

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARCEL HERMANO DALL PAI

**SETOR ELÉTRICO: CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA E TENDÊNCIAS PARA O
SETOR DE GERAÇÃO CENTRALIZADA DE ENERGIA**

CURITIBA

2023

MARCEL HERMANO DALL PAI

SETOR ELÉTRICO: CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA E TENDÊNCIAS PARA O
SETOR DE GERAÇÃO CENTRALIZADA DE ENERGIA

Artigo apresentado ao Curso de Pós-graduação em Gestão Estratégica de Energias Naturais Renováveis, do Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Especialista em Gestão Estratégica de Energias Naturais Renováveis.

Orientador: Prof. Dr José Osório do Nascimento Neto

CURITIBA

2023

Setor Elétrico: Contextualização Histórica e Tendências para o Setor de Geração de Energia

Marcel Hermano Dall Pai

RESUMO

Atualmente, o Brasil possui uma das matrizes elétricas mais limpas e robustas do mundo, todavia, ao passo que migramos de um sistema de geração majoritariamente hídrico, com o advento das usinas eólicas e solares, trazemos mais complexidade na operação do sistema, uma vez que, nossa base de geração passa a perder seu caráter despachável, impactando a atuação dos agentes setoriais, planejamento da operação e leilões de energia. Toda esta transição, da geração ao consumo de energia, deve trazer mudanças estruturais relevantes ao sistema e ao comportamento dos agentes. Discutir este cenário é de extrema importância para garantir a perenidade do setor elétrico, bem como a manutenção de suas características de confiabilidade, renovabilidade, descarbonização e políticas ESG. Este trabalho, em linhas gerais, busca contextualizar a evolução do setor elétrico, discutir as grandes tendências de médio e longo prazo, avaliar as oportunidades e movimentos que o mercado deve experimentar, desvendar como os impactos que as alterações hoje tidas como “*big bets*” vão influenciar o sistema, e, por fim, qual será o papel e a importância dos agentes do setor nesta transição.

Palavras-chave: Leilões de energia. Estatais e privatizações. Geração Centralizada. Matriz de Geração. Hidrogênio Verde. Descarbonização. ESG.

ABSTRACT

Currently, Brazil has one of the cleanest and most robust energy systems in the world, however, as we migrate from a mostly hydroelectric generation system, with the advent of wind and solar power plants, we bring more complexity in the operation of the system, since our generation base starts to lose its dispatchable nature, impacting the performance of agencies, organizations, and energy auctions. This entire transition, from generation to energy consumption, should bring relevant structural changes to the system and the behavior of agents, discussing this scenario is extremely important to guarantee the continuity of the electricity sector, as well as the maintenance of its characteristics of reliability, renewability, decarbonization and ESG policies. This work, in general terms, seeks to contextualize the evolution of the electricity sector, discuss the major trends for evolution in the medium and long term, evaluate the opportunities and movements that the market must experience, unravel the impacts that the changes today considered as “*big bets*” will influence the system, as well as what will be the role and importance of sector agents in this transition.

Keywords: Energy auctions. State-owned enterprise (SOE) and privatizations. Centralized Generation. Energy Sources. Green Hydrogen. Decarbonization. ESG.

1 INTRODUÇÃO

Durante os anos de 1930 a 1950, de acordo com Macedo (2016), a escassez de eletricidade despertou no governo federal a necessidade de intervir no sistema elétrico brasileiro (SEB) de maneira a permitir um maior ordenamento institucional do setor, obedecendo a uma lógica mais ampla e que compreenderia à nova dinâmica do sistema capitalista de produção no Brasil. O fato é que a partir de 1930, o Brasil iniciou uma nova fase de crescimento econômico, para tanto, fez-se necessário construir uma infraestrutura capaz de assegurar esse novo modelo de crescimento da economia brasileira, sendo o SEB considerado estratégico nesse sentido porque guarda relação direta com o avanço das atividades produtivas, com o desenvolvimento tecnológico, industrialização e com o aumento do grau de urbanização do país. A título de exemplo do início deste novo modelo e direcionamento político na década de 30, pode-se citar a promulgação do Código das Águas, em 1934, o qual atribuiu à União o poder de autorizar ou conceder o aproveitamento da energia hidráulica, que passa, a partir das décadas subsequentes, a ser o principal vetor energético brasileiro.

