundo, ainda que o estágio e o ritmo possam ser distintos geograficamente.

Nesse contexto, há estímulos ao uso mais eficiente dos recursos energéticos e à redução da participação de combustíveis mais intensivos em emissões de carbono na matriz energética primária mundial em favor de fontes de baixo carbono e da eletrificação dos conversores. Ademais, tal processo ocorre associado à maior automação e digitalização de processos, controles e serviços, possibilitando tanto o aumento da eficiência energética como a maior participação de fontes renováveis variáveis.

O Brasil assumiu metas no Acordo de Paris: redução de 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025 e redução de 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030¹. No final de 2020, ao assumir a meta de redução de 2030, simultaneamente, o governo brasileiro também comunicou intenção de perseguir a neutralidade nas emissões de gases do efeito estufa até 2060, podendo ser antecipado o prazo em determinadas condições. Na Cúpula Mundial de Líderes pelo Clima 2021, o Brasil indicou a intenção de antecipar o atingimento da neutralidade líquida de carbono para 2050. Ressalte-se que o Brasil tem implementado medidas adicionais que são consistentes com sua NDC. Para tal, tem redesenhado seus mercados energéticos e estabelecido instrumentos para acelerar a entrada de novas fontes renováveis para geração elétrica como a eólica, a solar e o biogás, bem como para ampliar descarbonização de sua matriz de combustíveis. Também é preciso ter claro que, além do setor energético (com contribuições inequívocas), o atingimento dos compromissos assumidos pelo país no Acordo de Paris pode e deve ser compartilhado com outros setores da economia brasileira. Esse é o princípio da abordagem de meta global (*economy wide*), devendo-se buscar as soluções de menor custo de abatimento das emissões de carbono.

Ainda que o Brasil, como outros países, busque o desenvolvimento sustentável, a integração das dimensões econômica, social e ambiental não é simples. Na prática, há dilemas não só entre essas dimensões, mas também dentro das mesmas dimensões. De qualquer forma, o Brasil entra na fase de aceleração da nova transição energética bem posicionado para balancear a segurança energética, a competitivi-

¹ Originalmente, na NDC depositada em 2016, a meta de 2030 consistia em contribuição indicativa subsequente. Em 08 de dezembro de 2020, a primeira NDC do Brasil teve sua submissão atualizada, tornando a contribuição indicativa subsequente uma meta de redução.

dade da oferta, o desenvolvimento socioeconômico e a preservação e proteção do meio ambiente, inclusive no tocante às mudanças climáticas globais (MME-EPE, 2020). O País possui significativos potenciais hidrelétrico, eólico e solar, bem como relevante disponibilidade de recursos de urânio, petróleo, gás natural e carvão mineral para lidar com a variabilidade de renováveis e as demandas por acesso à energia moderna. Por último, mas não menos importante, o Brasil possui um agronegócio de relevância global, viabilizando bioenergia nas suas mais variadas formas.

O principal desafio do País e do planejamento na transição energética será administrar de forma racional e com competitividade a sua abundância recursos, em particular considerando suas repercussões socioeconômicas e ambientais. Com a base de recursos energéticos disponível, é possível satisfazer à demanda total de energia de 15 bilhões de tep do Cenário Desafio da Expansão (mais alto) no período até 2050 e ainda ter um montante de recursos que representa 60% a mais do que toda a demanda atendida (MME-EPE, 2020). Nesse sentido, o desconhecimento do potencial de recursos energéticos, a escassez física e o acesso a tecnologias modernas não serão mais os principais desafios do Brasil e de seu planejamento energético.

Mesmo com a transição energética, o petróleo continuará sendo fonte indispensável no Brasil e no mundo até 2050 (SMIL, 2019)¹. A perspectiva de produção de petróleo revela uma posição como grande produtor de petróleo até 2050: 6,1 milhões bpd no Cenário Desafio da Expansão e 3,6 milhões bpd no Cenário Estagnação (MME-EPE, 2020).

