



Grupo de Estudo de Aspectos Empresariais e de Gestão Corporativa e da Inovação e da Educação e de Regulação do Setor Elétrico-GEC

Panorama internacional das Políticas de Inovação do Setor Elétrico: Estudos de Caso de Países Selecionados

NIVALDE DE CASTRO(1); JOSÉ EDUARDO CASSIOLATO(2); MAURÍCIO MOSZKOWICZ(3); RENATA LEBRE LA ROVERE(4); RUBENS ROSENTAL(5); ANDRÉ CÔRTEZ ALVES(6); MARIA MARTHA BRITO(7); ANTONIO PEDRO DA COSTA E SILVA LIMA(8); SELÊNIA HERRERA(9); GESEL/UFRJ(1); UFRJ(2);GESEL/UFRJ(3); UFRJ(4);GESEL/UFRJ(5);GESEL/UFRJ(6); UFRJ(7);GESEL/UFRJ(8); GESEL/UFRJ(9)

RESUMO

O setor elétrico atravessa uma série de transformações tecnológicas no mundo. Há diversas inovações radicais que estão impactando o setor e que estão modificando as características da rede elétrica tradicional do século XX. Em vários países do mundo, diversas inovações vêm sendo incorporadas a partir de incentivos de políticas de fomento à inovação no setor e são resultantes de iniciativas nas empresas. O objetivo deste artigo é apresentar políticas de inovação de um grupo de países desenvolvidos e em desenvolvimento, buscando identificar aquelas que, em conjunto com os arranjos institucionais, promovam a atividade inovadora.

PALAVRAS-CHAVE

Inovação, Políticas públicas, Políticas de Inovação, Análise Internacional, Setor Elétrico

1.0 - INTRODUÇÃO

O setor elétrico atravessa uma série de transformações tecnológicas no mundo. Diversas inovações radicais vêm sendo incorporadas ao setor e estão modificando as características da rede elétrica tradicional do século XX. De acordo com Esteves et al (2016), neste novo contexto os aspectos principais da nova rede incluem: (i) um mix energético alicerçado em dois pilares de sustentação – grandes produtoras e geração distribuída; (ii) uma rede elétrica que incorpora novas tecnologias e novas técnicas de automação, controle e de operação; (iii) uma participação ativa do consumidor final, que pode contribuir, inclusive, para a manutenção do equilíbrio do sistema; (iv) fluxo bidirecional de energia, e (v) soluções de armazenamento distribuído de energia elétrica, com frota de carros elétricos que poderão injetar energia à rede. Esses constituem os pilares que constituem pedra angular do processo de mudança do paradigma tecnológico do setor elétrico.

Em vários países do mundo, diversas inovações vêm sendo incorporadas a partir dos incentivos de políticas de fomento à inovação no setor e são resultantes de iniciativas nas empresas - derivadas de políticas de inovação e de compromissos de redução de emissão de gases de efeito estufa. Todo este cenário faz com que os setores elétricos mundiais se aproximem nos desafios e oportunidades da difusão dos Recursos Energéticos Distribuídos.

O objetivo deste artigo é apresentar experiências de vários países no que se refere à inovação no setor elétrico. Um princípio geral em relação à inovação é a incerteza. Bell et al. (2018) defendem que, se os potenciais benefícios são significativos e ocorrerão em algum momento no futuro, o risco associado às

incertezas deveria ser compartilhado, por exemplo, através de taxas. Além disso, a inovação deveria sustentar toda a transição do sistema de energia, não apenas em um setor. Por exemplo, uma inovação no setor de redes de eletricidade poderia trazer benefícios ao setor de gás (como, por exemplo, redução da necessidade de novos compressores). No caso do setor elétrico, as tendências de descarbonização, digitalização e descentralização e as iniciativas de política pública visando o fomento da inovação devem aumentar a importância da atividade inovadora para as empresas do setor.

A escolha dos países para análise seguiu dois critérios. Em primeiro lugar, buscou-se relatar a experiência dos países com maior tradição em políticas de inovação. Em segundo lugar, buscou-se analisar países que investiram na promoção da inovação como forma de alavancar o desenvolvimento do país. Assim, o grupo de países selecionados foi composto de: Reino Unido, Estados Unidos, Alemanha, Israel, Coreia do Sul, Austrália, China e Índia. Nesses oito países será apresentada uma análise comparativa das políticas, a partir de pesquisa documental em relatórios técnicos, livros, documentos governamentais e base de dados de inovação. A análise comparativa adotou três categorias de análise: instituições, políticas públicas e legislação. Essas categorias serviram de base para traçar comparações, permitindo identificar especificidades na formação, na consolidação e no funcionamento das políticas de inovação no setor elétrico de tais países.

Na seção 2.0 deste artigo serão analisadas as estratégias de incentivo à inovação no setor de energia e, em específico, no setor elétrico. Para tanto, será realizada uma análise referente às missões, iniciativas e políticas de inovação adotadas pelos países analisados. Na seção 3.0 serão apresentadas as novas formas de cooperação para inovação desenvolvidas pelos países com destaque para as redes de inovação. Na seção 4.0 serão destacadas as políticas de incentivo à comercialização de produtos e de serviços desenvolvidas para estimular a colocação das invenções realizadas das empresas, em parceria com outros atores, no mercado. Por fim, na seção 5.0 serão trazidas as considerações finais acerca deste estudo.