Segundo Kishinami (2016), este modelo prevaleceu até início da década de 90, onde o setor elétrico brasileiro era controlado pelo setor público, que tinha como responsabilidade a operação, geração, transmissão, distribuição e comercialização da energia elétrica no mercado. Com a crise do petróleo de 1979 e a alta inflação nos anos 1980 houve uma elevação significativa do serviço da dívida das empresas estatais de energia, uma vez que as tarifas eram mantidas artificialmente em níveis baixos com o intuito de auxiliar o controle da inflação; tal situação acabou culminando em um processo de privatização e reestruturação do setor elétrico. Em 1992, o governo Collor lança o Plano Nacional de Desestatização (PND), que tinha como objetivo privatizar as empresas estatais, a começar pelo setor de energia elétrica; o

processo se daria inicialmente com a venda das concessionárias federais atuantes no ramo de distribuição.

Ainda na década de 1990, foi criada a estrutura regulatória composta pelo órgão fiscalizador e regulador, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e por duas entidades de direito privado, o Operador Nacional do Sistema (ONS) e o Mercado Atacadista de Energia Elétrica (MAE), atualmente Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), ambos criados em 1998.

A liberalização do mercado gerou a descentralização e reorganização do setor de acordo com práticas empresariais vigentes no período. Na forma de mercado livre, a geração e a oferta de eletricidade atingiram estruturas de mercado mais competitivas, enquanto a distribuição e transmissão se caracterizavam por estruturas de mercado mais concentradas.

Tido como um grande divisor de águas na política de planejamento do sistema elétrico, a crise hídrica de 2001, que além de ter afetado o PIB de forma geral (segundo Sauer (2023), estima-se que as perdas chegaram a mais de vinte e cinco bilhões de dólares), causou grande insatisfação por parte dos consumidores em decorrência da adoção de políticas de escassez hídrica, utilização de energia de fontes térmicas e não-renováveis e preços alcançando o teto da curva histórica. Em resposta à crise do setor, o governo federal elaborou, em 2004, o “Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro” com o objetivo de garantir segurança no abastecimento. Nesse novo modelo, com maior intervenção do governo, as distribuidoras atenderiam 100% de sua necessidade através de contratos de longo prazo negociados através de leilões competitivos. Os leilões passaram a ser promovidos pela CCEE, seguindo o formato no qual o ofertante com o menor preço é o vencedor do leilão. Somente projetos com licenças ambientais seriam leiloados e haveria leilões que abarcassem todas as fontes de energia (KISHINAMI, 2016).

Após a última reestruturação com a entrada do Novo Modelo do Setor Elétrico de 2004, a estrutura de coordenação do setor passou a contar com seguintes instituições:

- Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) - Fixação das diretrizes da política energética.
- Ministério de Minas e Energia (MME) - Execução da política energética (Poder Concedente).

- Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) - Responsável pelo acompanhamento e avaliação da continuidade e segurança do suprimento eletroenergético do território nacional.
- Empresa de Pesquisa Energética (EPE) - Responsável pelo planejamento do setor e por estudos de médio e longo prazo, apontando tendências e direcionamento do setor energético nacional.
- Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) - Responsável pela regulação, fiscalização e mediação setorial.
- Operador Nacional do Sistema (ONS) - Responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN).
- Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) - Responsável pelo gerenciamento dos contratos de compra e venda de energia elétrica e pela contabilização e liquidação de curto prazo.

Atualmente, cabe a essas instituições o planejamento, coordenação e operação das atividades que vão da produção de energia a sua entrega aos consumidores. É fundamental ressaltar a importante participação das empresas geradoras, transmissoras, distribuidoras e comercializadoras de energia, que dão sustentação a operação dos agentes acima mencionados.

O atual modelo estabelecido nos últimos anos, tem firmado sua base em premissas como garantir segurança do abastecimento, promover a universalização do acesso, a expansão das fontes renováveis e a modicidade tarifária. Entretanto, a dificuldade na manutenção das características básicas do setor, o aumento da complexidade resultante da adoção do modelo de multicontratação bilateral, as inúmeras brechas inerentes ao arcabouço legal, regulatório e institucional, além de equívocos de gestão, resultaram nos últimos anos em uma das mais altas tarifas do mundo e em um setor altamente regulado e engessado; persiste ainda a forte defasagem no planejamento e investimentos frente as tendências de mercado, a entrada tardia do país em tecnologias chave para a renovação e descarbonização da matriz e no desenvolvimento de modelos que favoreçam acordos bilaterais entre geradores e consumidores.

