



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO



PNE 2050

PLANO NACIONAL DE ENERGIA



VERSÃO PARA
CONSULTA PÚBLICA



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Questões Transversais

Vários fatores devem ter sua influência analisada e considerada no planejamento energético de longo prazo em um contexto de grandes transformações. Estas, por sua vez, têm sido frequentemente associadas à chamada transição energética, caracterizada especialmente pela descarbonização das matrizes energéticas em resposta à questão das mudanças climáticas, pela descentralização dos recursos energéticos e pela maior digitalização na produção e uso da energia. Além disso, o próprio papel do consumidor também está se alterando como resultados dos avanços tecnológicos e novos modelos de negócios. Nesse sentido, a evolução da pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) tem o condão de acelerar a inserção do País nas transformações tecnológicas que se esperam para o horizonte do PNE 2050.

Os fatores descritos acima foram agrupados nas chamadas questões transversais que condicionam (e, em certos casos, são condicionadas) a expansão da produção e uso de energia no Brasil. As questões transversais abordadas são esquematicamente ilustradas na Figura 17.

Nesta seção, cada questão transversal é apresentada, de forma breve, em seu contexto geral, buscando as relacionar às políticas energéticas vigentes afetadas por cada questão. Na sequência, são apresentados os principais desafios ligados à questão que poderiam afetar o desenho da estratégia de atuação no longo prazo do tomador de decisão no setor de energia, cujos principais contornos são relacionados nas recomendações sugeridas. É importante destacar que esta relação de desafios é feita de acordo com o recorte do tomador de decisão no setor de energia, já que há outras implicações e recomendações para cada um desses temas que ultrapassam a sua área de atuação. Por fim, o mapa do caminho representa esquematicamente a associação entre os desafios listados e as recomendações sugeridas para as questões transversais. As recomendações são repartidas pelas próximas décadas sugerindo, dessa maneira, o prazo estimado necessário para que o plano de ação associado possa atingir a maturidade em termos de execução.



Figura 17 - Questões transversais abordadas

Transição Energética

O conceito de transição energética é associado a mudanças significativas na estrutura da matriz energética primária mundial. Caracteristicamente, as transições energéticas são processos complexos, podendo haver variações de estágio e de ritmo das transformações em diferentes países, regiões ou localidades. Ou seja, em geral, não se trata de um processo linear e de ruptura, mas de longa coexistência entre a fonte que a caracteriza e as fontes que são progressivamente substituídas. Fatores que envolvem transição de infraestrutura de produção, transporte e utilização de energéticos, são alguns que explicam a lenta transição de sistemas energéticos em nível mundial. O atual processo de transição energética tem sido embasado por condicionantes como desenvolvimento sustentável, mudanças climáticas e inovações tecnológicas associadas à eletrônica e à entrada na era digital.

Assim, o processo de transição energética vigente consiste em um processo de transformações em direção a uma economia de baixo carbono e menor pegada ambiental. 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 (sobretudo renováveis e o gás natural como combustível de transição), bem como à eletrificação em processos de conversão de energia. Ademais, tal processo ocorre associado à maior automação e digitalização de processos, controles e serviços, possibilitando tanto o aumento da eficiência como a maior participação de fontes renováveis não-despacháveis (e.g., eólica e solar).

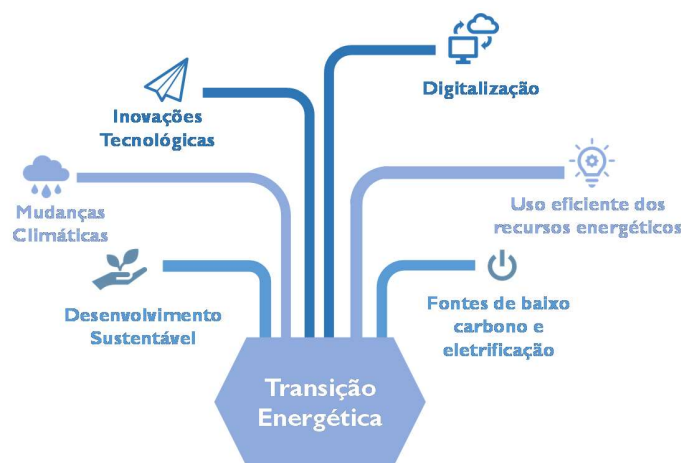


Figura 18 - Base da transição energética

Cabe ressaltar que as mudanças na matriz energética primária consistem apenas na parte diretamente mais perceptível das transições energéticas. Isto porque as transições energéticas implicam também em profundas alterações na base tecnológica dos conversores (a máquina térmica associada ao carvão mineral; os motores a combustão interna, as turbinas aeronáuticas e a gás etc.), nos padrões de consumo e nas relações socioeconômicas e ambientais. A digitalização poderá inclusive evitar a movimentação física de bens e serviços, substituindo em parte fluxos de transporte por fluxos de informação e dados (atividades remotas, impressão 3D, etc.). Essas transformações podem retroalimentar mudanças nas relações socioeconômicas e ambientais via alterações nos fluxos de comércio e nos padrões de consumo das sociedades.

Tais transformações, que acompanham as transições energéticas, trazem também implicações para a geopolítica da energia, ao alterar as correlações de força entre os países ou regiões e seus respectivos *stakeholders*. As modificações impactam produtores e consumidores da fonte primária hegemônica e suas cadeias tecnológicas associadas, bem como o leque de bens e serviços produzidos a partir dessa base tecnológica ou que lhe sejam relacionados. Ademais, redistribuem impactos sobre o meio ambiente e sobre a sociedade e sua apropriação de riqueza.

Em suma, as transições energéticas envolvem diversas dimensões e trazem transformações amplas nos sistemas socioeconômicos e em suas relações com o meio ambiente. Ademais, tal processo é complexo e usualmente longo. A nova transição energética terá como base a eletrificação (sobretudo renovável), os biocombustíveis, a eficiência energética (catalisada pela digitalização) e o gás natural. Em particular, o gás natural terá o papel de integrar os paradigmas tecnológicos dos combustíveis fósseis e das renováveis ao viabilizar uma maior introdução de fontes renováveis não despacháveis no setor elétrico. Os biocombustíveis terão destaques, sobretudo naqueles mercados em que o processo de eletrificação enfrentar maiores desafios. As baterias, se ampliarem sua competitividade, também terão um papel fundamental nessa nova transição, sobretudo para garantir a confiabilidade do sistema no setor elétrico. No setor transporte, as baterias também poderão ter um papel relevante, mas terão que disputar mercado, no curto prazo, com os combustíveis e biocombustíveis e, no longo prazo, se alcançada a comercialidade, com o hidrogênio em veículos elétricos a célula combustível.

Políticas em Vigor para o Setor de Energia

Não há políticas específicas para transição energética no Brasil, mas há uma série de políticas que afetam e favorecem a transição energética. Nesse sentido, as seguintes políticas e instrumentos associados à temática da transição energética têm implicação sobre a expansão do setor de energia:

1. Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC, Lei 12.187 de 2009: define o compromisso nacional voluntário de redução de 36,1% a 38,9% das emissões projetadas até 2020. O decreto 7.390/10, que regulamenta a PNMC, instituiu o PDE como o plano setorial de mitigação e adaptação à mudança do clima do setor de energia.
2. Contribuição Nacionalmente Determinada – NDC: compromisso de reduzir, em 2025, as emissões de GEE em 37% e, em 2030, a indicação de reduzir em 43%, tendo o ano de 2005 como referência. Tais medidas consideram todo o conjunto da economia (abordagem *economy-wide*) em território nacional, não havendo uma distribuição formal da contribuição de cada setor específico.
3. Política Nacional de Biocombustíveis – RenovaBio, Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017: dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. Busca incrementar a produção e a participação dos biocombustíveis na matriz de combustíveis do Brasil, colaborar com previsibilidade para a participação competitiva dos diferentes biocombustíveis no mercado nacional de combustíveis e cooperar para o atendimento aos compromissos do Brasil no âmbito do Acordo de Paris sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.
4. Novo Mercado de Gás, Decreto nº 9.616/2018 (que altera o Decreto nº 7.382/2010), Resolução CNPE nº 16/2019, Termo de Compromisso de Cessação – TCC Petrobras-CADE, Ajuste SINIEF/CONFAZ nº 03/2018, Decreto nº 9.934/2019: esses instrumentos e o detalhamento regulatório da ANP e das agências reguladoras estaduais dão substância ao Programa Novo Mercado de Gás, que visa estabelecer um mercado de gás natural mais aberto, diversificado, competitivo e eficiente para promover investimentos na expansão da infraestrutura e o aumento do uso do gás natural no Brasil.
5. Modernização do Setor Elétrico, Consulta Pública nº 33/2017 (Aprimoramento do marco legal do setor elétrico), Portaria nº 187/2019, PLS 232/2016 e PL 1.917/2015: almeja aprimorar as propostas que viabilizem a Modernização do Setor Elétrico fundamentados nos pilares da governança, da transparência e da estabilidade jurídico-regulatória. Em particular, objetiva ampliar a competição, reduzir os subsídios e distorções na formação de preços, promover o mercado livre, permitir a alocação adequada de custos e riscos, facilitar a incorporação de inovações tecnológicas no setor elétrico, bem como incorporar apropriadamente recursos energéticos distribuídos no sistema elétrico.

Além disso, o seguinte conjunto de políticas, programas, iniciativas e ações também se relaciona indiretamente ao tema da transição energética: Programa de Apoio à Renovação e Implantação de Novos Canaviais – PRORENOVA, Programa de Apoio ao Setor Sucroalcooleiro – PASS, Plano Conjunto de Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico – PAISS, Mistura de etanol anidro (Lei nº 8.723/1993; Lei nº 13.033/2014), Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel – PNPB (Lei nº 11.097/2005; Lei 13.263/2016; Resolução CNPE nº 23/2017),

Geração Distribuída (Resoluções Normativas ANEEL 482/2012, 687/2015 e 786/2017 e **Lei nº 13.203/2015**), Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE (Resolução CONAMA nº 18/1986; Lei nº 8.723/1993), Eficiência Energética (Lei 9.991/2000, Lei nº 10.295/2001; Decreto nº 4.059/2001; Plano Nacional de Eficiência Energética, Lei 13.280/2016), Leilões de renováveis, Rota 2030 (Lei nº 13.755/2018).

Desafios para o Tomador de Decisão no Setor de Energia

1. *Desenho de mercado e arcabouço regulatório e institucional atuais não potencializam a transição energética*
Deve-se reconhecer que as novas tecnologias enfrentam, com frequência, barreiras não-econômicas como escassez de informação, aversão ao risco tecnológico, falta de previsão regulatória ou restrições/normas associadas ao paradigma tecnológico anterior (por exemplo, exigências de renovação periódica de frota de ônibus ou de equipamentos de controles de poluentes não aplicáveis).
2. *Incertezas crescentes sobre as condicionantes de evolução do setor*
Os processos de inovação em curso apontam para uma nova revolução industrial (assim chamada indústria 4.0), que envolve eletrificação, automação, conectividade e renovabilidade/descarbonização. Não obstante, ainda que promissoras, muitas dessas inovações enfrentam desafios econômicos e competitivos, sendo necessário monitorar sua dinâmica de preços e de penetração no mercado. É fundamental monitorar as diversas incertezas (tecnológicas, econômicas e ambientais), evitando construir trajetórias muito rígidas que impliquem em risco de arrependimento. Isto porque esta abordagem pode se revelar inadequada após as mudanças de condicionantes, ou trazer custos elevados de correção ou adaptação de trajetória.
3. *Multiplicidade de dimensões da Transição Energética*
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, etc. Destaca-se ainda, que a multiplicidade de dimensões envolvidas na promoção do processo de transição energética demanda esforço de coordenação de políticas setoriais de energia com aqueles referentes à esfera econômica, científico-tecnológica, educacional, industrial e ambiental, entre outras.