2.0 – ESTRATÉGIAS DE INCENTIVO À INOVAÇÃO NO SETOR DE ENERGIA: MISSÕES, INICIATIVAS E POLÍTICAS

Os países analisados na pesquisa realizaram diversas iniciativas e políticas de fomento à inovação no setor de energia a partir de uma visão estratégica de missões. Na União Europeia, criou-se o *European Energy Lab 2030*, um projeto que estabelece missões para o setor de energia. Encabeçado pelo *Economic Council*¹, a iniciativa tem como finalidade responder à questão sobre qual formato deveria ter um mercado competitivo, confiável e inovador de energia na União Europeia. Ao fazer uso de métodos inovadores como *design thinking*, a partir de três *workshops* em Bruxelas, Berlim e Viena, foram desenvolvidas novas ideias e planos para reforçar o mercado transfronteiriço de energia, aumentar a segurança do fornecimento de energia e digitalizar os sistemas de energia (STEIGER et al., 2018). O estudo aponta que a transição energética da Alemanha tem sido cara e ineficiente e, em um contexto de transformações, torna-se necessária uma nova abordagem para todo o continente europeu, baseada no mercado (STEIGER et al., 2018). Nesse sentido, é necessário haver maior flexibilidade, produtores adaptáveis, soluções digitais inovadoras e a expansão da rede transfronteiriça para melhorar tanto a competitividade quanto a segurança na Europa e, especificamente, na Alemanha. O projeto está baseado em quatro “argumentos”, isto é, quatro frentes de ação: (i) a ação climática rentável (*cost-efficient*) requer uma sinalização de preços efetiva, baseada em dióxido de carbono. As metas de redução de pegada de carbono assumidas pela UE devem ser feitas de uma forma custo-eficiente e baseada no mercado; (ii) um mercado cada vez mais renovável exige que os consumidores e os produtores sejam mais adaptáveis; (iii) a digitalização requer uma abordagem *bottom-up* para as inovações. A questão de acesso e de segurança dos dados é essencial para permitir a ação de coordenação em um contexto em que há cada vez mais oportunidades de digitalização; e (iv) o mercado UE precisa de uma expansão acelerada da rede. A rede da Alemanha e da Europa precisa ser acelerada para garantir competitividade e a segurança num contexto de maior volatilidade de fornecimento de energia.

Nos últimos anos, algumas mudanças alteraram a estrutura do mercado europeu. Em primeiro lugar, a liberalização e o impulso da UE para criar um mercado interno integrado empurraram a dinâmica do mercado da energia para um modelo pan-europeu, harmonizado e coordenado. Em segundo lugar, a partir da inovação tecnológica, surgiram as fontes de energia renováveis (FER) para garantir uma maior segurança do abastecimento e combater as mudanças climáticas. De modo geral, as FER costumam ser produzidas de forma mais descentralizada quando comparadas com as fontes tradicionais de energia fóssil, devido à maior conscientização da população em relação à energia, ao progresso tecnológico e à crescente acessibilidade econômica da tecnologia, o que levou a uma produção de energia distribuída e de menor escala.

¹ Também conhecido como *Wirtschaftsrat* der CDU e.V. é a maior associação de negócios do país, representando os interesses de 12 mil pequenas e médias empresas, com o objetivo de promover uma economia social de mercado (*Soziale Marktwirtschaft*).

O Reino Unido tem procurado orientar as políticas públicas na área de energia de acordo com um eixo estratégico, isto é, encorajando fontes de energia de baixo carbono para a geração de energia elétrica. Isso pode ser constatado com a introdução, em 1990, da *Non-Fossil Fuel Obligation* (NFFO), que apoiou a geração de energia nuclear e renovável e ainda por uma série de iniciativas decorrentes desta. Em 2002, o Reino Unido substituiu a NFFO pela *Renewables Obligation* (RO), que continuou apoiando a geração renovável mas não incluiu apoio à geração nuclear. O governo está eliminando gradualmente o sistema de apoio à RO, e a partir de 2017, o principal método de apoio às renováveis vem sendo as tarifas *feed-in* (FIT) implementadas como contratos por diferença (CfD). Os projetos que se qualificam para receber apoio sob este novo sistema incluem instalações de geração de energia renovável, bem como projetos para construir usinas nucleares e instalações de captura e armazenamento de carbono (EIA, 2018). Além disso, outro programa do governo que apoia o uso de fontes renováveis outras fontes é o Piso para o Preço do Carbono (*Carbon Price Floor* - CPF) do Reino Unido, estabelecido em abril de 2013 para o ano fiscal de 2013-14. O CPF do Reino Unido funciona em combinação com o Sistema de Comércio de Emissões (ETS) da EU. Se o preço do carbono do EU ETS for menor do que o do CPF do Reino Unido, os geradores elétricos terão que comprar créditos do Tesouro do Reino Unido para compensar a diferença.

Nos Estados Unidos, há esforços no setor energético com a missão de identificar as necessidades de mercado e antecipar os desafios do ponto de vista da comercialização de inovações. Townsend e Smith (2016) apontam, por exemplo, a criação de órgãos como o Escritório de Transição Tecnológica (OTT na sigla em inglês) dentro do Departamento de Energia (DOE) no sentido de alinhar interesses públicos e privados diante das necessidades do setor. No contexto de definição de missões para o setor elétrico, o EPRI tem papel importante, ao definir metas de longo prazo, reservar uma parte do fundo de desenvolvimento de tecnologia para estudos estratégicos e elaborar anualmente o *Electricity Technology Roadmap*, estudo que aponta tendências de longo prazo e define missões. Ao identificar um tema relevante, o EPRI reúne grupos de empresas que irão contribuir para o desenvolvimento de tecnologia. O Conselho do EPRI define a estratégia de longo prazo com base no *Electricity Technology Roadmap*. Ademais, o EPRI promove uma reunião anual para entregar resultados de projetos e outros eventos para conscientizar as empresas a respeito das tendências tecnológicas de longo prazo.

Na Alemanha, as missões foram definidas a partir do conceito de *Energiewende*, como é chamada a transição energética do país, isto é, trata-se do termo de referência para designar a transição para novas fontes de energia mais limpas. Os objetivos da *Energiewende* na Alemanha são: até o ano de 2050, chegar a um percentual de energias renováveis na matriz elétrica de 80%; uma diminuição de 50% do consumo primário de energia para o mesmo período em relação ao consumo de 2008; e uma redução das emissões de gases de efeito estufa de 80 a 95% em relação aos níveis do ano de 1990, conforme as metas assinadas pela União Europeia. Assim, até 2050, pelo menos 60% da energia consumida deveria ser produzida a partir de fontes renováveis. Para atender a estes objetivos, o governo determinou como diretriz, entre outras, o fortalecimento das empresas alemãs através da inovação no setor energético (ARRANZ, 2016).