Diante do contexto apresentado para a estruturação e desenvolvimento da atual conjuntura do sistema elétrico e da matriz de geração, este trabalho tem como

principal objetivo avaliar algumas das principais tendências que devem nortear o setor no curto e médio prazo. Para tal, será avaliado como o setor de geração centralizado tem sido estruturado e como agentes regulatórios, tendências externas ao setor, políticas ESG (do inglês *Environmental, Social and Governance*) e descarbonização, tem interferido na política e estratégia de expansão da geração no cenário brasileiro.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 SETOR ELÉTRICO: NOVAS TENDÊNCIAS PARA GERAÇÃO

Com relação às perspectivas para o futuro, muitos acontecimentos recentes têm alterado a conjuntura de geração de energia no Brasil. Merece destaque a questão climática que vem influenciando fortemente o setor elétrico no país, este cenário fica evidente quando constatamos que três das maiores crises elétricas brasileiras recentes (2001, 2015 e 2021) são consequência da falta de chuvas aliada à falta de planejamento do setor de geração, altamente concentrado ainda em usinas hidrelétricas. Enquanto as hidrelétricas continuam apresentando desafios sociais e ambientais para sua expansão, verificamos a forte ascensão dos sistemas de geração eólica e solar fotovoltaico (FV) sendo conectados no SIN. No curto e médio prazo, serão necessários avanços tecnológicos na geração eólica e solar, principalmente para agregar maior confiabilidade e previsibilidade para estas fontes intermitentes, soluções como sistemas de armazenamento de energia em baterias e hidrogênio verde tem assumido relevante destaque para atender este papel.

De acordo com Kishinami (2016), a dinâmica de geração para os próximos anos dependerá do custo de geração de energia de cada fonte, do estímulo dado pelo governo para desenvolvimento de novas tecnologias limpas, de aspectos relacionados à segurança no abastecimento e de mecanismos de incentivos internacionais. Neste sentido, é possível verificar, através dos recentes leilões de energia realizados pelo governo, o direcionamento que a matriz elétrica deve apresentar no futuro, uma vez que, estes tendem a ditar a característica da matriz de geração conectada diretamente no SIN.

2.1.1 LEILÕES DE ENERGIA

A realização de leilões para expansão da oferta de energia elétrica foi um mecanismo introduzido na reforma do setor elétrico e consolidado com a efetiva participação de várias instituições do SEB. Estes leilões possuem como ferramenta base o Plano Decenal de Expansão, emitido anualmente pela EPE e busca, através de estudos técnicos, econômicos e socioambientais definir os melhores planos de investimento para a modernização das malhas de transmissão e da matriz de geração.

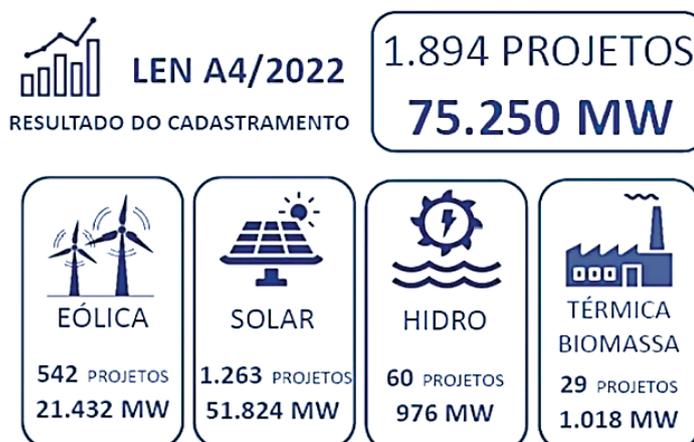
Durante o ano de 2022, foram apresentados pelas entidades (EPE/ANEEL/CCEE), 3 leilões de energia e 2 leilões de transmissão, destacados abaixo. A avaliação dos modelos de leilão propostos recentemente nos auxilia a entender o direcionamento que o setor tem dado para a contratação de energia, bem como, os modelos utilizados, buscando fornecer contratos que visam trazer renovabilidade ou confiabilidade para a geração nacional.

Leilão de energia nova (LEN) A-4, realizado em 27/05/2022

Diferente dos leilões de energia existente, que tem como principal objetivo a venda de energia gerada por usinas existentes, cujo investimento já foi amortizado e desta forma, apresentam um custo mais baixo, os leilões de energia nova são focados em novos empreendimentos que ainda serão construídos após um agente arrematar o produto disponibilizado durante leilão. O termo A-4 refere-se ao tempo que o agente possui para comissionar e iniciar a operação do ativo, sendo “A” o ano base do leilão e “-4” a quantidade de anos ofertada para que o proponente finalize todas as obras, liberações e comissionamento do projeto. Os leilões de energia nova são de fundamental importância no sentido de garantir que a matriz de geração acompanhe o crescimento do consumo de energia no país no médio e longo prazo.