O redesenho de mercado da indústria de O&G equacionou o financiamento das atividades de E&P (antes dependentes do Estado e da Petrobras) e caminha para consolidar a abertura do abastecimento, assegurando competição a partir dos desinvestimentos da Petrobras no refino e em logística decorrentes do Termo de Compromisso de Cessação de Prática assumido com o Conselho Administrativo de Defesa Econômica – CADE. A mudança no abastecimento, além de ampliar fontes de financiamento, poderá facilitar a conversão de refinarias em complexos energéticos (“refinaria do futuro”) e/ou em biorrefinarias (TAYLOR, 2008; JONG e JUNGMEIER, 2015; KLAUSE, 2017; HYDROCARBON PROCESSING, 2018; KLEIN et al., 2018). Esses movimentos mitigarão o risco de que as refinarias se transformem em “ativos encalhados” no futuro, em cenários de descarbonização profunda. Essas transformações já se iniciaram nos EUA, na Europa e, mesmo no Oriente Médio.

¹ As discussões sobre neutralidade de carbono também envolvem redução de emissões de carbono e sumidouros de carbono como tecnologias de captura, sequestro e uso de carbono (CCUS), reflorestamento e restauração de cobertura vegetal (compensação florestal) e bioenergia com captura e sequestro de carbono (BECCS) – as chamadas emissões negativas de carbono.

A evolução da transição energética e disputas geopolíticas podem representar riscos para a indústria de petróleo do Brasil. Os combustíveis fósseis serão pressionados no sentido de redução de sua participação na matriz energética. A migração para combustíveis e tecnologias de baixo carbono, embora possa ser acelerado por políticas públicas e forças de mercado, não é processo rápido, em razão de toda a necessidade de investimentos em infraestrutura, desenvolvimento tecnológico e ganhos de competitividade para as alternativas. Entretanto, é possível incorporar tecnologias mitigadoras de emissões de carbono nas atividades da indústria de O&G, bem como alterar progressivamente o portfólio de negócios em favor de energias e combustíveis renováveis (FATTOUH et al., 2018; ZHONG e MORGAN, 2018; SHOJAEDDINI et al., 2019). Tendências em andamento no mundo e no Brasil (IEA, 2018; SHOJAEDDINI et al., 2019).

Ademais, o Brasil possui uma das matrizes energéticas mais renováveis do mundo. A participação das renováveis na Oferta Interna de Energia em 2019 do Brasil foi de 46,1%, enquanto essa participação na União Europeia, China, Estados Unidos e Índia, por exemplo, fica entre 10 e 20% (EPE, 2020). Grande parte desse fato decorre do desenvolvimento da bioenergia e da hidroeletricidade no país, além das contribuições recentes de eólica e solar. Em um contexto de mudanças climáticas, essa característica renovável da matriz energética nacional constitui um importante ativo geopolítico.

O Brasil tem condições edafoclimáticas muito favoráveis, o que permite que em seu território diversos tipos de biomassa prosperem, de forma abrangente e competitiva. Assim, a biomassa é alternativa promissora para o futuro energético sustentável do País.

Embora o debate sobre transição energética seja dominado pelos temas de eletrificação e digitalização, tais temas não esgotam todos os aspectos da transição energética e da descarbonização das economias. Há segmentos de mercados que enfrentam desafios significativos para eletrificação e descarbonização: transporte rodoviário de carga pesada de longa distância; navegação; aviação; calefação, alguns processos industriais nos quais o energético também é matéria-prima (fertilizante, aço, cimento, por exemplo), etc.

Mesmo a eletrificação de veículos tem desafios que não são triviais, passando por aspectos econômicos e comportamentais para aquisição e/ou compartilhamento dos veículos leves, aspectos técnicos e de desenvolvimento infraestrutura para sua disseminação (MME-EPE, 2020). Pode ocorrer um longo período de convivência entre veículos a combustão interna, híbridos e elétricos até que se alcance a eletrificação plena. Assim, os biocombustíveis terão um papel relevante no Brasil, e, eventualmente, na América Latina e no mundo, para antecipar a descarbonização dos transportes.