A política energética da Alemanha considera principalmente três objetivos: a segurança do abastecimento, a eficiência econômica, e o meio ambiente e clima (GRIGOLEIT e LENKEIT, 2012). Neste sentido, o 6º programa de pesquisa em energia do Governo Federal, no âmbito da *Energiewende*, aborda questões de política industrial, como o uso de tecnologias modernas de eficiência em indústrias intensivas em energia, em pequenas e médias empresas e residências privadas, e o potencial das exportações de tecnologias modernas de energia.

Na Alemanha, com a Lei de Energias Renováveis (EEG pelas siglas em alemão), a partir da qual o governo alemão promove a expansão das energias renováveis e espera, ao mesmo tempo, reduzir os custos e aumentar a participação no mercado total de energia, a inovação representa um impulso para o sucesso do mercado. Consequentemente, os programas de P&D são vitais para muitas empresas envolvidas no setor de tecnologia verde. A Alemanha oferece uma série de incentivos de P&D a nível nacional. De todos os esquemas de financiamento de P&D, os programas com foco tecnológico desempenham o papel mais importante. Além disso, a estratégia de alta tecnologia 2020 do governo alemão oferece generosos subsídios para projetos de P&D em diversos setores dentre os quais clima e energia ocupam posições de destaque (GRIGOLEIT e LENKEIT, 2012).

A Coreia do Sul integrou toda sua política energética em um *Energy Master Plan*, um plano abrangente que cobre todos os setores de energia e coordena planos relacionados ao setor, a partir de uma perspectiva macro. Na Coreia do Sul, as missões do setor de energia são definidas no *National Energy Basic Plan*, que constitui o plano mais importante para a área de energia do país e providencia os princípios e direções para planos para cada setor e fonte de energia, abrangendo o período de 2013 a 2035. Para atingir as políticas listadas no plano, houve mudanças significativas e foram tomadas iniciativas. Houve uma mudança de foco do fornecimento de oferta para gestão da demanda. Dentre as iniciativas que foram tomadas podem ser citadas: *Demand Side Management* por mudanças nos preços de energia; geração distribuída por *Combined Heat and*

Power (CHP), District Energy e New Renewable Energy (NRE); redução de gases de efeito estufa por meio de *Ultra-Supercritical Technology (USC)* e *Carbon Capture Storage (CCS)*; fortalecimento de *Energy Safety Standard* para plantas nucleares; segurança energética por *Oversea Energy Development* e NRE; *Energy Voucher Program for Energy Poverty*.

Na Coreia do Sul, as diretrizes e orientações específicas para o setor elétrico são definidas nos planos intitulados de *Basic Plan for Long-Term Electricity Supply and Demand*. A nova administração da Coreia do Sul, liderada por MoonJae-In, lançou o oitavo *Basic Plan for Long-Term Electricity Supply and Demand (2017-2031)* no final de 2017. O plano reflete os desafios de aumentar a fatia de renováveis, reduzindo energia nuclear e de carvão, tentando manter as tarifas de energia sob controle nesse processo. O objetivo é levar em consideração os compromissos assumidos no Acordo de Clima de Paris. Para isso, o Ministério de Comércio, Indústria e Energia (MOTIE) estima aumento da capacidade instalada na ordem de 50%, partindo de 117 GW e chegando até 173,7 GW em 2030. Assim, a combinação entre renováveis e gás natural deve chegar a 61% do total da capacidade instalada em 2030, com uma participação de energia renovável de 20% na matriz. No entanto, aumentar a fatia de renováveis na Coreia do Sul constitui desafio expressivo, devido à falta de espaço e à oposição de diversos setores da sociedade. O governo desenvolveu, portanto, plano ambicioso para chegar a essa meta, incluindo facilitação de licenças e aumentando o *renewable portfolio standard (RPS)* (GANDOLPHE, 2018). Em 2015, a fatia de renováveis na geração de energia do país foi de 6,6% do total, o que representou um crescimento significativo em dez anos, pois em 2006 essa participação era de 1% (IEA, 2016). Além disso, é importante destacar que os gastos de P&D em tecnologia verde como percentual dos gastos do governo da Coreia do Sul em P&D beiram um quinto do total. O governo traçou uma estratégia de longo prazo para P&D no *Green Energy Strategy Roadmap*, além de lançar uma série de iniciativas, como a *Korea Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP)*, para melhorar a eficiência de P&D de energia.

Na Austrália, a Agência de Ciência da Austrália (CSIRO) e a *Energy Networks Australia* desenvolveram um *Electricity Network Transformation Roadmap* reconhecendo que as redes de eletricidade da Austrália estão enfrentando desafios complexos que afetam a eficiência econômica e a estabilidade técnica do sistema e que o sistema elétrico irá necessitar de investimentos de quase um trilhão de dólares, a serem realizados por prestadores de serviços, novos entrantes e clientes até 2050. Segundo simulações realizadas pelas duas instituições que elaboraram o *Roadmap*, até 45% da oferta de energia elétrica da Austrália poderá ser fornecida por milhões de geradores privados e distribuídos até 2050. Neste sentido, essas mudanças na estrutura de geração, com cada vez mais incorporação de fontes renováveis, impactarão de forma profunda a rede atual de fornecimento de energia elétrica. O objetivo desse *Roadmap* é fornecer às partes interessadas uma visão geral de conteúdo desenvolvido por meio de pesquisa detalhada, a partir dos elementos que somados funcionam como ecossistema da sociedade, tecnológico e subsistemas regulamentares. As cinco áreas de foco das transformações para o setor elétrico australiano relatadas no documento são: (i) eletricidade orientada ao cliente; (ii) abatimento de carbono; (iii) incentivos e regulação de redes; (iv) segurança do sistema de energia; (v) redes e mercados inteligentes. No *Roadmap*, há três elementos-chave para chegar a custos menores, descarbonização, preços justos e maior confiabilidade do sistema elétrico: (i) reforma de preços e de incentivos somada à otimização das redes e dos mercados: significa que adoção de recursos energéticos é permitida e que a entrega de capacidade de rede está em sintonia com cada subestação; (ii) uso eficiente da capacidade, que será alcançada com adoção de 20% de veículos elétricos até 2035, com carga administrada; (iii) e descarbonização do setor elétrico (Energy Networks Australia, 2017a).