Apresentou um cenário já previsto e em linha com o que vem sendo praticado em anos recentes no que se refere às fontes ofertadas, conforme dados da EPE (2022) apresentados na FIGURA 1, foram cadastrados mais de 1800 projetos, com oferta de 75GW de potência para o sistema, sendo a solar a fonte predominante neste leilão de energia. Eólica teve destaque relevante, representando cerca de 29% da capacidade ofertada.

FIGURA 1 - Fontes ofertadas no leilão de energia nova A-4, de 2022



FONTE: EPE (2022).

Como ineditismo, este leilão trouxe pela primeira vez as fontes eólica e solar disputando em condições de igualdade por um mesmo produto (Contrato de quantidade: 15 anos).

A região Nordeste apresentou os maiores quantitativos de projetos e potência cadastrados para o Leilão (cerca de 70% dos projetos), com predominante participação das fontes eólica e solar. As termelétricas, por sua vez, se situam principalmente nos estados do Centro-Oeste e Sudeste, e os projetos hidrelétricos nas regiões Sul e Centro-Oeste.

Como resultado, o leilão apresentou um certo equilíbrio entre as fontes, principalmente quando analisamos a garantia física dos projetos. Outro ponto relevante, é o tímido deságio (refere-se a diferença entre o valor que arremata o produto com o melhor lance e o preço teto para a energia no leilão que é definida pelo governo, a proposta com o melhor deságio é decretada como vencedora desde que atenda aos requisitos de habilitação técnicos definidos para o leilão) em relação ao preço teto apresentado por cada fonte, conforme pode ser visto na FIGURA 2.

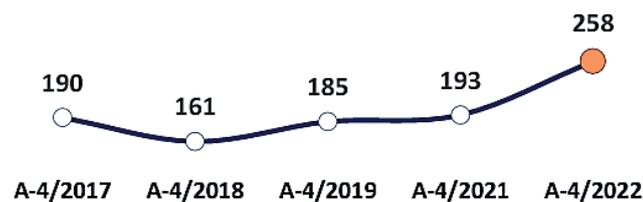
FIGURA 2 – Vencedores no leilão de energia nova A-4, de 2022

Fonte	Qtd de Projetos	Potência (MW)	GF Vendida (MWmed)	Preço Médio (R\$/MWh)	Deságio (%)
 EOL	4	183,09	52,1	179,30	20,31%
 UFV	5	166,06	39,8	178,24	20,78%
 Hidro	18	189,75	84,1	281,87	9,65%
 UTE	2	409,00	61,5	314,93	0,02%
TOTAL	29	947,90	237,5	258,16	9,36%

FONTE: EPE (2022).

Por fim, outro ponto relevante, é o aumento expressivo dos preços apresentados neste leilão, quando comparados aos realizados em anos anteriores, houve um aumento de aproximadamente 60% entre o A-4 de 2018 e o A-4 de 2022. É possível, desta forma, identificar que a energia que está sendo entregue nos leilões recentes e que chega até o cliente final, tem sido ainda penalizada pelo aumento de custo de matéria-prima, de logística e transporte e de implantação dos projetos, ainda muito afetados pela crise oriunda da pandemia do COVID-19 e pela pressão gerada pela inflação no mundo.

FIGURA 3 – Preço médio praticado no leilão de energia nova A-4, de 2022



FONTE: EPE (2022).

Leilão de energia nova A-5 e A-6

O leilão A-5 e A-6, realizado em setembro do 2022, apresentou já durante a fase de habilitação de projetos, resultados em linha com o leilão A-4 no que tange o cadastramento de projetos. O ineditismo deste leilão ficou por conta da inserção dos produtos específicos para termelétricas a base de carvão mineral nacional e biogás (que não receberam oferta do mercado), além da manutenção do produto de termelétrica a resíduos sólidos urbanos (já realizado em 2021).

O LEN A-6 2022 foi cancelado em virtude da falta de demanda por parte das distribuidoras, conforme a Portaria n° 48/MME/2022. Neste leilão, os projetos eólicos representaram 20% da energia contratada, enquanto a solar representou 36% do montante total.