Os biocombustíveis são soluções tecnológicas brasileiras à descarbonização dos transportes, que podem trazer resultados imediatos devido à frota flex fuel e/ou por serem *drop-in*. Posteriormente, tais soluções tecnológicas podem ser compatibilizadas aos novos paradigmas automotivos da eletrificação. Já há esforços nessa direção no mercado brasileiro com o lançamento em 2019 e 2020 de veículos híbridos flex e com o avanço de pesquisas e desenvolvimento de veículos elétricos a célula combustível a partir de etanol. O programa Rota 2030 estruturou uma política que favorece as inovações na indústria automobilística. É possível aproveitar essa vantagem competitiva do País, mesmo que, progressivamente, se possa migrar para eletromobilidade, criando novas vantagens. O tamanho do mercado automotivo brasileiro permite essa escolha.

Mais amplamente, a bioenergia pode não apenas antecipar a descarbonização dos transportes e máquinas agrícolas durante a transição energética, mas também manter sua relevância no novo paradigma energético por intermédio de biocombustíveis avançados como o bioquerosene, o biobunker, o HVO, o etanol lignocelulósico e o hidrogênio. O DNA será o “chip” da biotecnologia, transformando as sociedades contemporâneas.

Outro desafio associado à transição energética e aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) é a necessidade de redesenhar mercados energéticos para promover mais diversidade, competição, flexibilidade, confiabilidade, eficiência e inovação, bem como internalizar as externalidades ambientais. Cabe citar, em particular, a agenda de Modernização do Setor Elétrico, o Novo Mercado de Gás, o RenovaBio e o Abastece Brasil, somando-se ainda as iniciativas originadas no âmbito de Poder Legislativo. Tais iniciativas almejam adequar arcabouços institucionais, legais e regulatórios para garantir maior competitividade e acesso universalizado a energia modernas e limpas à sociedade.

O RenovaBio trará novo momento para a produção e o uso de biocombustíveis no setor de transporte do Brasil (MME-EPE, 2021a). O ano de 2020 marcou a implementação do mercado de CBIOS, com sucesso, mesmo após o impacto inicial da pandemia. A expectativa é que o mercado de etanol se aproxime de 50 bilhões de litros em 2030.

Também as políticas de eficiência energética têm sido reforçadas no Brasil. O Programa de Etiquetagem, o Programa de Eficiência Energética da ANEEL, o PROCEL e o Rota 2030 (sucedeu o Inovar Auto), entre outros programas, são políticas públicas que visam induzir maiores ganhos de eficiência energética no país.

A Modernização do Setor Elétrico tem entre seus objetivos facilitar a inserção de inovações no setor elétrico, reforçando o impulso que os leilões de energia já vinham dando aos empreendimentos eólicos,

solares e de biomassa, além da energia hídrica. O redesenho do setor elétrico também tem favorecido o crescimento dos recursos energéticos distribuídos, em particular a solar. Mesmo a termelétricidade requerida para garantir da confiabilidade do sistema tem migrado para fontes de baixo carbono como as a biomassa e a gás natural, cuja oferta será reforçada com o Novo Mercado de Gás. A decisão de retomar a construção de Angra III também contribuirá para manter a baixa emissão de carbono do setor elétrico brasileiro – em torno de 85% de fontes não emissoras: renováveis e nuclear (MME-EPE, 2021a). O país também estuda outras usinas nucleares e o melhor aproveitamento dessa tecnologia (inclusive os Pequenos Reatores Modulares), tendo vista o papel estratégico dessa cadeia industrial para o desenvolvimento, inclusive nas aplicações para saúde, agricultura e segurança nacional.

Ressalte-se que em 64 simulações realizadas para o setor elétrico no PNE 2050, houve uma alta concentração de resultados na faixa de 80%- 90% de participação de renováveis (MME-EPE, 2020). Um resumo dos casos para o Cenário Desafio da Expansão em 2050, em comparação com o ano de 2015, é apresentado na Figura 3 (MME-EPE, 2020).