3.0 – NOVAS FORMAS DE COOPERAÇÃO PARA INOVAÇÃO

No Reino Unido, em 2010, a *Office of Gas and Electricity Markets (Ofgem)* criou um marco para promoção de investimentos em redes eficientes, ao incentivar empresas do setor elétrico a inovarem a partir da instauração de um modelo de remuneração conhecido como RIIO (*Revenue, Incentives, Innovation, Outputs*), que introduz um novo componente de remuneração ligado à inovação. Por meio do Modelo RIIO², foram definidos um conjunto de objetivos ou produtos, a partir dos quais as empresas se planejam, investem e são compensadas ou penalizadas em função do cumprimento dos objetivos impostos. Esse modelo incentiva as empresas a inovarem para reduzir custos para os consumidores e para ajudar a rede a atender às futuras necessidades de energia do Reino Unido. Como parte dos RIIO-T1 e RIIO-GD1, o Governo britânico introduziu uma rede de estímulo à inovação, denominada de *Network Innovation Stimulus*, que inclui dois *Network Innovation Competitions (NICs)* anuais para empresas de transmissão de eletricidade e um para empresas de rede de

² Existem três tipos de controle de preços no atual RIIO (RIIO-1), cobrindo quatro setores: o RIIO-T1 controla os preços de transmissão de gás e transmissão de eletricidade; o RIIO-GD1, de distribuição de gás; e o RIIO-ED1, de distribuição de eletricidade. Cada um deles foi projetado para ser executado por um período de oito anos, sendo o RIIO-T1 de 2013 a 2021 e o RIIO-ED1 de 2015 a 2023. Já está prevista uma nova versão deste modelo, o RIIO-2, que incentive as empresas de transmissão e distribuição a colocar as partes interessadas no centro de seu processo de tomada de decisões e a investir para garantir serviços contínuos, seguros e confiáveis (ver página web da RIIO).

gás. Por meio dos NICs, as empresas são responsáveis pelo financiamento de pesquisa, demonstração de novas tecnologias e arranjos operacionais e comerciais.

Segundo Bell et al. (2018), a principal vantagem do período de controle de longo prazo presente no modelo RIIO do Reino Unido é fornecer um incentivo para que as empresas inovem. Se as empresas investirem em inovação no início do período, terão tempo para obter um retorno, reduzindo o custo de entrega do serviço de seus clientes e atendendo as condições de licenciamento a um custo menor do que o assumido na liquidação do controle de preços. Somente sob tais circunstâncias elas poderiam colocar seu dinheiro em risco na busca de métodos e tecnologias inovadores.

De modo geral, em um contexto de gastos públicos continuamente pressionados, os conselhos de pesquisa sofrem restrições assim como os demais outros órgãos públicos. Assim, o apoio oferecido pela *Network Innovation Allowance* (NIA) e *Network Innovation Competition* (NIC) é extremamente valioso para assegurar que o trabalho acadêmico tenha impacto a nível setorial e a financiar pesquisas. Outros exemplos de políticas públicas destinadas a fomentar a inovação no setor elétrico são a Rede de Energia de Baixo Carbono para o Desenvolvimento (LCEDN, pelas siglas em inglês) que está proporcionando um programa de atividades de capacitação e parceria para apoiar o desenvolvimento e a iniciativa de pesquisa sobre a Transformação do Acesso à Energia do Departamento para o Desenvolvimento Internacional (DfID, pelas siglas em inglês) (BAGLEY et al., 2018).

Nos Estados Unidos, o Departamento de Energia norte-americano (DOE) desempenha um importante papel no âmbito da inovação no país. Este órgão possui como principal objetivo as pesquisas básica e aplicada no setor de energia do país. Por meio de iniciativas como o *Loan Programs Office* (LPO) e o *Advanced Research Projects Agency-Energy* (ARPA-E), o DOE financia atividades de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias no setor energético. O Departamento promove ainda a interação entre diversos agentes tais como a indústria, a academia e o governo, fortalecendo a rede de inovações do setor de energia do país e criando um ecossistema propício para o desenvolvimento de atividades inovativas³. Em termos de infraestrutura, o DOE conta com 17 laboratórios nacionais que têm como objetos de estudo diversos temas relacionados à energia. Estes laboratórios se constituem ainda como motores para o crescimento econômico de diversas cidades e comunidades ao longo do país. Os laboratórios do DOE foram criados no âmbito da segunda guerra mundial frente às necessidades do país de investimento em pesquisa científica. Embora estejam associados ao DOE, os laboratórios são marcados pela multidisciplinaridade e são focados na transformação da pesquisa básica em inovação. Com relação às redes de interação constituídas no âmbito da atuação dos laboratórios do DOE, merece destaque ainda a inclusão de universidades e centros de pesquisa públicos e privados de reconhecido prestígio internacional. De acordo com Townsend e Smith (2016) isto se configura como um importante diferencial dos EUA para a inovação na área de energia na medida em que atrai pesquisadores altamente capacitados, além de permitir o acesso a ferramentas e estruturas de alto nível.

Nos Estados Unidos, a ARPA-E é uma agência pertencente ao DOE que possui como objetivo financiar projetos de pesquisa relacionados à energia que são caracterizados pelos altos riscos envolvidos e que, conseqüentemente, afastam o interesse de agentes do setor privado. Utilizando os termos empregados por Jenkins e Mansur (2011), a agência foca em projetos de médio e longo prazo que tenham alto potencial para inovação no setor energético, mas que se encontram no chamado 'vale da morte' tecnológico. Os projetos financiados pela agência envolvem laboratórios do governo, setor privado e ainda universidades e centros de pesquisa, se configurando como um elemento de coesão no âmbito da rede de inovações no setor elétrico norte-americano.