Recomendações

As recomendações se dividem naquelas que reforçam vantagens competitivas do Brasil e nas que desenvolvem novas vantagens e gerenciam as incertezas associadas à transição energética.

1. *Promover a sinergia de políticas públicas e desenhos de mercado associados*
É preciso promover políticas públicas e desenhos de mercado que guardem coerência entre si e, sobretudo, buscar suas sinergias, ampliando suas potências. O horizonte temporal das políticas públicas e seus balanceamentos podem contribuir para estabelecer a coerência. Por exemplo, o RenovaBio ao alterar os preços relativos de combustíveis fósseis e biocombustíveis (sobretudo nos veículos *flex-fuel*) permite, já no curto prazo, a redução da intensidade de carbono no setor de transporte, enquanto o Rota 2030, além de incentivar o aumento da eficiência veicular, poderá possibilitar o processo de eletrificação dos veículos no médio (desenvolvimento de modelos híbridos *flex*, etc.) e no longo prazo (desenvolvimento de modelos a célula combustível a partir de etanol, etc.). Similarmente, o aproveitamento das descobertas de petróleo e gás natural no Pré-sal e na bacia sedimentar Sergipe-Alagoas podem contribuir para criar as condições econômicas para viabilizar a transição energética. Além da geração de renda associada às atividades de O&G, o gás natural será fundamental para prover confiabilidade ao setor elétrico à medida que o percentual de fontes renováveis não-despacháveis cresça, e assim os efeitos da intermitência e da sazonalidade no sistema. Neste contexto é necessário alinhar o desenho de mercado, nos moldes do que vem sendo desenvolvido no Novo Mercado de Gás, para potencializar os benefícios em prol da transição energética. Ademais, a própria indústria de O&G tem sido uma das vias de transição energética no Brasil, ampliando seu escopo e ofertando não apenas petróleo, seus derivados e gás natural, mas também outras fontes de energia (renováveis). Outro ponto a

seguir perseguido é a promoção de sinergias entre políticas públicas. Por exemplo, a política de transporte de massa (VLT/metrô, ônibus, etc.), de uso de biocombustíveis (como o RenovaBio), de eletrificação de frotas cativas (corporativa, Uber, táxi, etc.) e de transportes não motorizados (bicicletas, patinetes, etc.) podem ser combinadas para gerar redução de poluição local em centros urbanos com bacias aéreas saturadas e, por conseguinte, os dispêndios de recursos financeiros com saúde pública.

2. *Adequar arranjos institucionais, regulatórios e de desenho de mercado apropriados para potencializar a transição energética*

A nova transição energética requererá aperfeiçoamentos nos arranjos institucionais, legais e/ou regulatórios tanto para internalizar nos preços de energia as externalidades ambientais quanto tornar o mercado mais aberto, diversificado, competitivo e ágil para lidar com as modificações das condições de mercado, em particular as relacionadas às inovações tecnológicas e aos requisitos de flexibilidade, confiabilidade, competitividade e robustez dos sistemas energéticos. Nesse sentido, a adequação dos arranjos deve-se endereçar os desafios e buscar o desenvolvimento de nichos de inovação a partir de ciclos que envolvem o estabelecimento da agenda, análise de impacto e a formulação de política.

3. *Desenvolver estratégias flexíveis para lidar com incertezas e baseadas nas vantagens competitivas do País, priorizando políticas sem arrependimento que evitem trancamento tecnológico*

O País deve aproveitar suas vantagens competitivas nas escolhas associadas à transição energética. Desprezará-las amplia os desafios e encarece a estratégia de reorientação. Não há rotas tecnológicas inequívocas na transição energética e nem certeza em relação ao momento de acelerar as transformações. Aproveitar as vantagens competitivas como base para desenvolver ou migrar competências é usualmente mais custo efetivo no longo prazo. Além disso, deve-se priorizar políticas sem arrependimento (*no-regret policies*), bem como evitar o trancamento tecnológico (*technology lock-in*). Em um ambiente de incertezas e transformações, definir uma rota tecnológica pode ser um risco. É mais adequado estabelecer políticas que promovam resultados e não as rotas tecnológicas para atingi-los. Isso porque a inovação pode trazer a superação de tecnologias específicas (*leapfrogging*). Por conseguinte, para evitar o risco de arrependimento e de trancamento tecnológico na transição energética, as políticas devem criar um ambiente de negócios que promovam a competição entre rotas tecnológicas, ao invés de promover uma rota específica.

4. *Reforçar alianças e redes estratégicas internacionais para desenvolver maior flexibilidade nas escolhas estratégias associadas a transição energética*

O Brasil tem relações diplomáticas e econômicas amplas, mantendo alianças e redes estratégicas com muitos países. Tal característica lhe confere ao País margem para estabelecer parcerias e projetos em diferentes áreas e com países distintos, dotando-o com estratégias abrangentes (diferentes segmentos de mercado), flexíveis e adaptáveis (pela pluralidade de ações). O Brasil tem relações econômicas internacionais importantes nas cadeias industriais de petróleo e gás natural, biocombustíveis e energia elétrica. Tal característica, que fortalece o País em termos geopolíticos, é um ativo relevante para a transição energética, gerando diversidade de caminhos e graus de liberdade nas escolhas estratégicas.

5. *Articular as políticas energéticas com políticas de CT&I e educação, desenvolvimento de novas capacitações e vantagens competitivas*

Desenvolver novas capacitações e vantagens competitivas não é tarefa simples. No contexto da transição energética é importante reforçar a ligação entre o planejamento energético nacional e o planejamento do sistema nacional de inovação, políticas de C&TI e educação, para que seja possível criar um ambiente de negócios favorável à inovação em mercados abertos e competitivos. A pressão competitiva e a abertura dos mercados a novos entrantes criam condições para que os resultados (produtos, processos e informações) das instituições de C&TI não só sejam colocados no mercado, mas também disseminem as inovações no mercado.

Mapa do Caminho - Transição Energética

Desafios	Recomendações		
	2020 - 2030	2030 - 2040	2040 - 2050
<i>Desenho de mercado e arcabouço regulatório e institucional não potencializam a transição energética</i>	<i>Promover a coerência e a sinergia de políticas públicas e desenhos de mercado</i> <i>Adequar arranjos institucionais, regulatórios e de desenho de mercado apropriados para potencializar a transição energética</i>		
<i>Incertezas crescentes sobre condicionantes de evolução do setor</i>	<i>Desenvolver estratégias flexíveis para lidar com incertezas e baseadas nas vantagens competitivas do País, priorizando políticas sem arrependimento que evitem truncamento tecnológico</i> <i>Reforçar alianças e redes estratégicas internacionais para desenvolver maior flexibilidade nas escolhas estratégias associadas a transição energética</i>		
<i>Transição Energética tem dimensões múltiplas (desenvolvimento, educação, trabalho)</i>	<i>Articular políticas energéticas com políticas de CT&I e educação, desenvolvimento de novas capacidades e vantagens competitivas</i>		

Mudanças Climáticas

Ao longo do relatório do PNE 2050, será usada a definição da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCC - 1992) na qual a mudança climática é caracterizada como uma alteração “direta ou indiretamente atribuída à atividade humana, alterando a composição da atmosfera mundial, e que seja adicional àquela provocada pela variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis de tempo”.

Em relação aos efeitos associados às mudanças climáticas, duas grandes linhas de ação podem ser estabelecidas: esforços de mitigação e de adaptação. O primeiro tem a finalidade de limitar as emissões de GEE pelas atividades humanas, enquanto o segundo admite que será necessário se adaptar em algum grau, restando saber quais serão as possíveis alterações locais, temporais, e quais as melhores soluções para contornar os problemas que poderão surgir em cada caso.

Na questão da mitigação, o Brasil se destaca por possuir uma matriz energética com grande participação de fontes renováveis. As emissões de GEE do setor de energia por unidade de energia consumida no Brasil são pequenas, comparativamente a outros países. No entanto, espera-se que, a partir de uma perspectiva de crescimento econômico sustentável no longo prazo associada à redução do nível de pobreza, haja um aumento do consumo energético per capita. Nesta situação, as emissões do setor de energia, em termos absolutos, serão crescentes no horizonte de 2050.

Já na questão da adaptação, são necessárias avaliações mais complexas, pois envolvem mais incertezas e os desafios são maiores. Entende-se que é necessário avançar principalmente em aprofundar o entendimento sobre as incertezas associadas. Como a questão da mitigação será mais detalhada na seção sobre Descarbonização, relacionam-se aqui as observações mais afeitas à questão da adaptação.

Políticas em Vigor para o Setor de Energia

As políticas relacionadas diretamente às mudanças climáticas com implicação sobre a expansão do setor de energia são a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) e a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC). Além disso, outras políticas, programas, iniciativas e ações relacionam os temas energia e mudanças climáticas, como: a Política Nacional de Biocombustíveis (Renovabio), o Plano Nacional de Eficiência, os Leilões de renováveis, o Programa Rota2030, etc.

Desafios para o Tomador de Decisão no Setor Energético

1. Incertezas sobre o efeito de mudanças climáticas na oferta de energia

Por contar com grande participação de fontes renováveis, variações nos padrões de temperatura, precipitação, vento e insolação ao longo do território nacional, além dos possíveis danos ocasionados por eventos extremos, como secas, enchentes e furacões, podem impactar a disponibilidade dos recursos renováveis e a oferta de energia. É necessário que tanto os empreendimentos quanto a infraestrutura de energia revisem sua vulnerabilidade a tais fenômenos e assegurem que a matriz elétrica seja mais resiliente aos mesmos. Em termos dos estudos do PNE 2050, as informações disponíveis até o momento carecem de maior compreensão dos possíveis efeitos de mudanças climáticas. Tão logo sejam conhecidos e mensurados, será necessário proceder à alteração nos potenciais de recursos inventariados (inventários hidrelétricos de bacias hidrográficas, atlas eólicos, etc.)

2. Garantia da segurança do abastecimento em eventos extremos relacionados às mudanças climáticas

Uma matriz elétrica cada vez menos emissora de GEE e renovável implica uma participação cada vez maior de fontes não-controláveis que, de forma geral, são mais vulneráveis às mudanças climáticas. O setor tem como desafio garantir a segurança do sistema e buscar soluções alternativas às fontes emissoras.

Recomendações

1. *Aprimorar e ampliar a base de informação, ferramentas computacionais e metodologias.*

A melhoria dos sistemas de dados é essencial para aprimorar a abordagem das mudanças climáticas no planejamento. Enquanto os modelos têm evoluído rapidamente, o levantamento de dados mais desagregados ainda é deficiente, tanto pela insuficiência quanto pela precisão. Por fim, a ampliação de base de informação está relacionada com perspectiva do *big data*, automação e maior digitalização, permitindo coletar informação em tempo real. As pesquisas sobre adaptação não estão no mesmo estágio de maturidade daquelas que lidam com a questão da mitigação. Apesar da evolução, a previsão climática de longo prazo por meio de modelos matemáticos ainda apresenta muitas incertezas, limitando muitas vezes o uso dos seus resultados em processos decisórios importantes. Adicionalmente, estudos preditivos do clima tendem a concordar com um aumento na frequência de eventos extremos, o que também pode afetar a infraestrutura energética existente e planejada. Dessa forma, é necessário articular com institutos e agentes responsáveis pela previsão climática para aprimorar a abordagem dos seus desdobramentos sobre o planejamento e operação do setor.

2. *Aumentar articulação com outros planos e políticas setoriais*

É necessário aumentar a integração com outros planos setoriais (Indústria, transporte e mobilidade, mineração de baixo carbono e agricultura de baixo carbono) que tratam dos impactos das mudanças climáticas como forma de aumentar a obtenção de benefícios sistêmicos.