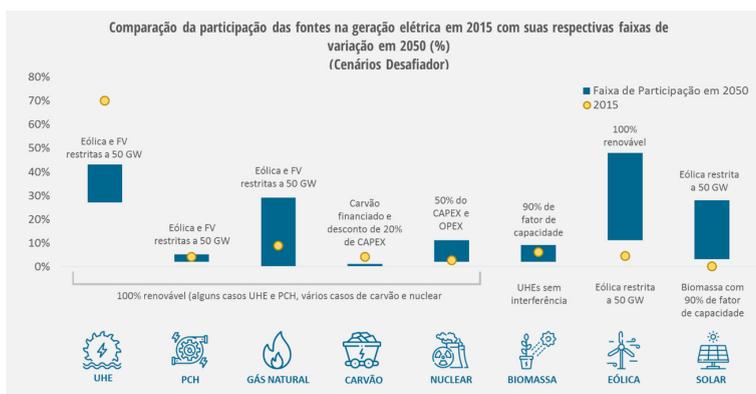


Figura 3 – Comparação da participação das fontes na geração elétrica em 2015 com suas respectivas faixas de variação em 2050

Outro ponto é que o setor elétrico tem grande propensão para que a digitalização modifique suas estruturas de mercado e transações, a forma de uso da infraestrutura e a relação com os consumidores (KÜFEOGLU, 2019). Tal revolução digital levará à criação de redes inteligentes que permitirão maior capacidade de observação, melhor

controle dos ativos e do seu desempenho, análise de dados a partir da operação do sistema e maior sensibilidade de resposta aos preços.

Aliada aos recursos energéticos distribuídos, a implantação dos medidores inteligentes, ao propiciar o fluxo bidirecional de energia, gerenciamento do perfil de consumo e resposta da demanda, é uma das variáveis-chave para a descentralização da operação do sistema elétrico e para a criação de novas oportunidades de negócios de energia no varejo. Esta visão de futuro já está se tornando realidade em vários países e alcançará o Brasil em maior ou menor ritmo a depender das políticas formuladas, do ambiente regulatório e do perfil de renda dos consumidores. Há que se reconhecer os inúmeros benefícios da digitalização, mas também os elevados custos de investimento, trazendo a discussão sobre quem assume tais custos e como se compartilham os benefícios de forma justa.

Destaque-se ainda o papel que o hidrogênio poderá ter nos setores de difícil abatimento de emissões de carbono. Recentemente, o mercado de hidrogênio atingiu um novo momento com anúncios por diversos governos de seus planos estratégicos para seu aproveitamento como elemento fundamental para a transição energética (EPE, 2021b). Isto porque o hidrogênio tem vantagens como alta densidade energética, versatilidade de uso, ser livre de carbono e poder ser vetor de armazenamento de energia, viabilizando maior entrada de renováveis variáveis como a eólica, a solar, etc. Nesse sentido, o hidrogênio é um recurso com capacidade de promover o acoplamento dos mercados de combustíveis (inclusive transporte), elétrico, industrial e outros.

O hidrogênio pode significar também para o Brasil uma conexão entre as vantagens competitivas existentes e futuras. Isso porque o hidrogênio pode facilitar a migração de expertise tanto da indústria de O&G quando de biocombustíveis para um novo paradigma energético: a economia do hidrogênio. Essa migração passa também pela utilização progressiva de tecnologias de captura e sequestro de carbono (para produzir o hidrogênio azul), pelo uso de novas rotas tecnológicas de produção de hidrogênio (pirólise do gás natural ou hidrogênio turquesa), pela adoção conjunta de tecnologias renováveis, como a eólica offshore, a solar e a energia das ondas (para produzir também o hidrogênio verde), e pelo desenvolvimento do biorrefino para produção de HVO, bioquerosene e outros biocombustíveis. Essa transformação do portfólio de negócios da indústria de O&G contribuirá para a descarbonização, para segurança energética e para o desenvolvimento sustentável, evitando que cadeias industriais relevantes em diversos países desapareçam rapidamente, com efeitos socioeconômicos. A própria infraestrutura de dutos pode ter um papel fundamental na logística e no desenvolvimento do mercado de hidrogênio.