Os *hubs* de inovação em energia também estão associados ao Departamento de Energia norte-americano e são focados em questões específicas e que não foram solucionadas pela via convencional de investimentos através de recursos de P&D. Os *hubs* combinam pesquisa básica com questões de engenharia buscando acelerar o desenvolvimento científico no setor de energia.

Na caso da Coreia do Sul, houve colaboração entre uma série de instituições, principalmente uma forte parceria entre o governo e empresas privadas, para promover a introdução de uma rede inteligente no sistema elétrico do país na ilha Jeju, com vistas a aprimorar a eficiência do consumo de energia elétrica para redução de emissão de CO₂. As principais áreas contempladas pelo projeto são: (i) infraestrutura de rede inteligente (*smart power grid*); (ii) lugar inteligente (*smart place*); (iii) transporte inteligente (*smart transportation*); (iv) renovável inteligente (*smart renewable*); e (v) serviços inteligentes de eletricidade (*smart electricity services*). As principais características do projeto da ilha Jeju são: (i) colaboração público-privada com investimentos expressivos; (ii) sistema de teste para demonstrar como será a gestão futura da redes e

³ Para mais informações, acessar o seguinte link: <https://www.energy.gov/science-innovation>. Acesso em: 12/06/2018

como podem ser apoiadas por plataformas modernas de TI; (iii) apoio das três principais empresas de telecomunicações do país (KT, SKT e LG), que estão testando uma variedade de serviços de *smart grid*.

Já na Austrália, a inovação do sistema elétrico passa pelo desenvolvimento de melhorias produtivas e alocativas de eficiência. Essas melhorias constituem o foco tradicional e são incentivadas pelo regime de receita e de precificação da rede australiana. Deste modo, o país estruturou uma série de programas para fomentar inovações energéticas, fornecendo financiamento público a projetos de inovação relevantes para o setor. A Iniciativa dos Centros de Crescimento da Indústria, por exemplo, fornece um total de \$250 milhões em financiamento para projetos ao longo de quatro anos (2017-2020). Esses centros foram estabelecidos com o objetivo de fornecer inovação, produtividade e competitividade a seis setores industriais, incluindo o setor de recursos energéticos. O *Australian Research Council* fornece financiamento de \$50 mil a \$300 mil dólares por ano, de dois a cinco anos, para projetos que incluam colaboração (*linkages*) entre universidades e outros atores do sistema de inovação. Tanto a nível federal quanto estadual os governos estão realizando esforços de redes de inovação financiando determinados projetos, como: o projeto *Ausgrid's CDB Embedded Generation*, que recebeu \$ 460 mil do governo de New South Wales; e o projeto *Smart Grid, Smart City*, que recebeu do governo australiano um financiamento de \$100 milhões. O financiamento do governo foi complementado por contribuições da indústria.

Um dos principais mecanismos para incentivar inovação nas empresas e conseqüentemente, nas redes de distribuição de eletricidade do país tem sido o Subsídio de Inovação na Gestão da Demanda, *Demand Management Innovation Allowance* (DMIA). Esse instrumento consiste num subsídio à inovação, isto é, entre 100 mil e 1 milhão de dólares australianos por empresa ao ano aplicado a todas as distribuidoras na região leste da Austrália (Energy Networks Australia, 2017b). No entanto, é importante ressaltar que essa fonte de financiamento é especificamente voltada para atividades de gerenciamento de demanda e não inclui todos os tipos de inovações (Energy Networks Australia, 2017b). Além da iniciativa DMIA, a Austrália conta com duas instituições-chave que apoiam inovação nas empresas do setor elétrico: a *Australian Renewable Energy Agency* e a *Clean Energy Finance Corporation*. A Agência Australiana de Energia Renovável, *Australian Renewable Energy Agency* (ARENA), fornece financiamento para a realização de avanços em energias renováveis de pesquisa básica até a implementação no estágio inicial de comercialização, enquanto que a Corporação Financeira de Energia Limpa, *Clean Energy Finance Corporation* (CEFC), oferece empréstimos a juros baixos para aumentar o fluxo de fundos em recursos energéticos renováveis comprovados comercialmente, mas que requerem suporte para se tornarem competitivos. O CEFC pode investir em projetos de estágios iniciais, os quais contam com risco aceitável (Energy Networks Australia, 2017b).

A China estruturou uma série de arranjos para estimular a relação comercial entre fornecedores e empresas do setor. O país possui um plano de expansão da capacidade de geração e da rede de eletricidade do país que prevê investimentos na ordem de US\$ 2 trilhões no período compreendido entre os anos de 2001 e 2030. Como resultado, espera-se que a demanda por novas tecnologias aumente consideravelmente. Neste contexto, é estimulado o uso de tecnologias locais tanto para expansão da rede quanto para a construção de novas unidades geradoras. Nos casos em que há a necessidade do uso de tecnologia estrangeira, são criados mecanismos de transferência da mesma para a China (KARPLUS, 2007). Dado o papel determinante dos custos nas decisões de investimentos dos agentes, as escolhas das fontes de geração e as tecnologias empregadas são determinadas por meio da comparação de preços. Neste contexto, empresas fornecedoras de bens e serviços reconhecidas internacionalmente formaram *joint ventures* com empresas chinesas de modo a reduzir custos e tornar suas ofertas (*bids*) atrativas para proprietários de unidades geradoras e ainda para entidades governamentais responsáveis pelo planejamento do setor elétrico chinês. Tais grupos priorizam a adoção de tecnologias desenvolvidas em território chinês. Ainda que empresas fornecedoras com reputação internacional tais como Alstom e GE predominem, é preciso destacar os avanços recentemente conquistados pelos fabricantes chineses. As empresas fornecedoras internacionais conquistaram espaço na China por meio do estabelecimento de parcerias com empresas locais, favorecendo a difusão de tecnologias mais avançadas no país. Ainda assim, o grau de difusão destas tecnologias está fortemente associado a fatores como custos relativos, níveis tarifários praticados e o ambiente institucional e regulatório vigente.