3. *Criar plano de mitigação de riscos relativos à segurança do abastecimento em caso de eventos extremos*

Os impactos decorrentes de alta participação de fontes renováveis variáveis precisam ser bem avaliados em termos de segurança do abastecimento. São ainda necessárias, em particular, as seguintes atividades: (i) Avaliar os impactos eletroenergéticos em termos de grau de complexidade do planejamento e execução da operação por conta de efeitos de mudanças climáticas sobre disponibilidade de energia; (ii) Fomentar estudos envolvendo cenários extremos.

Mapa do Caminho - Mudanças Climáticas

Desafios	Recomendações		
	2020 - 2030	2030 - 2040	2040 - 2050
<i>Incertezas sobre o efeito de mudanças climáticas na oferta de energia</i>	<i>Aprimorar e ampliar base de informação, ferramentas computacionais e metodologias</i>		
	<i>Aumentar articulação com outros planos setoriais</i>		
<i>Garantia da segurança do abastecimento em eventos extremos relacionados às mudanças climáticas</i>	<i>Criar plano de mitigação de riscos relativos à segurança do abastecimento em caso de eventos extremos</i>		

Descarbonização

A redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e da intensidade de carbono da economia têm sido apontados como os principais objetivos associados a uma transição para uma economia de baixo carbono, definida como aquela que possui uma produção mínima de GEE na biosfera, com baixo consumo de energia, baixa poluição ambiental e baixas emissões de carbono. Entretanto, existem diversos caminhos possíveis para atingimento destes objetivos. Usualmente, os países buscam concentrar seus esforços de descarbonização sobre uma estratégia que melhor se adeque aos seus contextos e represente vantagens em termos socioeconômicos e ambientais.

A construção de uma estratégia de descarbonização deve considerar diversos aspectos, que podem ser agrupados nas seguintes dimensões principais:

1. *Energética*: Uma política energética consistente para descarbonização deve priorizar a busca por fontes não-emissoras e por maior eficiência energética.
2. *Ambiental*: O aproveitamento dos recursos energéticos deve minimizar os impactos socioambientais e respeitar a legislação vigente.
3. *Econômica*: As estratégias de descarbonização adotadas usualmente pelos países são associadas às trajetórias que atendam às suas respectivas prioridades econômicas.
4. *Tecnológica*: Os países buscam trajetórias de descarbonização que estejam adequadas às potencialidades locais e seus contextos industriais e de desenvolvimento tecnológico.

O conceito de descarbonização da economia tem sido associado, no que tange aos setores energéticos, à ideia de uma transição energética, que por sua vez abrange todos os esforços para a redução de intensidade de carbono por meio da internalização das externalidades das emissões de CO₂. Da mesma forma que o conceito amplo de descarbonização da economia, a transição energética pode ser efetivada sobre inúmeras possibilidades de arranjos tecnológicos e busca se adequar às necessidades regionais de infraestruturas de transporte e de mobilidade características das matrizes energéticas e das redes.

Políticas e Mecanismos

Muitos mecanismos existentes no Brasil lançaram bases para o processo de transição para uma economia de baixo carbono. Neste processo destacam-se os mecanismos mandatórios e de mercado para incentivar uma maior inserção de fontes renováveis na matriz energética, além de mecanismos de financiamento, entre eles, os mercados de títulos verdes, para viabilizar a entrada e a ampliação das fontes renováveis pelo lado da oferta e aumentar a eficiência pelo lado da demanda.

No contexto brasileiro do setor elétrico, os diversos mecanismos para redução de emissões se voltaram historicamente para as fontes e oferta de energia, com algumas exceções. Estas ações resultaram em uma matriz elétrica predominantemente renovável. No passado mais recente, destacam-se o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), Leilões de fontes alternativas e de reserva, o *net metering* (Sistema de Compensação de Energia, normatizado pela Resolução ANEEL nº 482/2012) e Programas de Eficiência Energética da ANEEL (PEE) e Selo PROCEL. Cabe destacar que, em muitos casos, os mecanismos não tinham o objetivo inicial de reduzir emissões.

No âmbito dos combustíveis, o Brasil estabeleceu diversas políticas de incentivo à produção e uso de biocombustíveis, como o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), o Programa Nacional do Alcool (PROALCOOL), na década de 1970, e, mais recentemente, o RenovaBio. Desta forma, o País tem se colocando entre os maiores produtores e consumidores de biocombustíveis no mundo. Destaca-se que estas políticas foram impulsionadas por questões de segurança energética, principalmente, e ambientais relativas ao aquecimento global. Ressalta-se, ainda, o Programa Rota 2030 - Mobilidade e Logística, lançado em 2018, que estabelece uma série de obrigações de eficiência energética, segurança e sustentabilidade para o setor automotivo, tendo como contrapartida benefícios tributários, para os aderentes ao programa.

Desafios para o Tomador de Decisão no Setor de Energia

1. *Manutenção da elevada participação de fontes não-emissoras na matriz energética*

As políticas públicas adotadas pelo Governo Federal ao longo dos anos, associadas às condições naturais do país, possibilitaram que o Brasil apresentasse uma grande participação de fontes energéticas renováveis (45% em 2018), que apresentam baixa emissão. Destacam-se a fonte hidráulica, os derivados da cana, assim como o crescimento da participação de fontes renováveis de alta variabilidade, como a eólica e a solar, nos últimos anos. Desta forma, o desafio é manter o aproveitamento dos recursos renováveis do país, mantendo a alta renovabilidade da matriz nacional, visto que é uma das opções mais promissoras para um futuro energético de baixo carbono.

2. *Construção de desenho para a transição para economia de baixo carbono*

Em resposta à vasta gama de oportunidades à sua disposição, ainda que com custos e benefícios bastante variados, cabe ao Brasil escolher as ações mais custo-efetivas, evitando apostas concentradas aparentemente mais promissoras, mas que podem levar ao risco de trancamento tecnológico, quando se deixa de investir em soluções alternativas potencialmente superiores. Dessa forma, o desenho da transição para economia de baixo carbono deve almejar ser vantajoso, abrangente e inclusivo, mantendo os preceitos de segurança energética, de forma a incorporar novas alternativas que reduzam a intensidade de carbono na economia, tais como eficiência energética, resposta da demanda, recarga inteligente, *smart grid*, além de considerar o uso de biocombustíveis, as possibilidades de eletrificação dos transportes e o desenvolvimento de cidades inteligentes.

Recomendações

1. *Produzir curva de custo de abatimento de emissões de GEE*

No sentido de atender aos compromissos internacionais (ainda que não vinculantes) e priorizar a competitividade da economia nacional, é relevante realizar um inventário das atividades, em todos os setores, para confirmar seus potenciais de contribuição e os custos de transação. O objetivo é assegurar a efetiva noção das medidas capazes de remover as barreiras que atualmente impedem a implantação das atividades de mitigação de baixo custo, em particular, ações de eficiência energética, que reduzem o consumo e os gastos com energia.

2. *Promover contínua avaliação de alternativas para o posicionamento nacional em negociações internacionais sobre combate às mudanças climáticas.*

Reforçar os estudos do Plano Nacional de Energia como instrumento de revisão e aperfeiçoamento contínuos da estratégia de longo prazo para descarbonização do setor energético brasileiro no longo prazo, tomando em consideração o as trajetórias mais custo-efetivas para o país, observando diretrizes estratégicas de longo prazo. Avaliar a combinação de instrumentos tais como Comando e Controle (normas, padrões etc.), Incentivo ao Mercado (precificação do carbono, comércio de certificados de emissão), além de políticas diferenciadas em termos tributários e de financiamento.

3. *Monitorar as políticas de mitigação para o setor de energia*

Estabelecer monitoramento das políticas públicas voltadas à descarbonização da matriz energética brasileira, provendo insumos para avaliação de efetividade das mesmas e identificando pontos de ajuste.

4. *Estruturar novos produtos, fomentar ações de eficiência energética e inovação relacionados com mitigação*

O Renovabio é um exemplo de criação de novos produtos, como o Crédito de Descarbonização (CBIO), com o intuito de obter a gradual descarbonização da matriz energética por meio de mecanismos de mercado. No caso do setor elétrico, deve-se avaliar a estruturação de mecanismos de mercado que viabilizem matriz elétrica ainda menos emissora, como certificados de energia limpa. Adicionalmente, deve-se buscar desenvolver mecanismos que potencializem a adoção de medidas de eficiência energética, haja vista a boa relação custo-benefício para mitigação de emissões. Nesse sentido, implementar e fomentar as ações preconizadas pelo Plano Nacional de Eficiência Energética.

Além disso, deve-se buscar inserir planejamento com redes de pesquisa e inovação sobre o tema, além de aprimorar o modelo regulatório e comercial na direção de induzir as escolhas dos agentes que levem à maior eficiência na produção e consumo de energia por meio de inovações (tecnológicas, de processo, de mercado ou regulatórias) que estejam condizentes com estratégias de adaptação.

5. *Mapear as iniciativas, banco de informações e riscos associados à transição para economia de baixo carbono*
Entende-se como necessário o mapeamento de políticas, planos e programas capazes de contribuir para uma transição energética. Este mapeamento abrangente pode orientar ações para internalização das externalidades relativas à emissão de carbono. A elaboração de mapa dos riscos e o apoio ao desenvolvimento de ações necessárias para a implementação da transição para economia de baixo carbono são desejáveis e monitoramento dos seus resultados.
6. *Articular com outros setores e tomadores de decisão na área para garantir a coerência e consistência das políticas para implementação de medidas de descarbonização*
A economia de baixo carbono extrapola o setor de energia e implica transformações na estrutura produtiva. Importante haver uma sinergia entre as políticas energéticas e os demais setores para a condução do processo de descarbonização.

Mapa do Caminho - Descarbonização

Desafios	Recomendações		
	2020 - 2030	2030 - 2040	2040 - 2050
Manutenção da elevada participação de fontes não-emissoras na matriz energética	Produzir curva de custo de abatimento de emissões de GEE		
	Estruturar novos produtos, fomentar ações de eficiência energética e inovação relacionados com mitigação		
	Monitorar as políticas de mitigação para o setor de energia		
Construção de um desenho para a transição para economia de baixo carbono	Mapear as iniciativas, banco de informações e riscos associados à transição para economia de baixo carbono		Articular com outros setores e tomadores de decisões relacionados ao tema para garantir a coerência e consistência das políticas para implementação de medidas de descarbonização

Descentralização

Os fenômenos tecnológicos recentes como a digitalização, a internet das coisas e a inteligência artificial trazem impactos significativos sobre a sociedade e seus efeitos alterarão profundamente os transportes, a energia e a comunicação. Associado a estes fenômenos, verifica-se em todos os setores um processo de descentralização dos fluxos de informações, das decisões de investimento, da produção e provimento de serviços. A utilização de trabalho à distância por muitas categorias profissionais, em decorrência da crise do COVID-19, demonstrou o sucesso da infraestrutura existente, o que possibilita repensar a gestão desse ambiente virtual e seus efeitos quanto aos custos e benefícios do sistema presencial, podendo estimular a busca por moradias maiores e mais distantes, acarretando no espraiamento residencial e na descentralização do consumo.

Além dos recursos energéticos distribuídos (RED), com destaque para a geração fotovoltaica distribuída, tem-se a propagação de sistemas digitais que possuem autonomia para tomar decisões de forma descentralizada na chamada Indústria 4.0 e também a utilização do *blockchain*, que usa a descentralização como medida de segurança e potencializa a realização de transações *peer-to-peer*.

No setor elétrico, as novas possibilidades criadas pelas mudanças tecnológicas ampliarão de forma significativa a oferta de serviços. Além disso, permitirão que novos provedores de serviços, incluindo consumidores e prosumidores, tenham papel cada vez mais ativo sobre os sistemas energéticos. Este papel ativo dos agentes se manifestará em decisões descentralizadas, trazendo mais complexidade e desafios ao setor. Neste sentido, tanto o fluxo de informações, quanto as decisões de operação e de planejamento se tornarão mais descentralizados e impactarão significativamente o sistema atual.