A indústria de biocombustíveis também poderá desenvolver novas capacitações e produtos para se integrar à economia do hidrogênio, como por exemplo, a geração de hidrogênio para células a combustíveis para o setor transporte. Similarmente, as indústrias nuclear e de resíduos também poderão se beneficiar da economia do hidrogênio. Ademais, há uma enorme expectativa acerca da viabilização da indústria do hidrogênio verde, com investimentos sendo anunciado em todo mundo (inclusive no Brasil), o qual é baseado na eletrólise da água a partir de renováveis, como a hidráulica, a eólica e a solar.

Por fim, ao delinear uma estratégia energética para o País, PNE 2050 estabeleceu um ponto de referência para reflexões e debates, que culminarão nas efetivas decisões tomadas ao longo do tempo, seja por agentes públicos e/ou privados. Acima de tudo, o planejamento, em mercado aberto e competitivo, visa identificar caminhos, oportunidades e desafios para balizar escolhas, restringindo espaços de grandes arrependimentos.

O papel do planejamento energético nacional não é mais de determinar discricionariamente ações para implementação de uma visão de futuro. Nesse novo contexto, é preciso que o planejamento amplie a transparência decisória, reduza as assimetrias de informação e dê clareza às implicações das escolhas, bem como contribua para a remoção de barreiras e para a identificação de oportunidades de negócios. O planejamento terá que contribuir, cada vez mais, para a formação de consensos entre agentes, partes interessadas e a sociedade em geral. Precisarà contribuir para que haja mais luz e menos calor, em benefício da sociedade brasileira.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O planejamento energético é afetado, em seus objetivos e instrumentos, pelo arcabouço institucional, legal e regulatório vigente, bem como pela estrutura socioeconômica, pelo padrão tecnológico e pelas relações da sociedade com o meio ambiente.

Em um contexto de mercado competitivo aberto, com maior diversidade de agentes e organização industrial, progressivamente, desverticalizada, o planejamento requer novas abordagens com um foco cada vez mais em como preparar o setor energético para lidar melhor com a competição, as inovações e novas soluções e modelos de negócios, bem como permitir que seus benefícios sejam aproveitados pela sociedade e mais bem harmonizados com o meio ambiente. Não se trata apenas de prever o futuro ou traçar cenários sobre as novas dinâmicas, mas também de preparar o setor energético para obter o melhor dessas dinâmicas que vão se conformando.

Ademais, nesse novo contexto, é preciso que o planejamento amplie a transparência decisória, reduza as assimetrias de informação e comunique-se de forma clara, objetiva e democrática a fim de contribuir para o entendimento das escolhas realizadas no presente e suas implicações sobre o futuro. Não menos importante, o planejamento tem o papel, cada vez maior, de contribuir para formação de consensos entre agentes, partes interessadas e a sociedade em geral.

A transição energética, como toda mudança, traz desafios e oportunidades. Nesse sentido, é conveniente identificar e promover oportunidades de negócios associados às vantagens competitivas do Brasil, bem como desenvolver novas vantagens custo-efetivas. Por estar relacionada à economia de baixo carbono, a nova transição energética oferece grandes oportunidades para o país. Contudo, para que seja possível potencializar os benefícios da transição há o desafio de buscar o alinhamento estratégico para garantir um ambiente de negócios atrativo e inovador, com capital humano preparado para superar os desafios do novo paradigma tecnológico. Consequentemente, é preciso desenvolver a capacitação em desafios relacionados à digitalização, automação, conectividade, segurança cibernética, mercados competitivos, inovações, eficiência, avaliações socioambientais, etc.