Na Índia, o *National Electricity Plan* (NEP) da Índia projeta uma instalação média de energia renovável na ordem de 21 a 22 GW, ao ano, pelos próximos anos. O cenário das energias renováveis melhorou drasticamente, com os custos de energia eólica e de solar caindo 50% em apenas dois anos, permanecendo ao redor de US\$ 0,038 por kWh (Buckley e Shah, 2017). Um fator-chave para a expansão de energia renovável no país foi o sistema de *buy-in*⁴ de grandes empresas na Índia e globalmente. A *National Thermal Power Corporation Limited* (NTPC), maior concessionária do setor elétrico da Índia, ajudou a reduzir os custos

⁴ *Buy-in* ocorre quando um investidor é forçado a recomprar ações, porque o vendedor não entregou os títulos (*securities*) em tempo hábil ou não os entregou de forma alguma.

solares para menos de R\$⁵ 3 por kWh, em apenas dois anos, e tem uma estratégia corporativa que envolve a facilitação de 15 a 25 GW de investimento em energias renováveis (Buckley e Shah, 2017).

4.0 – POLÍTICAS DE INCENTIVO À COMERCIALIZAÇÃO DE PRODUTOS E SERVIÇOS

Nos Estados Unidos, o *Loan Programs Office* (LPO) foi criado pelo Congresso norte-americano em 2005 com o objetivo de promover a comercialização de atividades inovativas em energia e na indústria automobilística do país facilitando a obtenção de recursos e viabilizando que as novas tecnologias alcancem a etapa de comercialização. Uma vez que a tecnologia atinge a escala necessária do ponto de vista comercial, o financiamento via LPO cessa e este papel é então assumido por agentes do setor privado. Dentre as iniciativas do LPO relacionadas ao setor de energia elétrica, destaca-se o chamado Title XVII, que já concedeu mais de US\$ 4,5 bilhões em garantias de empréstimos voltadas para projetos relacionados a energias renováveis e eficiência energética. Até abril de 2018, o portfólio do LPO contava com 25 projetos no âmbito do Title XVII⁶. Dentre os temas dos projetos apoiados pelo Title XVII, destacam-se as áreas de energia fotovoltaica, eólica, nuclear, tecnologias de armazenamento e bioenergia. Após o fechamento de um acordo de empréstimo ou de garantia de empréstimo, os projetos passam então a ser monitorados e avaliados ao longo de todo o seu processo de desenvolvimento, construção e operação, até que o valor gasto seja reembolsado. A responsabilidade então passa da divisão de origem na LPO para a divisão de Gerenciamento de Portfólio (PMD na sigla em inglês). Esta última se encarrega de monitorar os projetos de modo a garantir que o desenvolvimento do projeto ocorra de acordo com os termos e prazos estabelecidos previamente no contrato de financiamento. É realizado ainda um acompanhamento do projeto após sua finalização com o objetivo de assegurar que o projeto terá desempenho capaz de gerar receita suficiente para garantir o reembolso do valor financiado (DOE, 2018). Vale destacar que esta iniciativa é voltada para estágios iniciais da comercialização das inovações e não para a etapa de pesquisa básica e desenvolvimento.

Além dos *Loan Programs Office* (LPO), em 2009, nos Estados Unidos, foram estabelecidos os Centros de Pesquisa de Fronteira Energética (EFRCs), instituições criadas para acelerar as transformações tecnológicas no setor energético dos Estados Unidos. Esses centros estão associados ao Programa de Ciências Básicas de Energia (BES na sigla em inglês) e buscam subsidiar a pesquisa básica e aplicada relacionada à área de energia nos Estados Unidos seguindo a mesma lógica de preencher o gap existente entre a pesquisa básica e a comercialização de um novo produto. Este programa também é marcado pela forte interação entre centros de pesquisa multidisciplinares e outros agentes tais como universidades, laboratórios nacionais, entidades sem fins lucrativos e empresa de modo a estimular a pesquisa na área.

O *Electric Power Research Institute* (EPRI) tem uma preocupação constante em colocar produtos no mercado. Por exemplo, na área de *software*, o EPRI faz testes de qualidade do *software* desenvolvido; se empresa passa pelo teste o EPRI ajuda a licenciar o *software* e pagar *royalties* para pesquisas futuras. O estímulo a *spin-offs* e *startups* faz parte das atividades do EPRI, que tem o cuidado de levar as empresas a ter um produto final até a fase de comercialização e assistência à utilização do produto, evitando assim o Vale da Morte. Como projetos de tecnologia às vezes geram produtos que não podem ser utilizados porque a empresa que contratou não sabe como utilizar estes produtos, o EPRI acompanha sistematicamente a implantação das tecnologias e também levanta reclamações. O *feedback* dos usuários é assim utilizado para dar continuidade aos projetos. Por ter uma estrutura enxuta, com trabalhos por projeto e contratos de trabalho anuais (que correspondem à duração dos projetos), o EPRI consegue se adaptar rapidamente às flutuações econômicas, apresentando uma postura pragmática: em tempos de crise reduz orçamento de projetos e remaneja fundos entre áreas, caso necessário; e, em tempos de bonança, o EPRI expande as contratações de projetos. As patentes dos projetos desenvolvidos são do EPRI, que posteriormente as licencia ou comercializa.

A *Advanced Research Projects Agency-Energy* (ARPA-E) financia projetos de pesquisa por um a três anos e o valor financiado varia de acordo com cada projeto. Neste período, os projetos são avaliados de acordo com o seu potencial de inovação. Nesta etapa os projetos podem ser descartados e substituídos ou podem seguir adiante na cadeia de inovação. A questão da possibilidade de comercialização do projeto também é uma das preocupações da agência. Os entraves e obstáculos associados a esta etapa são mapeados desde a entrada do projeto no programa e viabilizando a sua colocação no mercado. Ademais, os projetos selecionados para financiamento pela ARPA-E podem ser consequência da identificação de gaps tecnológicos específicos ou podem ainda ser projetos de qualquer tipo, mas que tenham sido identificados por seu alto potencial inovativo para o setor energético. De acordo com Townsend e Smith (2016), até 2016 o programa havia financiado mais de 475 projetos na área de energia. 45 destes projetos haviam atraído mais de US\$ 1,25 bilhão de dólares do setor privado.