A descentralização no setor elétrico pode ser analisada sob três dimensões:

- (i) Tecnológica, cujos desafios estão relacionados à complexidade para operação dos recursos de forma sinérgica,
- (ii) Desenhos de mercado, que tem como desafio a criação de um ambiente capaz de induzir à decisão eficiente dos agentes, e
- (iii) Novos negócios, cujos maiores obstáculos estão ligados ao papel da distribuição e ao surgimento de novos agentes. Assim, nos horizontes de médio e longo prazo, as três dimensões se desdobram nos seguintes desafios.

Embora a descentralização usualmente seja associada aos aspectos tecnológicos do setor elétrico, há também interfaces e dimensões de descentralização que envolvem outros setores, em particular, os biocombustíveis líquidos e o biogás em plantas de pequena escala, o que representa mudança de paradigma e uma descentralização para o setor de combustíveis. Esta descentralização pode ser especialmente relevante no contexto brasileiro, dado o grande potencial de aproveitamento dos resíduos urbanos e agrícolas. Além do setor agropecuário, vislumbra-se também um forte potencial para ampliação da produção de biogás e biometano a partir de resíduos urbanos, em modelos descentralizados, com benefícios que extrapolam os setores energéticos. Entretanto, a concretização destes cenários depende de outros fatores, como a competitividade dos recursos e superação de diversos desafios.

Desafios para o Tomador de Decisão no Setor de Energia

Setor Elétrico

1. Nova realidade de operação dos sistemas de distribuição

A inserção dos RED em um ambiente orientado aos requisitos implica uma maior quantidade de agentes e requer um papel cada vez mais proativo das distribuidoras na gestão e operação das redes. Por exemplo, a reformulação dos modelos de negócio pode envolver oferecimento de serviços “atrás do medidor” aos usuários das redes. Há também o desafio de criação de novos tipos de agentes, que desenvolverão um portfólio de serviços aos demais usuários das redes e às distribuidoras. O desafio de utilização eficiente dos recursos dependerá de troca de informações em tempo real entre distribuidoras, provedores, transmissoras e demais agentes.

2. *Valoração dos novos serviços de forma a maximizar os benefícios sistêmicos para o sistema elétrico*

O novo paradigma mais descentralizado implica a adequada sinalização econômica para os serviços capaz de induzir economicamente os novos investimentos em expansão de oferta de novos serviços e de estimular os consumidores a responderem ativamente, otimizando a operação e os custos. Destacam-se também os aspectos locacional e temporal diversos dos serviços elétricos. Assim, há o desafio de criar desenhos de mercados que permitam que o valor dos serviços reflita as restrições das redes e os momentos de escassez de recursos.

Setor de Combustíveis

3. *Redução de assimetrias de informação para engajamento de stakeholders*

Uma base de informações reduzida, assim como falta de divulgação adequada acerca da viabilidade e competitividade de projetos de pequena escala para biocombustíveis líquidos e biogás no contexto nacional, pode ser barreira relevante para o engajamento dos *stakeholders*, sobretudo dos potenciais agentes financiadores.

4. *Coordenação entre políticas públicas para potencializar projetos de pequena escala*

Dado que os potenciais benefícios ambientais e sociais da produção de biocombustíveis líquidos, biogás e biometano a partir de resíduos em pequena escala alcançam diversos setores, é necessário que as políticas setoriais e as estratégias nacionais estejam alinhadas para permitir o desenvolvimento do mercado, otimizando os recursos e potencializando os resultados. Por exemplo, arranjos capazes de alavancar a produção de biogás, biometano e biocombustíveis de pequenos produtores trazem o desafio de criação de modelos inovadores de negócio, que podem incluir agentes agregadores da oferta, e redesenho dos modelos de negócio relacionados aos serviços de transporte, por exemplo.

Recomendações

Setor Elétrico

1. *Definir a granularidade das informações entre distribuidoras, prossumidores e demais agentes.*

Com o aumento da descentralização dos recursos energéticos haverá uma necessidade crescente de troca de informações em tempo real entre os agentes para que seja possível orientar, através de sinais de preços, a utilização destes recursos de forma a maximizar os benefícios sistêmicos. Entretanto, no estágio atual de desenvolvimento do mercado, deve-se reconhecer que há um *trade-off* entre custos para a obtenção das informações desses agentes pulverizados e o nível de granularidade das informações trocadas entre os agentes. O surgimento de agentes agregadores poderá auxiliar nos desafios relacionados à granularidade das informações. De toda forma é desejável estabelecer um *roadmap* com expectativas sobre troca de informações em tempo real e o nível de granularidade necessárias para cada fase do desenho de mercado que se deseja obter, para ajudar os participantes a se prepararem para essas novas etapas.

2. *Separar os serviços de distribuição e comercialização em diferentes agentes, com novos modelos de remuneração para os serviços de distribuição.*

A separação destes serviços em diferentes agentes possibilita que a distribuidora possa focar nas atividades de operação, com vistas à sustentabilidade dos serviços de rede e a eficiência alocativa, em um modelo de remuneração dos serviços de distribuição que não seja vinculada à compra de energia. Atualmente, a remuneração dos serviços de distribuição é baseada no montante de energia consumida e nos investimentos realizados. O novo paradigma setorial introduz alguns recursos descentralizados que tendem a reduzir o mercado e também os investimentos tradicionais da distribuidora.

3. *Alcançar maior integração entre redes de transmissão e distribuição*

Da mesma forma que há o desafio da busca da eficiência por meio da gestão ativa na relação entre as provedoras de serviços de rede e seus prossumidores, há também desafios tecnológicos relacionados à integração entre provedores de serviços de distribuição e transmissão. Esta integração permitirá melhor aproveitamento das sinergias e coordenação nos sistemas, considerando que nesta nova realidade os tradicionais fluxos unidirecionais são substituídos por fluxos bidirecionais de energia.

4. *Criação de um mercado competitivo orientado aos requisitos dos sistemas em bases isonômicas*

A criação de um mercado competitivo e orientado ao atendimento dos requisitos permitirá a revelação dos valores dos serviços dos recursos. Esta, por sua vez, deve considerar aspectos locacionais e temporais de seu provimento e sinalizar sua expansão, inclusive dos RED o que reduziria tanto a necessidade de expansão da geração centralizada bem como o acionamento de usinas mais caras. Além disso, A existência de subsídios para fontes ou tecnologias específicas de forma persistente não é compatível com a criação de mercados orientados ao atendimento dos requisitos dos sistemas, pois distorce sinais econômicos.

5. *Criação de mecanismos de compromissos entre as partes para provimento de serviços*

O atendimento de requisitos por meio de recursos distribuídos pode requerer estabelecimento de compromissos entre consumidores, produtores e agregadores. Assim, há a necessidade de estabelecimento de obrigações, benefícios e penalidades para as partes, visando a otimização sistêmica.

Setor de Combustíveis

6. *Desenvolver roadmap para utilização de biometano*

Para que seja possível reduzir as assimetrias de informação e potencializar a inserção de projetos de pequena escala de biocombustíveis líquidos e biogás é necessário coordenar ações que viabilizem os modelos de negócios. Nesse sentido, sugere-se a realização de oficinas técnicas com as indústrias do setor para troca de experiências, bem como nivelamento da experiência internacional. A partir destas interações é necessário definir um *roadmap* para ampliação da utilização do biometano.

7. *Desenvolver sistemas de monitoramento da qualidade dos combustíveis obtidos a partir de resíduos, para a garantia do atendimento das especificações.*

8. *Melhor articulação entre stakeholders em projetos relacionados aos biocombustíveis líquidos e biogás/biometano*

Aumento da articulação entre agentes públicos, privados, centros de pesquisas e universidades relacionados aos biocombustíveis líquidos e biogás/biometano, de forma a aumentar a sinergia e impulsionar o seu desenvolvimento.

Mapa do Caminho - Descentralização

Desafios	Recomendações		
	2020 - 2030	2030 - 2040	2040 - 2050
Setor Elétrico	Nova realidade de operação dos sistemas de distribuição	Definir a granularidade das informações entre distribuidoras, prossumidores e demais agentes	
		Separar os serviços de distribuição e comercialização em diferentes agentes, com novos modelos de remuneração para os serviços de distribuição	
		Alcançar maior integração entre redes de transmissão e distribuição	
Setor de combustíveis	Valorização dos novos serviços de forma a maximizar os benefícios sistêmicos para o sistema elétrico	Criar mercado competitivo orientado aos requisitos dos sistemas em bases isonômicas	
		Criar mecanismos de compromissos entre as partes para provimento de serviços	
		Desenvolver roadmap para utilização de biometano	
	Redução de assimetrias de informação para engajamento de stakeholders	Desenvolver sistemas de monitoramento da qualidade dos combustíveis obtidos a partir de resíduos, para a garantia do atendimento das especificações	
	Coordenação entre políticas públicas para potencializar projetos de pequena escala	Melhor articulação entre stakeholders em projetos relacionados aos biocombustíveis líquidos e biogás/biometano.	

Comportamento do Consumidor de Energia

Os diversos avanços tecnológicos do setor têm produzido importante alteração no papel dos consumidores. Por exemplo, a difusão dos recursos energéticos distribuídos permitirá que os consumidores sejam agentes cada vez mais ativos no setor, deixando de ser simples usuários de serviços energéticos para assumir maior protagonismo. Além disso, tendências como uma maior consciência ambiental, envelhecimento populacional, mudanças climáticas, digitalização, cidades inteligentes, *blockchain*, podem alterar a forma que os indivíduos tomam decisão e se relacionam com o setor energético.

Desta forma espera-se um número crescente de aparelhos com sensores e capacidade de comunicação nas unidades consumidoras de energia, o que irá revelar maior informação sobre padrões de consumo. Este fato deve fortalecer o engajamento do consumidor ao mesmo tempo que possibilita a oferta de novos produtos/serviços para maximizar o aproveitamento dos recursos energéticos distribuídos. Em outras palavras, a conjunção da nova infraestrutura (associada à digitalização), da revelação das preferências individuais do consumidor e da necessidade de adequação dos desenhos de mercado e regulação deverão gerar novos modelos de negócio aumentando a diversidade de agentes. Esta nova dinâmica tem potencial de gerar mudança nos hábitos do consumidor (Figura 19).

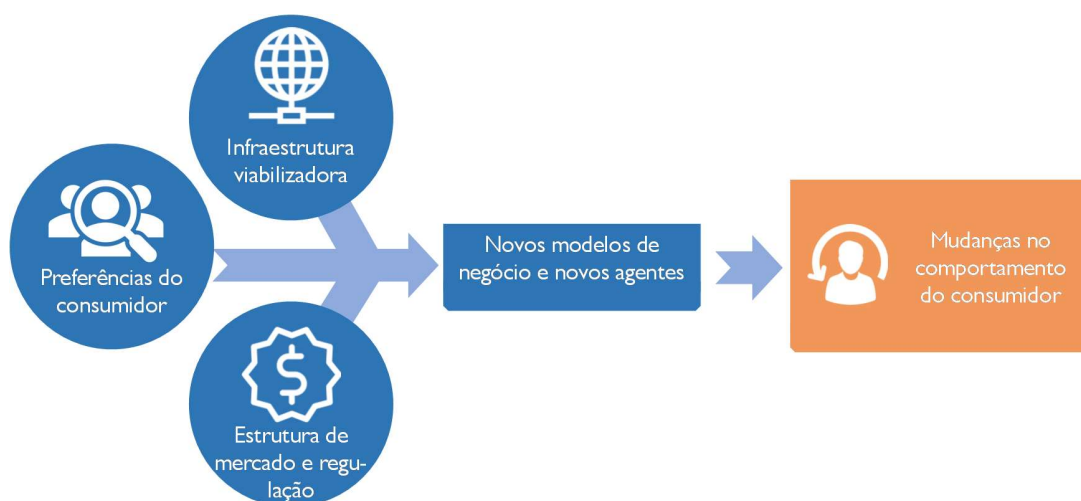


Figura 19 - Mudanças no comportamento do consumidor

Com o objetivo de otimizar o aproveitamento dos recursos energéticos do País de forma sustentável, o desenho de políticas públicas deve considerar não apenas o crescimento do consumo de energia, mas principalmente o novo comportamento do consumidor, cuja evolução envolve incertezas de difícil previsão por parte do planejador. A compreensão do novo papel do regulador e a sua adequada inclusão no desenho de políticas energéticas tornam-se elementos centrais na expansão do setor de energia nos próximos anos.