Não pode ser menosprezado tampouco que o Brasil tem relações diplomáticas e econômicas amplas, mantendo alianças e redes estratégicas com muitos países. Tal característica confere ao País margem para estabelecer parcerias e projetos em diferentes áreas e com países distintos, dotando-o com estratégias abrangentes, flexíveis e adaptáveis. O Brasil tem relações econômicas internacionais importantes nas cadeias industriais de petróleo e gás natural, biocombustíveis e energia elétrica, bem como tem estruturado aproximações relevantes na cadeia do hidrogênio. Tais relações são ativos geopolíticos para a transição energética, gerando diversidade de caminhos e graus de liberdade nas escolhas estratégicas.

A estratégia do Brasil precisa considerar o aproveitamento das vantagens competitivas existentes para construir as vantagens competitivas do amanhã, bem com assegurar a flexibilidade e a adaptabilidade necessárias na sua trajetória de transição energética a fim de permitir eventuais correções de rumos e/ou aprimoramentos que se revelem importantes. Diante de incertezas, apostas em trancamento tecnológico e em escolhas de políticas energéticas específicas podem ter reorientações muito custosas no futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-SUNAYDY, A.; GREEN, R. Global Electricity deregulation in OECD countries, *Energy*, 31: 769–787. 2006.

APDC – Asian and Pacific Development Centre. Integrated Energy Planning: A Manual. Kuala Lumpur: APDC. 1985.

BAJAY, S. V. Integrating competition and planning: A mixed institutional model of the Brazilian electric power sector, *Energy*, 31: 865–876. 2006.

BORENSTEIN, S.; BUSHNELL, J. Electricity restructuring: Deregulation or reregulation? *Regulation*, 23, 2; ABI/INFORM. 2000.

DRAIBE, S. Rumos e Metamorfoses: Um Estudo sobre a Constituição do Estado e as Alternativas da Industrialização no Brasil 1930-1960. Rio de Janeiro: Paz e Terra. 1985.

EPE. Balanço Energético Nacional 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020>. Acesso em: 18 abr. 2021.

EPE. Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio. Nota Técnica EPE (No EPE-DEA-NT-003/2021). 2021b. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/nota-tecnica-bases-para-a-consolidacao-da-estrategia-brasileira-do-hidrogenio>. Acesso em: 18 abr. 2021.

EUROPEAN UNION. Creating Value through Open Data: Study on the Impact of Re-use of Public Data Resources. European Data Portal. 2015. Disponível em: https://www.europeandataportal.eu/sites/default/files/edp_creating_value_through_open_data_0.pdf. Acesso em: 18 abr. 2021.

FATTOUH, B., POUDINEH, R.; WEST, R. The rise of renewables and energy transition: what adaptation strategy for oil companies and oil-exporting countries? Oxford Institute for Energy Studies. 2018.

FOUQUET, R. Historical energy transitions: Speed, prices and system transformation, *Energy Research & Social Science*, 22: 7–12. 2016.

HYDROCARBON PROCESSING. Digitalization for the refinery and plant of the future, in: Special Focus: Refinery of the future. 2018. Disponível em: <https://www.hydrocarbonprocessing.com/magazine/2018/july-2018/special-focus-refinery-of-the-future/digitalization-for-the-refinery-and-plant-of-the-future>. Acesso em: 18 abr. 2021.

IEA. Workshop on the role of the renewable and hydrocarbon nexus in accelerating the energy transition. 2018. Disponível em: <https://www.gotcp.net/copy-of-2-day-workshop-in-brussels->. Acesso em: 18 abr. 2021.

JAMASB, T. Between the state and market: Electricity sector reform in developing countries, *Utilities Policy*, 14: 14–30. 2006.

JANNUZZI, G. M. e SWISHER, J. N. P. Planejamento integrado de recursos energéticos: meio ambiente, conservação de energia e fontes renováveis. Campinas: Autores Associados. 1997.