⁵ 1 Rúpia = 0,015 dólares americanos.

⁶ Dados disponíveis em <https://www.energy.gov/lpo/about-us-home>

A Alemanha oferece diversos pacotes de incentivos para reembolsar as despesas de investimentos em projetos. Os projetos *greenfield* são apoiados por diversos canais. Este tipo de projeto envolve atividades incipientes e que ainda não tenha fluxo de receita.

Com relação ao estímulo à comercialização dos resultados de projetos, em Israel, a Israel Electric Corporation (IEC)⁷, maior player do setor elétrico de Israel, estabeleceu uma unidade denominada KARAT⁸, que fornece uma estrutura de investimento e de serviços de suporte para desenvolver, avançar e comercializar ideias inovadoras em áreas relacionadas a energia (Shaviv et al, 2013). Essa iniciativa está alinhada às transformações pelas quais o setor elétrico atravessa, tendo como objetivo, portanto, criar soluções de energia elétrica de fontes renováveis, reduzir custos de energia e aumentar a eficiência do sistema, com o objetivo de diminuir a dependência global dos combustíveis a base de carbono. Por meio da KARAT, faz-se uma seleção de empreendedores e inovadores para submeterem propostas relacionadas à área de energia. As propostas selecionadas recebem apoio financeiro, acesso a grande grupo de especialistas, acesso a uma rede elétrica, serviços de desenvolvimento de negócios e acesso a parceiros estratégicos globais. Esta iniciativa tem como objetivo consolidar um centro de excelência com conhecimento especializado em tecnologias relacionadas a energia.

Na Coreia do Sul, como esforço para avançar na comercialização de tecnologias de redes inteligentes, o governo planeja criar distritos de base (*base districts*) personalizados em torno de cada área metropolitana. Esse programa visa resolver obstáculos que possam surgir para comercialização das tecnologias, ao fornecer tecnologias sob medida para pequenas e médias empresas em todo o país. Além disso, o governo garantirá a gestão inteligente da demanda e, ao mesmo tempo, incentivará e convidará prestadores de serviços de redes inteligentes para o mercado do setor elétrico (Cheong, 2013).

5.0 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A observação dos casos dos diversos países traz uma série de considerações relacionadas à promoção da inovação. Os casos analisados mostram uma preocupação em fomentar empresas de pequeno porte, definir setores estratégicos de atuação, estimular a cooperação entre Governo, empresas e universidades e, no caso de alguns países, a cooperação envolve também instituições da sociedade civil. O grau de participação direta do Governo no fomento à inovação varia de acordo com o país. Ao mesmo tempo, foi possível observar, em todos os casos analisados, que o papel do Governo é não apenas o de fomentar como também o de articular políticas de inovação, reconhecendo que a atividade inovadora é decorrente de interações e de cooperação.

Os países da Europa são fortemente afetados pelas políticas da União Europeia, o que faz que sua inovação se caracterize por ser principalmente “de cima para baixo”, ou seja, estimulada por políticas públicas. Em termos técnicos, comerciais e regulatórios, o setor energético destes países ainda se organiza conforme a cadeia de valor tradicional de produção, transmissão, armazenamento e distribuição de energia. No entanto, o atual mercado europeu de energia é bastante dinâmico. Nos últimos anos, sua estrutura vem se alterando. A liberalização e o impulso da UE para criar um mercado interno integrado empurraram a dinâmica do mercado da energia para um modelo pan-europeu, harmonizado e coordenado. Em segundo lugar, a partir da inovação tecnológica, surgiram as fontes de energia renováveis (FER) para garantir uma maior segurança do abastecimento e combater as mudanças climáticas. De modo geral, as FER costumam ser produzidas de forma mais descentralizada se comparadas com as fontes tradicionais de energia fóssil, devido a uma maior conscientização da população em relação à energia, ao progresso tecnológico e à crescente acessibilidade econômica da tecnologia, o que levou a uma produção de energia distribuída e em menor escala. Para que a regulação vigente possa cumprir eficazmente seu papel em relação à inovação no mercado energético europeu, duas possíveis respostas poderiam ser o alinhamento regulatório e a inovação regulatória. O alinhamento regulatório significa alinhar a regulação não apenas às demandas institucionais, estabelecendo coerência entre diferentes instrumentos reguladores e diferentes níveis de governança dos arranjos institucionais, como também às demandas das organizações que atuam no setor. Já a inovação regulatória representa novas formas de regulação cujo objetivo é atender às tendências tecnológicas do setor, que são a descarbonização, a digitalização e a descentralização. Nesse contexto, o Reino Unido é um importante ator na área de pesquisa e inovação para a transição energética de baixo carbono nos países em desenvolvimento. Segundo Bell et al. (2018), a principal vantagem de um período de controle de longo prazo, presente no modelo RIIO, é fornecer um incentivo para que as empresas inovem. Se as empresas investirem em inovação no início do período, elas terão tempo para obter um retorno, reduzindo o custo de entrega do serviço a seus clientes e atendendo as condições de licenciamento a um custo menor do que o assumido na

7 Por ser a única concessionária do país, a IEC realiza toda a geração, transformação, distribuição, fornecimento e comercialização de energia elétrica para Israel. A IEC é operada pelo governo israelense, que possui 99,95% de suas ações e que cria e aplica regulamentos rigorosos que regem as regras de operação da IEC (Shaviv et al, 2013).

8 Acrônimo hebraico que significa “acelerar ideias tecnológicas”.

liquidação do controle de preços. Somente sob tais circunstâncias elas poderiam colocar seu dinheiro em risco na busca de métodos e tecnologias inovadores.

Nos Estados Unidos, a importância da atividade inovadora tende a crescer à medida que o fornecimento de eletricidade passe a utilizar mais fontes alternativas e a atender às novas demandas dos consumidores surgidas com o processo de descentralização da produção. O arranjo institucional para a produção de tecnologia no setor energético e os mecanismos de financiamento à inovação apresentados são robustos e devem dar conta dos desafios tecnológicos atuais. A experiência do EPRI mostra de que forma pode haver promoção de inovações disruptivas pelas empresas de forma ágil e em parceria com universidades e com o Governo. O sistema setorial de inovação nos EUA possui ampla participação do Estado, com destaque para a atuação do Departamento de Energia do país e seu envolvimento no âmbito das atividades inovativas realizadas no setor elétrico. Essa presença é especialmente relevante nas etapas iniciais de pesquisa básica e desenvolvimento dos projetos e também nas etapas finais nas quais ocorrem a inserção do produto da inovação no mercado.