Desafios para o Tomador de Decisão no Setor de Energia

1. *Compreender os efeitos das mudanças de comportamento do consumidor na evolução da matriz e seus desdobramentos sobre o melhor desenho de políticas energéticas*

O impacto preciso que as políticas públicas terão sobre o comportamento do consumidor é um elemento de difícil previsão pelo planejador. O desenho de políticas energéticas deve considerar não apenas a previsão do comportamento do consumidor, mas também sua evolução ao longo do tempo. Outra possibilidade seria ocorrer a situação inversa, onde uma mudança de comportamento não induzida, promovida por novas tendências, digitalização, descentralização, economia compartilhada e inovação tecnológica, poderia alterar a dinâmica do mercado e, conseqüentemente a recomendação de política. Particularmente para o transporte de passageiros, devem coexistir o compartilhamento de veículos, os veículos autônomos, bem como a sua eletrificação e o aumento

da conectividade. O atendimento às necessidades e anseios das pessoas são os fatores que definirão as preferências do consumidor entre possuir o seu próprio veículo, utilizar o transporte público e contratar os serviços de transporte privado individual ou compartilhado. A multiplicidade de alternativas e a combinação entre elas poderá trazer consequências distintas sobre a demanda de combustíveis líquidos. Dessa forma, torna-se necessário acompanhar o comportamento dos consumidores de energia para que se possam fazer os ajustes ou as proposições necessárias das políticas públicas.

2. *Compreender os efeitos das mudanças de comportamento do consumidor na rede de distribuição de energia elétrica e avaliar implicações para o desenho regulatório ótimo*

O acesso a tecnologias de geração distribuída e de armazenamento introduz ao consumidor uma possibilidade de se desconectar da rede de distribuição. Mesmo se apresentando como uma opção com alto custo associado aos indivíduos, é possível que parte das famílias adotem essa opção por posicionamento independente de viabilidade financeira. Nesse caso, o consumidor poderia estar disposto a pagar um preço-prêmio em razão de um dado produto representar seu engajamento com questões ambientais e sociais, por exemplo. Assim, o desenho de mercado deve ser feito de forma a contemplar a necessidade de engajamento dos consumidores com o objetivo de maximizar os benefícios sistêmicos e alocar custos de forma efetiva.

3. *Ampliação da liberdade de escolha do consumidor de eletricidade na baixa tensão quanto ao seu fornecedor*

Permitir que cada consumidor possa escolher seu provedor de eletricidade, embora em linha com a maior liberdade de escolha deve ser feita de maneira que a abertura do mercado livre para a baixa tensão leve em conta a alocação apropriada de custos e riscos para não gerar distorções ligadas a possíveis arbitragens regulatórias e não propriamente a escolhas relacionadas ao perfil do consumidor.

4. *Multiplicidade de tomadores de decisão de política com influência sobre o comportamento do consumidor de energia*

No Brasil, muitas instituições governamentais, dentro de sua esfera de atuação, têm a competência de formular e implementar políticas, planos, programas e projetos que podem impactar o comportamento do consumidor de energia, já que a escolha do indivíduo envolve várias dimensões. Portanto, estabelecer um sistema de governança dessas políticas é uma tarefa complexa e que exige estratégia, coordenação e comunicação entre os diferentes atores.

Recomendações

1. *Investir em pesquisas para compreender o comportamento do consumidor de energia brasileiro*

Compreender as mudanças de comportamento dos consumidores, no contexto brasileiro, é um desafio complexo que pode ser atendido pela condução de pesquisas rigorosas. Sugere-se que os desenhos das políticas públicas estejam baseados em evidências, extraídas de avaliações de impacto para teste da confiabilidade e da amplitude da política, de estudos de intervenção para testar a escalabilidade, e de pesquisas sobre a durabilidade dos efeitos. Tais esforços serão necessários para testar as mudanças de comportamento dos consumidores de energia, tanto no curto quanto no longo prazo. Por exemplo, projetos pilotos para compreender o comportamento do consumidor frente ao uso de veículos elétricos e do *car sharing* nas grandes cidades, bem como o desenvolvimento de soluções para o aproveitamento de *big data* gerados por veículos, pode ser uma importante ferramenta para avaliar o impacto de mudanças tecnológicas sobre o comportamento, bem como sobre a matriz energética brasileira.

2. *Aperfeiçoar modelos de previsão da curva de carga de energia elétrica*

A maior participação de *prossumidores* com geração fotovoltaica no sistema insere maior variabilidade na geração de eletricidade e agrega maior incerteza ao perfil de carga diária, reduzindo a demanda no meio do dia e acentuando a rampa de carga no final do dia. Nesse sentido, faz-se necessário investir em modelos de previsão do perfil da curva de carga diária de energia elétrica, que incorporem as incertezas associadas a mudanças de comportamento de longo prazo dos consumidores.

3. *Aprimorar a governança institucional sobre iniciativas do governo com efeitos sobre comportamento do consumidor de energia*

Dada a multiplicidade de atores governamentais, dentro de sua esfera de atuação, com competência para formular e implementar iniciativas que afetam o comportamento do consumidor de energia, é necessário aprimorar a governança institucional para melhor coordenação e comunicação entre os diferentes atores, com vistas a otimizar as ações do governo para lidar com mudanças no comportamento do consumidor de energia, abarcando as dimensões do planejamento, regulação e operação do sistema.

4. *Aprimorar marcos regulatórios e desenhos de mercado de energia*

Na medida em que os preços de energia sejam determinados no mercado, políticas de incentivo e desincentivo ao uso de determinadas fontes ou recursos de energia podem impactar a escolha dos indivíduos. Mudanças comportamentais e o maior engajamento dos consumidores, exigirão o aprimoramento dos modelos de negócio e dos marcos regulatórios do setor de energia, bem como a adequada sinalização de preços. Adicionalmente, regulações e desenhos de mercado que garantam a equidade de acesso à energia não-emissoras para as famílias de baixa renda, bem como que promovam mudanças de comportamento, devem ser consideradas. É necessário também que o desenho de mercado deixe claro a alocação de custos de maneira que suas decisões não sejam geradas por arbitragem regulatória, mas sim por seu perfil de consumo. Assim, movimento de maior abertura do mercado de baixa tensão deve ser acompanhado por uma discussão sobre o modelo de concessão das distribuidoras no país, e sua forma de remuneração, de forma a garantir que a atividade de distribuição seja independentemente da escolha do fornecedor da energia.

Mapa do Caminho - Comportamento do Consumidor de Energia

Desafios	Recomendações		
	2020 - 2030	2030 - 2040	2040 - 2050
Compreender os efeitos das mudanças de comportamento do consumidor sobre a evolução da matriz e seus desdobramentos sobre o melhor desenho de políticas energéticas	Investir em pesquisas para compreender o comportamento do consumidor de energia brasileiro		
	Aperfeiçoar modelos de previsão da curva de carga de energia elétrica		
	Aprimorar marcos regulatórios e desenhos de mercado de energia		
Compreender os efeitos das mudanças de comportamento do consumidor na rede de distribuição de energia elétrica e avaliar implicações para o desenho regulatório ótimo			
Ampliação da liberdade de escolha do consumidor de eletricidade na baixa tensão			
Multiplicidade de tomadores de decisão de política com influência sobre comportamento do consumidor de energia	Aprimorar a governança institucional sobre iniciativas do governo com efeitos sobre comportamento do consumidor de energia		

Economia do Compartilhamento

Nos últimos anos vem crescendo a popularidade dos serviços compartilhados ao redor do mundo. Economia do compartilhamento (*sharing economy*) é o termo comumente utilizado para descrever o modelo de consumo de bens e serviços baseado no compartilhamento entre indivíduos (*peer-to-peer*), geralmente conectados através de uma plataforma *online*. Entre os exemplos mais comuns estão aplicativos que conectam motoristas a passageiros, proprietários de imóveis a hóspedes, restaurantes a clientes, e mesmo vizinhos que desejam emprestar bens.

Esse movimento está relacionado, de um lado, ao grande avanço tecnológico observado nas últimas décadas na estrutura de informação e comunicação, com melhoria da qualidade, na segurança, com redução do custo de acesso à internet e às tecnologias digitais, o que disseminou e barateou a conexão entre indivíduos. Nas próximas décadas essa transformação digital será impulsionada pela introdução da Internet 5G, provendo uma melhora significativa na velocidade de conexão e redução do tempo para receber e enviar informações na rede (latência). De outro lado, o aumento da preocupação com questões ligadas ao uso dos recursos naturais, à poluição e às mudanças climáticas impulsionou a busca por formas sustentáveis de produzir e consumir bens e serviços, a fim de reduzir os efeitos da produção sobre o meio ambiente, aumentando a eficiência e reduzindo as perdas na produção.

O consumo compartilhado vem promovendo significativas mudanças na relação do consumidor com os bens e serviços. Um número cada vez maior de indivíduos vem substituindo a propriedade pelo acesso e a compra pelo aluguel temporário. Além disso, essa modalidade de consumo permitiu ampliar os mercados em que se pode realizar transações diretas entre vendedores e consumidores, sem a figura de um intermediário, ou com participação secundária deste. O uso de uma plataforma *online* potencializou ainda mais esses mercados, permitindo realizar transações a um custo muito baixo e entre uma rede de conexões gigantesca.

Em energia, o avanço da geração distribuída e dos chamados *prosumidores* impulsionou iniciativas de mercados de compartilhamento de energia (*peer-to-peer energy trading*). Internacionalmente, já existem algumas plataformas *online* onde a energia é negociada entre *prosumidores* e consumidores. Esse modelo tem potencial de otimizar o uso do ativo de geração, aumentar a resiliência e a segurança energética (combinados com o desenvolvimento de *microgrids*) e reduzir os gastos com energia dos consumidores de eletricidade. Também contribui para reduzir custos de energia do sistema como um todo ao aumentar a oferta de eletricidade e/ou reduzir a demanda na rede. Além disso, como a geração de energia pelos *prosumidores* tem, em geral, origem em fontes renováveis como solar e eólica, tem o potencial adicional de promover a expansão deste tipo de fonte.

Outro modelo que merece destaque é o da unidade compartilhada, que permite que uma planta de geração de maior porte seja de propriedade de diversos usuários, que recebem créditos de energia proporcionais a sua participação no investimento. Esse modelo, inclusive, já funciona no Brasil através do modelo de micro e minigeração regulamentado pela Resolução 482/2012 da ANEEL.

No setor de transporte, tendências como a mobilidade como serviço e a mobilidade compartilhada também merecem destaque em termos de economia do compartilhamento. Um exemplo de uma nova forma de transporte coletivo ponto a ponto baseado nestas tendências é o *car sharing*, um modelo de compartilhamento de carros por aluguel. Este modelo representa uma possibilidade de redução de posse de veículos por famílias, que, se planejado conjuntamente com a infraestrutura de transportes das cidades, em especial coletivo, pode impactar significativamente a mobilidade e economia nas grandes cidades, o consumo de combustíveis e os níveis de poluição local.