JONG, E. de; JUNGMEIER, G. Chapter 1 - Biorefinery Concepts in Comparison to Petrochemical Refineries, in: PANDEY, Ashok; HÖFER, Rainer, TAHERZADEH, Mohammad; NAMPOOTHIRI, K. Madhavan; Larroche, Christian (Editors). *Industrial Biorefineries & White Biotechnology*. Elsevier: 3-33, 2015.

KLAUSE, B. The future of Sustainable Refineries Exploring Pollution and the Environmental Impacts Associated with Petroleum Refining. 2017. Disponível em: <http://scalar.usc.edu/works/petroleum-refineries-and-the-future/the-future-of-sustainable-refineries>. Acesso em: 18 abr. 2021.

KLEIN, B. C.; CHAGAS, M. F.; JUNQUEIRA, T. L.; REZENDE, M. C. A. F.; CARDOSO, T. F.; CAVALETT, O.; BONOMI, A. Techno-economic and environmental assessment of renewable jet fuel production in integrated Brazilian sugarcane biorefineries, *Applied Energy*, 209: 290-305. 2018.

KÜFEOĞLU, S.; LIU, G.; ANAYA, K.; POLLITT, M. Digitalisation and New Business Models in Energy Sector”. 2019. <https://doi.org/10.17863/CAM.41226>. Acesso em: 18 abr. 2021.

LEITE, A. D. A Energia do Brasil. Rio de Janeiro: Elsevier. 2007.

MCKINSEY. Open data: Unlocking innovation and performance with liquid information. 2013. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/open-data-unlocking-innovation-and-performance-with-liquid-information>. Acesso em: 18 abr. 2021.

MME-EPE. Plano Nacional de Energia 2050. Brasília: Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050>. Acesso em: 18 abr. 2021.

MME-EPE. Plano Decenal de Expansão de Energia 2030. Brasília: Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. 2021a. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2030>. Acesso em: 18 abr. 2021.

PINTO Jr., H. Q. (Org.) Economia da energia: fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial. Rio de Janeiro: Elsevier. 2007.

PIRA. Commercial Exploitation of Europe's Public Sector Information. Final Report for the European Commission, Directorate General for the Information Society. 2000. Disponível em: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/commercial-exploitation-europes-public-sector-information-pira-study-full-report>. Acesso em: 18 abr. 2021.

PIRES, J. C. L.; GIAMBIAGI, F.; SALES, A. F. As perspectivas do setor elétrico após o racionamento, Textos para Discussão 97, Rio de Janeiro: BNDES. 2002.

SHOJAEDDINI, E.; NAIMOLI, S.; LADISLAW, S.; BAZILIAN, M. Oil and gas company strategies regarding the energy transition - Topical Review, Progress in Energy, 1 (1). 2019.

SMIL, V. Energy Transitions: History, Requirements, Prospects. Santa Barbara: Praeger/ABC CLIO. 2010.

SMIL, V. Energy Transitions, in WEF. Energy Vision 2013 Energy transitions: Past and Future. Geneve: World Economic Forum. 2013.

SMIL, V. What we need to know about the pace of decarbonization, Substantia, 3(2): 13-28. 2019.

SOVACOOOL, B. K. How long will it take? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions, Energy Research & Social Science, 13: 202-215. 2016.

STIGLITZ, J. E. The revolution of information economics: the past and the future. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research (NBER Working Paper Series: Working Paper 23780). 2017.

TAYLOR, G. Biofuels and the biorefinery concept, Energy Policy, 36 (12): 4406-4409. 2008.

TOLMASQUIM, M. T. Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro. Rio de Janeiro: Synergia. 2011.

TOLMASQUIM, M. T.; PINTO Jr., H. Q. Orgs. Marcos Regulatórios da Indústria Mundial do Petróleo. Rio de Janeiro: Synergia. 2011.

ZHONG, M.; BAZILIAN M. D. Contours of the energy transition: Investment by international oil and gas companies in renewable energy, The Electricity Journal, 31 (1): 82-91. 2018.