A maior empresa de energia elétrica de Israel, a IEC, estabeleceu uma unidade denominada de KARAT, que fornece uma estrutura de investimento e de serviços de suporte para desenvolvimento e para comercialização de ideias inovadoras na área de energia.

Na Coreia do Sul, o governo traçou uma estratégia de longo prazo para P&D no *Green Energy Strategy Roadmap*, além de lançar uma série de iniciativas, como a *Korea Energy Technology Evaluation and Planning* (KETEP), para melhorar a eficiência de P&D de energia.

A China passou por uma série de reformas e elaborou diversos programas de apoio à inovação cujo foco foi mudando ao longo do tempo. Inicialmente com o objetivo de desenvolver tecnologia em áreas específicas, os programas foram sendo gradualmente modificados, à medida que o Estado chinês percebeu as fraquezas do empresariado local, os limites da transferência de conhecimento externo para o país, a importância de desenvolver produtos protegidos por propriedade intelectual e a relevância de ter produtos com aderência a padrões internacionais.

Na Austrália, dentre as iniciativas apresentadas nesta seção, destaca-se o *Demand Management Innovation Allowance* (DMIA), que consiste em um subsídio para incentivar inovação nas redes de distribuição de energia elétrica. No entanto, quanto ao *framework* regulatório, as disposições regulamentares atuais não são suficientemente dinâmicas porque não promovem eficiência e inovação de maneira ótima no longo prazo.

As iniciativas do governo da Índia para fomento às fontes renováveis são tanto iniciativas de políticas públicas quanto intervenções regulatórias. Para a expansão de energia renovável, o governo indiano realizou uma série de iniciativas. Um fator-chave para a expansão de energia renovável na Índia foi o sistema de *buy-in* de grandes empresas na Índia e globalmente.

Em suma, a maior lição trazida pelas experiências dos países analisados é de que o Estado desempenha um papel fundamental para as empresas do setor elétrico, não apenas no que se refere a novas formas de regulação que promovam maior concorrência entre empresas, como também na articulação dos agentes envolvidos nas atividades inovadoras e no fomento à inovação.

6.0 - BIBLIOGRAFIA

- (1) ARRANZ I. La transición energética en Alemania. Energiewende. ICEX – España Exportación e Inversiones, 2016.
- (2) BAGLEY C., BROWN E., CAMPBELL B., CLOKE J., CAMERON S., COLLINGS S., GUNNING R., KABELL H., MCDONNELL J., SENG TO L., TURNER B. Mapping the UK Research & Innovation Landscape: Energy & Development. UK Low Carbon Energy for Development Network, Energy 4 Impact and the Knowledge Transfer Network com a colaboração de IOD-PARC, 2018.
- (3) BELL, K.; GROSS, R.; WATSON J. Ofgem RII0-2 Consultation - Response from the UK Energy Research Centre (UKERC). UK Energy Research Centre (UKERC), 2018. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&ved=2ahUKEwiOv777jZzeAhWSDOwKHeuIBIYQFjAFegQIAhAC&url=http%3A%2F%2Fwww.ukerc.ac.uk%2Fasset%2F5096CBE5-8FC6-4908-8002E9166CD2D760%2F&usq=AOvVaw0uMWbcYnQLATa5ehFa4Va> Acesso em: 15/06/2018.
- (4) CHEONG, S. South Korea: a Paradigm Shift in Energy Policy. Living Energy: No. 8, 2013. Disponível em: <https://www.energy.siemens.com/br/pool/hq/energy-topics/living-energy/issue-8/essay-south-korea->

SeungIlCheong-Living-Energy-8.pdf Acesso em: 15/06/2018.

- (5) ENERGY NETWORKS AUSTRALIA (a). Electricity Network Transformation Roadmap: Final Report. Energy Networks Australia: CSIRO. 2017. Disponível em: https://www.energynetworks.com.au/sites/default/files/entr_final_report_april_2017.pdf Acesso em: 23/06/2017.
- (6) ENERGY NETWORKS AUSTRALIA (b). Network Innovation: Discussion Paper. 2017. Disponível em: https://www.energynetworks.com.au/sites/default/files/network_innovations_26072017.pdf Acesso em: 23/06/2017.
- (7) ESTEVES, Jorge et al. Smart Grid: Uma Visão da Regulação. In: CASTRO, Nivalde de; DANTAS, Guilherme. Políticas Públicas para Redes Inteligentes. Rio de Janeiro: Publit Soluções Editoriais, 2016. p. 105-128.
- (8) GANDOLPHE. South Korea's New Electricity Plan: Cosmetic Changes or a Breakthrough for the Climate? Éditoriaux de L'Ifri. Édito Énergie, IFRI. 2018.
- (9) GRIGOLEIT T., LENKEIT D. The Renewable Energy Industry in Germany - A glance at industry promotion policies in selected energy sectors, 2012.
- (10) IEA. World Energy Balances. IEA. Korea Energy Agency. 2016.
- (11) SHAVIV, E.; CAINE, M.; GROSSMAN, G. Clean Energy Innovation Policy in Israel: Identifying Fundamental Principles through a Case Study of Smart Grid Policy. The Samuel Institute for Advanced Studies in Science and Technology and the London School of Economics. Disponível em: <https://www.neaman.org.il/Files/6-384.pdf> Acesso em: 2/07/2018. 2013.
- (12) STEIGER, W.; GERDING, R.; FUGGER, K.H. Proposals for a competitive, reliable and innovative EU energy market in 2030. 2017. Disponível em: https://www.kas.de/c/document_library/get_file?uuid=d490680b-ff2c-eb26-9393-14cd8bd13671&groupId=252038 Acesso em: 12/12/2018.