Portanto, a economia do compartilhamento traz, simultaneamente, para o setor de energia do País, grandes oportunidades econômicas e de desenvolvimento e grandes desafios, sobretudo em termos de infraestrutura e ambiente regulatório adequados, os quais devem ser corretamente endereçados a fim de permitir o avanço eficiente desse modelo e o aproveitamento dos seus benefícios potenciais.

Desafios para o Tomador de Decisão no Setor Energético

Além de desafios comuns a outras questões transversais como adequação da infraestrutura de TIC e as alterações no comportamento do consumidor, seguem aqueles relacionados ao tema da economia do compartilhamento.

1. *Necessidade de maior clareza regulatória e segurança jurídica*

Em diversos países, a ausência de regulamentação clara e específica acerca dos serviços compartilhados *online* provocou embates entre empresas gestoras de aplicativos de mobilidade urbana e de aluguel de imóveis para hospedagem e os prestadores tradicionais desses serviços (táxis e hotéis, respectivamente), culminando, inclusive, em paralisação do serviço em alguns países, ainda que temporariamente. As principais discussões giram em torno da categorização desse tipo de serviço e suas consequências sobre benefícios e obrigações, principalmente, tributárias. A ampliação do uso dos serviços deverá ser acompanhada de maior clareza regulatória, normatização do uso dos serviços, segurança jurídica, desenvolvimentos do *e-commerce*, com garantias para os consumidores.

2. *Aumento da complexidade do sistema*

Outro desafio em energia compartilhada está relacionado ao planejamento do sistema. O aumento do número de sistemas de geração distribuída e de trocas diretas *peer-to-peer*, com ou sem a figura de um intermediário, aumentará o grau de complexidade do planejamento e da operação das redes.

Recomendações

1. *Regulamentar o compartilhamento de energia (peer-to-peer energy trading)*

O compartilhamento de energia é uma inovação no sistema de geração relativamente recente. Alguns projetos ao redor do mundo já estão em operação, e a tendência é a entrada de um maior número de novos empreendimentos nos próximos anos. Nesse sentido, tanto no País quanto no resto do mundo ainda há muito debate em termos das formas ideais da estrutura de operação, do modelo de negócios e do ambiente regulatório que devem reger essa modalidade de serviço de energia. Dessa forma, deve-se buscar o diálogo com os demais países e considerar as peculiaridades do Brasil para regulamentar a atividade de compartilhamento de energia no País.

2. *Aprimorar a operação e o planejamento do setor elétrico para ter em conta efeitos de economia mais compartilhada*

Deve-se buscar a atualização contínua dos métodos e técnicas de monitoramento, operação e planejamento do sistema elétrico que permitam acompanhar a crescente complexidade das redes em função das entradas de novas tecnologias como as promovidas pela geração distribuída individual e compartilhada. A atividade da distribuidora de energia elétrica (e eventualmente de Operadores do Sistema de Distribuição) precisa ser evidenciada, com a promoção de sua interface com Operador Nacional do Sistema Elétrico.

Mapa do Caminho - Economia do Compartilhamento

Desafios	Recomendações		
	2020 - 2030	2030 - 2040	2040 - 2050
Necessidade de maior clareza regulatória e segurança jurídica	Regulamentar o compartilhamento de energia (peer-to-peer energy trading)		
Aumento da complexidade do sistema	Aprimorar as técnicas de monitoramento, planejamento e operação do sistema para ter em conta efeitos de economia mais compartilhada		

Digitalização na Produção e Uso de Energia

A perspectiva de maior digitalização na produção e uso de energia, por meio da maior difusão das tecnologias de informação e comunicação (TIC), está associada à evolução da conectividade, coleta e análise de grande quantidade de dados e da automação.

No tocante ao uso da energia, conforme demonstrado durante a crise do COVID-19, a infraestrutura de TIC já permite a realização do trabalho à distância para muitas categorias profissionais. A gestão desse ambiente de trabalho virtual pode alterar os custos institucionais e a mobilidade, desde os congestionamentos diários até as viagens a negócios, com chances de reduzir a densidade urbana das megalópoles e, com isso, contribuir para o conceito de descentralização da produção e uso da energia.

A digitalização dos sistemas de energia, desde a exploração e produção de petróleo e gás natural, dutos, refinarias, passando por sistemas agrícolas para bioenergia, toda a logística de distribuição de combustíveis, unidades consumidoras das mais diversas, como plantas industriais e embarcações até residências e veículos, traz oportunidades e potenciais enormes de incremento na eficiência desses sistemas. A prospecção e criação de negócios baseados na apropriação desses ganhos de eficiência tem ditado uma competição e inovação transformadoras em ritmo acelerado, como, por exemplo, a maior abertura e a maior liquidez que podem ser promovidas pela criação de sistemas digitalizados de negociação, com revelação de preços e transparência de informações em tempo real. Isto pode ser aplicado ao setor de gás natural (*hubs* virtuais com plataforma eletrônica), como ocorre em diversos países, mas ainda não implementado no Brasil.

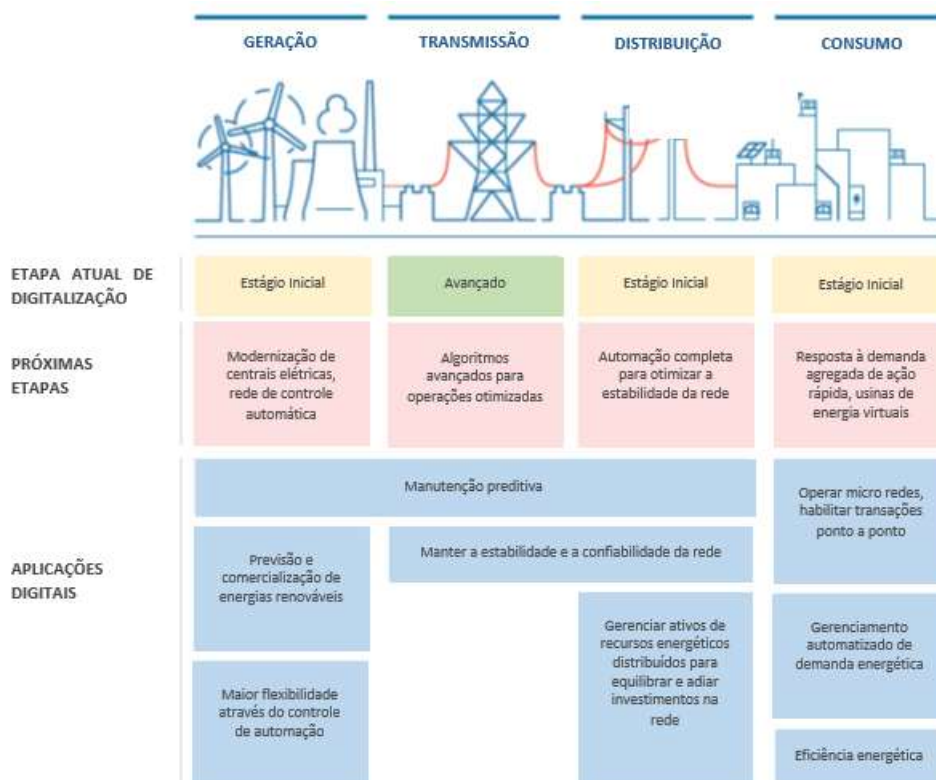
Embora não se possa descartar *a priori* uma transformação digital em outros setores energéticos, o setor elétrico tem grande propensão de que a digitalização modifique profundamente a estrutura do mercado e as transações, a forma de uso da infraestrutura e relação dos consumidores com esse sistema. Em última análise, tal revolução digital levará à criação, no setor elétrico, 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 um sistema elétrico mais responsivo a variações de preços.

Aliada aos chamados recursos energéticos distribuídos, a digitalização pode auxiliar em criar condições para a operação confiável e eficiente em contexto de maior relevância do consumidor no funcionamento do sistema. Nesse sentido, a implantação dos medidores inteligentes, ao propiciar o fluxo bidirecional de energia, melhor gerenciamento do perfil de consumo e possibilitar a 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 e do ambiente regulatório. Há que se reconhecer os inúmeros benefícios da digitalização, todavia também os elevados custos de investimento necessários, trazendo para a pauta a discussão sobre quem assume tais custos e como se compartilham os benefícios de forma justa.

A crescente digitalização na produção e uso de energia possibilitará novas oportunidades em termos de novos negócios, estrutura tarifária e de preços mais eficiente e o gerenciamento mais adequado dos diversos perfis de consumos. Por suas alterações profundas, é recomendável acompanhar o ritmo de implantação de medição inteligente e monitorar possível impacto das novas tecnologias (*IoT*, computação na nuvem, *big data*, *data analytics*, inteligência artificial, *blockchain*, etc.) sobre o setor de energia, incluindo análise em estudos de planejamento. Por outro lado, desafios novos também aparecerão, como a vulnerabilidade a ataques cibernéticos, *vis-à-vis* o custo da segurança da informação, e o novo papel da operação centralizada na integridade do sistema elétrico.

Aplicações



Fonte: Adaptado de IRENA (2019b)

Figura 20 - Maturidade e Aplicações da Digitalização no Setor Elétrico

Desafios para o Tomador de Decisão no Setor de Energia

1. Adequação da Infraestrutura de TIC no Setor Elétrico

É fundamental para garantir a conectividade de grande número de agentes (geradores, operadores de rede e consumidores finais) e equipamentos. Um dos elementos centrais desta infraestrutura no caso do setor elétrico é a implantação massiva de medidores inteligentes, necessários para medir o fluxo de energia, computar a contribuição dos serviços dos recursos distribuídos e prover maior flexibilidade à demanda. A alocação dos elevados custos de investimento e a gestão das redes, bem como a apropriação dos benefícios, são questões que demandam atenção. Outra questão relevante é relacionada à integridade da rede frente a ameaças diversas. A digitalização aumentará a complexidade da rede e a tornará mais vulnerável a riscos, tais como eventos da natureza (tempestades geomagnéticas), incidentes (devido à maior complexidade dos sistemas) e ataques cibernéticos. O desafio é montar linhas de defesa que possam evitar interrupções prolongadas de fornecimento e aumentem a resiliência do sistema. Eventualmente, soluções candidatas de segurança da informação podem estar acompanhadas de elevados custos de implantação ou operação, a exemplo de algumas tecnologias de *blockchain*, cuja integridade das operações ocorridas em ambiente virtual é garantida ao custo de elevado consumo de energia elétrica no processo de mineração de dados. Este fato que pode tornar a adoção de determinadas tecnologias digitais menos atrativa.

2. Integração de tecnologias de redes inteligentes mantendo a confiabilidade no fornecimento

A implantação de redes inteligentes permite o melhor aproveitamento de novas tecnologias (GD, resposta da demanda, armazenamento e veículos elétricos), mas, ao mesmo tempo, pode criar problemas de coordenação entre diversos atores em relação à confiabilidade no fornecimento. Em particular, ao incentivar mais descentralização, com transações ponto a ponto (*peer to peer*), utilizando tecnologias como *blockchain*, a digitalização pode subverter

os atuais arranjos comerciais do mercado elétrico, desde que ganhem escala suficiente. Em outra dimensão, novas tecnologias demandam novos procedimentos de operação e planejamento, exigindo maior flexibilidade e análises mais sofisticadas e com maior detalhamento em termos metodológicos.

3. *Implantação de gerenciamento dos dados do setor elétrico*

O aumento da quantidade de dados dos consumidores decorrente do uso de aparelhos com dispositivos inteligentes gerará a necessidade de definir quem tem os direitos de utilização desses dados e com quais propósitos. Os agentes com acesso a dados de consumidores precisam estar submetidos a políticas de privacidade e de segurança de informação que precisam ser discutidos com autoridades com atuação na área. Por outro lado, dados desidentificados ou agregados de uso de energia podem ajudar a melhorar compreensão sobre sistemas energéticos. O desafio é equilibrar questões de privacidade com promoção de inovação e necessidades operacionais das distribuidoras e o amplo potencial transformador da digitalização.