Leilão de reserva de capacidade na forma de energia de 2022

Apesar de não trazer projetos de fontes renováveis (como eólica e solar puras) por razões óbvias oriundas da natureza de um leilão do tipo reserva de capacidade, destaca-se a relevância da exposição do resultado deste leilão, uma vez que, a única fonte permitida foi a de gás natural na modalidade de contrato por disponibilidade e prazo de 15 anos. Foram cadastrados 38 projetos, totalizando aproximadamente 12GW (EPE, 2022).

O centro de gravidade foi determinado conforme as regiões detalhadas na FIGURA 4, com localização específica próxima a grandes centros de consumo das regiões Norte e Nordeste.

FIGURA 4 – Produtos solicitados no leilão de reserva de capacidade, de 2022



FONTE: EPE (2022).

Quando analisado o resultado deste leilão, fica evidente o fracasso do pleito, visto que o único produto parcialmente contratado foi o Nordeste, com 0% de deságio no preço final da energia (expressivamente cara, quando comparamos com o resultado do leilão A-4 de 2022).

Apesar de existirem empreendimentos habilitados tecnicamente pela EPE aptos a participar dos Produtos Maranhão e Piauí, não houve comercialização de

energia nesses Produtos. Como principais justificativas foram destacados o preço teto baixo do leilão e os custos elevados para compra de gás natural.

Como resultado dos 3 leilões destacados acima, observamos a já característica presença de projetos de fontes eólica e solar, predominantemente na região Nordeste em leilões de energia (principalmente de quantidade), porém com preços elevados no ano de 2022. Já para os leilões de reserva de capacidade, fica clara a necessidade de reestruturação destes produtos, a fim de aumentar a exposição e disponibilidade de oferta de projetos do mercado.

Outro tema relevante é a clara separação entre lastro e energia na oferta dos leilões. Ao passo que modernizamos a nossa matriz de geração com fontes renováveis, porém, não despacháveis, estamos entregando maior quantidade de energia (e geralmente a menores preços) ao operador para distribuir no SIN; a implicação destas fontes é que, em linhas gerais, elas não permitem que se determine quando e quanto deseja gerar e despachar. Desta forma, aumenta o problema de confiabilidade do sistema, uma vez que, mecanismos de controle de demanda ainda não estão implementados em larga escala no Brasil e o cliente final ainda é pouco sensível às variações de preço de energia (veja que o Preço de Liquidação as Diferenças - PLD horário veio para auxiliar neste tema). Então, a grande dificuldade do Operador do Sistema passa a ser a garantia da entrega de energia com qualidade e confiabilidade no momento que o consumidor requisitar.

Este impasse, que até o advento das renováveis (em especial solar e eólica) não era tido como um problema crítico ao Brasil, visto que a base de nossa geração sempre foi hidrelétrica (em geral com reservatório agregado) e permitia certo controle de geração de acordo com a variação de carga no SIN, passou a ganhar relevância entre as entidades do setor quando pensamos no planejamento de longo prazo da nossa matriz de geração. Desta forma, o tema de confiabilidade e previsibilidade da geração passou a permear em consultas públicas (vide a Consulta Pública MME nº 33/2017) e na estruturação de novos projetos com maior intensidade nos últimos anos.

Apresentado o cenário em que os leilões devem ser inseridos, é relevante definir os termos e esclarecer a diferença destes conceitos no mercado de energia:

Lastro: é um determinado montante de carga que pode ser atendido com segurança em decorrência do compromisso de um gerador em estar disponível a qualquer momento que for solicitado a entregar potência com níveis de qualidade predeterminados. Um contrato nesta modalidade pode ser entendido como um ativo

que não estará sempre gerando energia, mas estará sempre à disposição do operador do sistema para despachar potência na quantidade solicitada. Este tipo de ativo em geral possui uma remuneração fixa por estar à disposição do operador e uma remuneração variável de acordo com o montante de energia gerado. São fontes comuns para este tipo de suprimento as termoeletricas e algumas hidrelétricas com reservatório agregado.

Energia: é toda a energia elétrica que é gerada nas mais diversas formas, injetada na rede e distribuída até o consumidor. Quando um contrato de energia é firmado não está sendo priorizada a confiabilidade de entrega instantânea de potência ou despacho, mas sim a garantia de que determinada quantidade será entregue em um período definido em contrato (podem estar agregadas ao contrato curvas de modulação e sazonalização). São fontes comuns para este tipo de suprimento, eólicas, solares e hidrelétricas fio d'água.