4. *Risco de aumento da mobilidade individual com maior quantidade de opções de mobilidade nas cidades*

A conectividade, automação e eletrificação podem remodelar a questão da mobilidade urbana. Os impactos líquidos sobre o uso da energia dependerão da relação entre ganhos de eficiência (redução de custos) e efeitos rebote. Para evitar que o usuário aumente demanda por mobilidade individual graças ao aumento das opções de mobilidade, é necessário aumentar a atratividade de opções de mobilidade compartilhada.

Recomendações

1. *Aprimorar marco regulatório e desenho de mercado*

A digitalização tem o potencial de construir novas arquiteturas de sistemas interconectados de energia, inclusive derrubando fronteiras entre demanda e oferta. Cria-se, com isso, necessidade de ter um marco regulatório e um desenho de mercado que distribuam os custos e benefícios de forma adequada por meio de incentivos corretos para operadores, consumidores e produtores. Em particular, é necessário implantar uma regulação tanto ativa (para incentivar a competição, buscando maior harmonização e padronização de comunicação e protocolos de dados para permitir maior e melhor conectividade) como antecipativa (com flexibilidade suficiente para permitir uma fácil incorporação de inovações tecnológicas que beneficiem a sociedade). Nesse sentido, uma questão a ser endereçada é a eventual concentração de coleta e o processamento de dados em poucas grandes empresas possam levar a poder de mercado com possíveis impactos sobre concorrência. Há a necessidade de prover nivelamento das condições de competição por meio de plataformas tecnologicamente neutras e também isonômicas em relação aos equipamentos de inserção no mercado (medidores e redes inteligentes).

2. *Garantir a interoperabilidade efetiva dos equipamentos*

Um passo fundamental para permitir maior interação entre equipamentos, agentes e sistemas digitalizados de energia e transporte é estabelecer sua interoperabilidade. A padronização dos dispositivos conectados é crucial para conectividade ser ampliada e, idealmente, deve basear-se nas sinergias entre os vários atores, em vez de levar à fragmentação do mercado e à duplicação de esforços. A falta de interoperabilidade dos equipamentos e sistemas pode ser uma barreira para o uso efetivo de novas tecnologias. Por outro lado, a definição de padrões excessivamente estreitos ou que possam se mostrar onerosos ou conflitantes, ao contrário, poderiam desacelerar a implantação de inovações e tecnologias. Formuladores de políticas têm um papel a desempenhar no incentivo ou orientação de padronização suficiente para que os consumidores mantenham uma ampla opção de mercado e não fiquem presos a produtos que sejam interoperáveis apenas com outros produtos do mesmo fabricante ou que sejam baseados nos mesmos protocolos.

3. *Aprimorar a operação e o planejamento do setor elétrico para ter em conta maior digitalização na produção e uso da eletricidade*

Novas tecnologias demandam novos procedimentos de operação e planejamento, exigindo maior flexibilidade e análises mais sofisticadas e com maior granularidade, em termos metodológicos.

4. *Articular com autoridades da área de segurança da informação e proteção de dados para estabelecer maior resiliência digital do sistema de energia e privacidade da informação*

A melhoria da resiliência digital do sistema, por meio de maior integração com P&D tecnológico, mercados e políticas, é vital para sua rápida adaptação ao nível desejado de estabilidade, preservando a continuidade das operações da infraestrutura crítica, com responsabilidade e tarefas claras para cada agente. Pode ser necessária a criação de um fórum seguro para compartilhamento de informação de ameaça cibernética dentro do setor de energia. O MME pode coordenar iniciativas público-privadas para sistemas de energia mais resilientes aos riscos digitais, buscando ainda, junto com autoridades ligadas ao tema, cooperação internacional. Outro ponto diz respeito à questão de privacidade e segurança da informação. Há um *trade-off* entre a divulgação da informação sem comprometer a confidencialidade e o monitoramento do impacto de políticas públicas. Os dados podem ser tornados anônimos por meio de agregação ou pela limitação da granularidade de dados adicionando um intervalo de tempo. Na questão da segurança, países devem buscar altos padrões de proteção contra crimes cibernéticos, especialmente por redução de vulnerabilidades e de tempo de resposta a ataques ao sistema. Essas questões devem ser tratadas em conjunto com autoridades de proteção de dados.

5. *Articular com autoridades da área de mobilidade urbana para estabelecer maior atratividade de opções mais eficazes de mobilidade*

É necessário buscar as sinergias com modos de transporte de massa e veículos compartilhados, ampliar a digitalização e dados abertos (baixar custo de conexão e serviços associados), bem como investir em telemática e reorganização de espaços públicos (cidades polinucleadas) a fim de destruir demandas desnecessárias por mobilidade. Além disto, a digitalização e a impressora 3D podem também reduzir demanda por mobilidade, pois torna-se possível enviar um programa para produzir um bem na impressora 3D ao invés de transportar o bem. A digitalização também permite a operação remota de um serviço, evitando deslocamentos dos usuários deste serviço. Um exemplo disto pode ser a realização de serviços médicos especializados por robótica/andróide ou médicos menos especializados. Isso permitirá que um hospital em uma pequena cidade ofereça um serviço cardiológico equivalente ao de uma grande metrópole, evitando o deslocamento do paciente e a demanda por mobilidade. A articulação com autoridades da área de mobilidade urbana é fundamental para maior discussão de opções mais eficazes de deslocamento da população com vistas a melhor

Mapa do Caminho - Digitalização na Produção e Uso de Energia

Desafios	Recomendações		
	2020 - 2030	2030 - 2040	2040 - 2050
Adequação da Infraestrutura de TIC no Setor Elétrico	Aprimorar marco regulatório e desenho de mercado		
Integração das tecnologias de redes inteligentes mantendo a confiabilidade no fornecimento	Garantir a interoperabilidade efetiva dos equipamentos		
Implantação de gerenciamento dos dados do setor elétrico	Aprimorar a operação e o planejamento do setor elétrico para ter em conta maior digitalização na produção e uso de eletricidade		
Risco de aumento da mobilidade individual com aumento de quantidade de opções de mobilidade nas cidades	Articular com autoridades da área de segurança da informação e proteção de dados para estabelecer maior resiliência digital do sistema de energia e privacidade da informação		
	Articular com autoridades da área de mobilidade urbana para estabelecer maior atratividade de opções mais eficazes de mobilidade		

Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

O avanço da digitalização da economia e da indústria 4.0 ao redor do mundo vem aumentando a necessidade de transformação da economia brasileira na direção de maior desenvolvimento tecnológico. Essa transformação dependerá da capacidade do País em:

1. Aprimorar e ampliar seus investimentos em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), uma vez que o aporte feito atualmente se encontra aquém dos praticados por países desenvolvidos ou países de grande base tecnológica;
2. Converter os investimentos de P&D em produtos e patentes;
3. Ter mecanismos adequados de financiamento da inovação; e
4. Reduzir tempo médio dos processos de concessão de patentes e de propriedade intelectual para padrões internacionais.

A Lei n. 9.991/2000, que dispõe sobre os investimentos em P&D e em eficiência energética no setor de energia elétrica, prevê a destinação de parte dos recursos ao MME, a fim de custear os estudos e pesquisas de planejamento da expansão do sistema energético, bem como os de inventário e de viabilidade necessários ao aproveitamento dos potenciais hidrelétricos. Contudo, os investimentos em PD&I serão cruciais para enfrentar o desafio de implementar a transição energética na matriz. Essas práticas poderão contribuir para a superação de barreiras tecnológicas, econômicas, sociais e ambientais, criando e difundindo produtos, serviços e modelos de negócio. Considerando a importância desses investimentos e as peculiaridades do setor energético no Brasil, foram instituídas as cláusulas de investimento em PD&I nos marcos regulatórios dos setores de energia. Nesse sentido, o desafio que se coloca para avançar está relacionado a criar as condições para que as potencialidades relacionadas ao desenvolvimento tecnológico, como no caso dos biocombustíveis, de novos combustíveis sintéticos, à eficiência energética e à digitalização da economia sejam desenvolvidas e beneficiem a todos os agentes do setor.

A multiplicidade de questões advindas de mudança dos paradigmas tecnológicos setoriais vai requerer uma melhor priorização das linhas de PD&I com potencial mais promissor. O alinhamento com a estratégia de longo prazo do MME, após amplo diálogo com a sociedade, é fundamental para oferecer o critério mais nítido das prioridades do setor.

Desafios para o Tomador de Decisão no Setor de Energia

1. *Garantia da efetividade das ações de PD&I na área de energia*

As ações de PD&I nem sempre resultam na criação de novos produtos e patentes e por vezes resumem-se a aquisição e operação de equipamentos de novas tecnologias, o que não necessariamente leva à inovação, ainda que propicie disseminação de conhecimento. Assim, o desafio consiste em assegurar que as pesquisas sejam direcionadas ao conhecimento de fronteira, ainda pouco explorado, priorizando resultados de aplicação prática, com foco na criação e no aperfeiçoamento de produtos, processos, metodologias e técnicas capazes de responder aos desafios do setor.

2. *Aprimoramento do ecossistema de inovação ligada ao setor de energia*

O Brasil possui muitas ações de PD&I fragmentadas, havendo deficiências na coordenação adequada entre os diversos agentes que promovem e realizam essas inovações. Políticas e regulação, financiamento, recursos humanos, desenhos de mercado e comunicação, bem como a ação de diferentes agentes (governo, setor privado, universidades, centros de pesquisas, etc.) e as atividades em nível municipal, estadual e federal precisam ser integrados em um único ecossistema com vistas a estimular a inovação, por meio do estabelecimento de uma governança que contemple essas dimensões.

Recomendações

1. *Mapear os investimentos em P&D na área de energia com estruturação de banco de dados*

Embora o Brasil invista recursos significativos em P&D na área de energia, ainda não existe hoje uma base de dados abrangente e estruturada que consolide as informações sobre o destino dos investimentos em P&D na área de energia. Isso dificulta a avaliação da efetividade dos investimentos, a comparação com outros países e a elaboração de estratégias de ação para melhorar os resultados. A estruturação de banco de dados por meio de uma plataforma pública e integrada, que busque apresentar os resultados de projetos realizados possui o potencial de melhorar a difusão de conhecimento entre os agentes e permitir a elaboração de diagnósticos capazes de melhor orientar as políticas públicas na área de PD&I voltadas para o setor energético. De forma complementar ao mapeamento e monitoramento dos investimentos públicos e publicamente orientados, convém mapear os investimentos feitos pelo setor privado. Como exemplo, o levantamento sobre os investimentos do setor elétrico e os temas em avaliação, bem como as propostas de hierarquização, realizado pelo CGEE para a ANEEL (CGEE, 2019), representa uma boa iniciativa para avançar nesse tema. Uma base de dados estruturada também permitirá conectar investimentos dentro e fora do país, abrindo espaço para maior cooperação internacional.

2. *Difundir experiências e conhecimento a partir de projetos de PD&I no setor de energia.*

Além da estruturação de banco de dados, é necessário estruturar uma rede de difusão de experiências e conhecimento a partir de projetos de PD&I no setor de energia. É notório que há importante assimetria do conhecimento tecnológico no sistema de inovação. Frequentemente, soluções tecnológicas dominadas por certos atores são desconhecidas para outros potenciais usuários. Além disso, embora os resultados de programas de P&D sejam públicos, nem sempre são divulgados de forma a garantir que haja difusão desse conhecimento. A ausência de uma rede de compartilhamento de experiências inovadoras reduz o potencial de disseminação dessas inovações para as demais empresas e setores.

3. *Aumentar a articulação entre os agentes públicos, privados e o setor de PD&I em energia*

O setor deve atuar para ampliar a articulação entre os agentes públicos, setores empresariais privados e os centros de pesquisas e universidades relacionados ao setor de energia para aumentar a sinergia e impulsionar o desenvolvimento de tecnologias inovadoras. Além disso, deve-se incentivar o aumento da cooperação internacional com países e instituições líderes nas áreas estratégicas, inclusive através da interação com os centros de P&D de empresas globais.

4. *Fortalecer a governança e alinhamento institucionais*

Para que seja possível superar os desafios do setor energético no longo prazo é necessário que a PD&I no setor de energia esteja articulada entre o MME e o MCTIC. Esta articulação é fundamental para que os planos e estratégias de políticas públicas estejam alinhadas e enderecem as necessidades do setor de energia no país. Além disso, o alinhamento entre as instituições atuantes nos segmentos de PD&I do setor energético (ANEEL, ANP, BNDES, Finep, Embrapii, entre outras) e as que fomentam o desenvolvimento em todos os setores permitirá um maior fortalecimento da governança e promoverá uma maior eficiência nos investimentos, uma vez que facilitará o conhecimento e a avaliação sobre os resultados obtidos.

Mapa do Caminho - Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação

Desafios	Recomendações		
	2020 - 2030	2030 - 2040	2040 - 2050
Garantia da efetividade das ações de PD&I na área de energia	Mapear os investimentos em P&D na área de energia com estruturação de um banco de dados com divulgação ampla Difundir experiências e conhecimento a partir de projetos de PD&I no setor de energia		
Aprimoramento do ecossistema de inovação ligada ao setor de energia	Aumentar a articulação entre os agentes públicos, privados e o setor de pesquisa em energia Fortalecer a governança e alinhamento institucionais		

Integração Energética Sul-americana

A Região da América Latina e Caribe possui fontes de energia com grandes complementaridades, que podem suprir as necessidades energéticas locais, bem como contribuir com as demandas de outras regiões.

De modo geral, pode-se afirmar que a região possui experiência e relativo sucesso em sua integração energética, aqui entendida como concretização de projetos de integração que criam condições de ganhos mútuos. Não se deve ignorar que tenha havido também exemplos negativos, algum grau de desconfiança entre os países vizinhos e forte preocupação com a independência e segurança energética. No entanto, em que pese seu tamanho, a diversidade geográfica dos centros de carga e de geração, e a abundância de fontes de energia distribuídas pela região, ainda há grandes oportunidades para uma integração energética regional mais efetiva.

Neste relatório do PNE 2050, a análise será concentrada na perspectiva brasileira e, portanto, concentrada na integração relacionada à eletricidade e gás natural na América do Sul.

Desafios para o Tomador de Decisão no Setor Energético

Desafios Comuns aos Sistemas Elétrico e de Gás Natural

1. *Questões socioambientais*

Grandes projetos de integração eletroenergética entre os países que fazem fronteira com as regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil são fortemente influenciados por questões socioambientais que a implantação de usinas binacionais e de novos corredores de transmissão produziram na região da floresta amazônica. Atravessar essa região de alta sensibilidade socioambiental incorpora desafios intrínsecos de dificuldades de acesso, de elevados custos econômicos e de relevantes impactos ambientais e sociais. No caso da região Sul, já existem grandes troncos de transmissão instalados interconectando Uruguai, Brasil, Argentina e Paraguai, o que torna a integração do tipo intercâmbio energético prontamente possível. Empreendimentos binacionais de hidrogeração na região Sul brasileira tiveram mapeados possíveis impactos ambientais e medidas mitigadoras propostas compuseram a Avaliação Ambiental Integrada do estudo de Inventário Hidrelétrico da bacia do rio Uruguai no trecho compartilhado entre Argentina e Brasil. Para o setor de gás natural a integração na fronteira norte também leva em consideração o fator Amazônia como questão ambiental principal, na região sul a integração com os países vizinhos já se encontra em execução.

2. *Expansão da infraestrutura para interligação*

No caso de empreendimentos elétricos, alguns projetos mapeados são de elevado potencial de produção, o que implicaria a construção de uma série de reforços de grande porte no sistema de transmissão brasileiro para o aproveitamento dos excedentes energéticos. No caso do gás natural, a descoberta de novos recursos energéticos na região (Pré-Sal brasileiro e Camisea no Peru), podem incentivar a expansão da malha de gasodutos de transporte, e caso as importações se mostrem competitivas, também na direção de países vizinhos.

3. *Arranjos comerciais e acordos distintos*

Atualmente, o País possui diferentes tipos de arranjos e acordos com os países com os quais tem interligação, desde importações por ofertas semanais de energia elétrica até arranjos binacionais de longo prazo (Itaipu, Gasbol). Há necessidade de uma solução abrangente para incorporar o intercâmbio de energia que já ocorre hoje e possibilitar um aumento desse intercâmbio, se ele se mostrar benéfico, com objetivo de otimizar o fluxo ou aumentar a eficiência da infraestrutura. Além disso, há acordos vigentes que vencerão no horizonte até 2030, requerendo negociação para possível renovação.

4. *Falta de bases de informação*

Para a realização desses estudos de integração regional é necessária a estruturação de base única de dados com características uniformes dos países envolvidos, como por exemplo, dados de geração e transmissão, planos e potencial de expansão, preços, além de acesso à informação sobre políticas setoriais e regulação do setor em cada País.

Desafios dos Sistemas Elétricos

Sob a ótica das interligações elétricas entre países da América do Sul, os desafios são os seguintes:

1. *Diferenças nos modos de operação e de comercialização entre os países*

A diferença de frequências entre os países requer a utilização de subestações conversoras cujos custos de implantação tendem a ser elevados e, dessa forma, podem pesar significativamente sobre a decisão de investimento dos países envolvidos. Por outro lado, a conexão via conversoras pode trazer benefícios para a operação dos sistemas elétricos envolvidos, uma vez que isola eletricamente as redes e evita a propagação de perturbações entre os países, e até mesmo para a comercialização de energia dado que esse tipo de tecnologia permite o controle exato sobre os intercâmbios desejados. Por fim, dois aspectos específicos da comercialização de energia elétrica no Brasil precisam ser endereçados: a garantia física que não é um conceito usado em outros países da região, podendo se constituir em uma barreira para a integração e o deslocamento de geração hidrelétrica cujo desafio é evitar a judicialização derivada da integração no caso de deslocamento de geração hídrica ou de outras demandas de geradores domésticos.

Desafios dos Sistemas de Gás Natural

Sob a ótica do intercâmbio de gás natural entre os países da América do Sul, os desafios são os seguintes:

1. *Percepção de riscos político e regulatório e incerteza da disponibilidade de recursos*

A percepção de elevado risco político e regulatório dos países da região por parte dos agentes pode ser um fator importante a ser levado em conta no momento da atração de altos volumes de investimento requeridos para a incorporação de novas reservas. Além disso, a disponibilidade de volumes excedentes de gás natural associada a maiores volumes comercializados entre países está associada, em geral, à necessidade de investimentos em grande volume na exploração e produção de petróleo e gás natural.

Recomendações e Impactos

1. *Elaborar estudos socioambientais*

Necessário avaliar os impactos das questões socioambientais sobre a viabilidade de grandes projetos de integração entre os países da região, em particular na região Amazônica. É preciso ir além da mitigação dos impactos sociais e ambientais para um modelo que busque transformar projetos de integração em catalisadores de desenvolvimento regional, além de endereçar questões das comunidades locais potencialmente afetadas pelas obras.

2. *Retomar estudos de inventário e potencial*

Os países sul americanos ainda possuem um conjunto considerável de projetos de geração que podem contribuir para uma maior integração energética regional e se apresentam como opções de expansão dos parques geradores dos países envolvidos.

3. *Uniformizar os acordos e arranjos comerciais*

Há necessidade de adequação das regras de comercialização para potencializar as trocas comerciais, identificando barreiras regulatórias que possam criar barreiras relevantes à integração entre países. Tal uniformização poderá estar inserida em um contexto de convergência institucional mais amplo e mais harmônico entre países. Em particular, é fundamental ter uma solução abrangente para incorporar o intercâmbio de energia que já ocorre hoje e possibilitar um aumento desse intercâmbio, se ele se mostrar benéfico, levando-se em conta os atuais acordos comerciais e possíveis renovações, como no caso da energia de Itaipu ou do gás natural da Bolívia.

4. *Estruturar a base de informação e de modelos*

Para a realização de estudos de integração regional é necessária a estruturação de uma base de dados com características uniformes dos países envolvidos. A obtenção desses dados permite ampliar o portfólio de projetos considerado nos estudos da expansão de energia de longo prazo. No caso do setor elétrico, recomenda-se também a modelagem de forma integrada do setor elétrico dos países para prover estimativas de custos e benefícios econômicos, ambientais, sociais e operacionais. Especialmente, no caso dos benefícios decorrentes de sinergias entre os sistemas (complementariedade e efeito portfólio), a quantificação dos benefícios requer simulações de cenários integrados de longo prazo. No caso do setor de gás natural, a realização de estudos integrados de avaliação dos

potenciais de demanda pode contribuir para a viabilização dos projetos de gasodutos nacionais e internacionais, principalmente em áreas ainda não atendidas pela infraestrutura existente de gás natural.

5. *Direcionar esforços para harmonização dos desenhos de mercado*

É necessário aprofundar elementos que oportunizam a remoção de barreiras para a harmonização dos desenhos de mercado, em particular as questões específicas do modelo de comercialização brasileiro. Adicionalmente, como o mercado de eletricidade é composto por vários serviços e prazos distintos, com desafios particulares de integração, é necessário que a integração desses diversos mercados seja feita em etapas, com crescente granularidade, de modo a garantir a qualidade do serviço e de acordo com o grau de complexidade das diferenças regionais. Consequentemente, é necessário estabelecer um cronograma de harmonização dos desenhos de mercado. Por fim, é igualmente importante avaliar as políticas ambientais que têm efeito sobre o mercado de eletricidade no contexto da integração, como precificação de carbono, incentivos a renováveis e padrões para emissões de poluentes locais.

6. *Articular com autoridades competentes a criação de arcabouço jurídico para a solução de conflitos regionais*

É necessário o envolvimento diplomático dos países para alinhar objetivos nacionais, por exemplo por meio de diálogos bilaterais, multilaterais ou mecanismos de cooperação que possam conferir a adequada segurança jurídica para resolução de conflitos. Isso serve para alinhar esforços de desenvolvimento e cooperação técnica, expandir redes de contato para além dos governos, envolvendo também agentes do setor privado e outros organismos importantes no setor, além de estimular interesse na análise de opções de política pública.

7. *Garantir acesso não discriminatório às interligações internacionais*

Não está claro como e se o acesso ocorre no caso da infraestrutura de interligação internacional. É importante que a alocação de capacidade de interligação seja baseada em acesso de terceiros que não seja discriminatório por motivos de exercício de poder de mercado.

Mapa do Caminho - Integração Energética Sul-americana

Desafios	Recomendações		
	2020 - 2030	2030 - 2040	2040 - 2050
Questões socioambientais	Elaborar estudos socioambientais		
Expansão da infraestrutura para interligação	Retomar estudos de inventário e potencial		
Arranjos comerciais e acordos distintos	Uniformizar os acordos e arranjos comerciais		
Falta de bases de informação	Estruturar base de informação e modelos		
Diferenças nos modos de operação e de comercialização entre os países	Harmonização dos desenhos de mercado		
Percepção de riscos político e regulatório e incerteza da disponibilidade de recursos	Criar arcabouço jurídico para solução de conflitos regionais		
	Garantir acesso não discriminatório às interligações internacionais		