A separação destes leilões em produtos de lastro e energia favorece a penetração das fontes renováveis no SIN, visto que esta energia pode concorrer na modalidade de energia nova nos leilões do Ambiente de Contratação Livre (ACL) e nos já consolidados mercados de compra e venda de energia no ambiente livre. Desta forma, busca-se maximizar o retorno financeiro de projetos desta classe de ativo.

Em contrapartida, para leilões de reserva de capacidade, energias intermitentes se tornam deficientes e dificilmente poderiam concorrer sozinhas neste leilão. Uma forma de contornar este impasse é combinar sistemas de geração intermitentes com sistemas de armazenamento, como baterias ou hidrogênio, contornando o problema da aleatoriedade da geração e ainda assim, garantindo energia limpa, renovável e confiável para o SIN.

2.1.2 ALTERAÇÃO DA MATRIZ DE GERAÇÃO, NOVOS VETORES ENERGÉTICOS, FONTES INTERMITENTES E SISTEMAS HÍBRIDOS

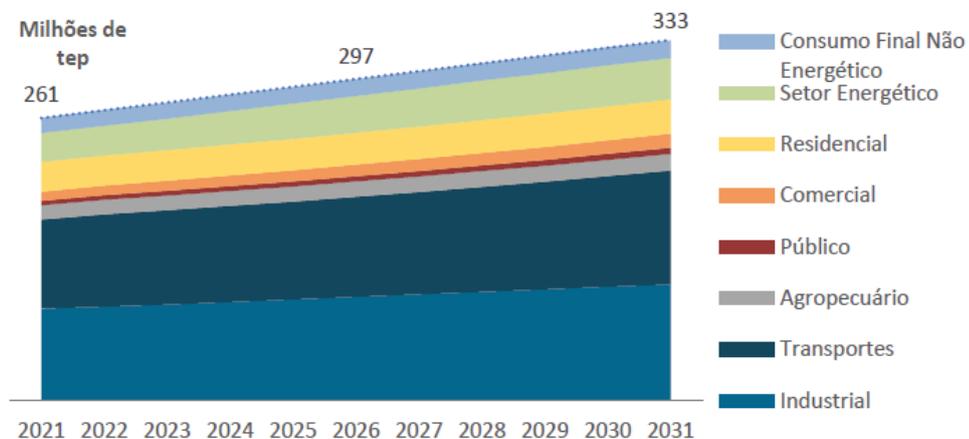
Com a retomada da economia, pós a profunda onda de impactos causados pela pandemia do Covid-19, o Brasil volta a apresentar consumo de energia em patamares similares aos evidenciados em momentos pré-pandemia. Porém, com um destaque ainda mais evidente para questões de renovabilidade, descarbonização e eficiência de geração. De acordo com dados do MME (2022), o contexto brasileiro já é inteiramente privilegiado, visto que hoje as matrizes energética e elétrica brasileiras

já são compostas por 47% e 85% de fontes renováveis, respectivamente. Ainda de acordo com o MME, para manter este aspecto favorável, serão necessários investimentos da ordem de mais de 3,2 trilhões nos próximos 10 anos, sendo R\$ 2,7 trilhões relacionados a petróleo, gás natural e biocombustíveis e quase R\$ 530 bilhões a geração e transmissão de energia elétrica, diante do cenário de crescimento econômico estimado de 2,9% ao ano. Este cenário já favorável ao setor brasileiro também pode ser verificado na afirmação de Carmona (2019):

Ao se comparar a matriz energética mundial com a brasileira, fica evidente que a nacional se destaca em relação à média mundial quando se consideram o grande potencial hidrelétrico e os combustíveis originados da biomassa. A matriz energética mundial ainda é composta principalmente por fontes não renováveis, como carvão, petróleo e gás natural. Embora a matriz energética brasileira não seja composta majoritariamente por energias renováveis, esse tipo de energia é representado por uma expressiva cifra de 43,2%, número bem acima da média mundial. (CARMONA, 2019, 7).

Apesar da condição relativamente favorável para a matriz nacional, faz-se necessário avaliar qual será o direcionamento dado para a renovação das fontes de geração nos próximos anos, uma vez que, segundo dados do MME, o consumo de energia deve alcançar 333 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep) até 2031, um aumento de 27,5%, quando comparado com o consumo de 2021. Os setores industrial e de transporte seguem sendo os principais consumidores de energia no país, conforme pode ser visto na FIGURA 5.

FIGURA 5 - Consumo final de energia por setor



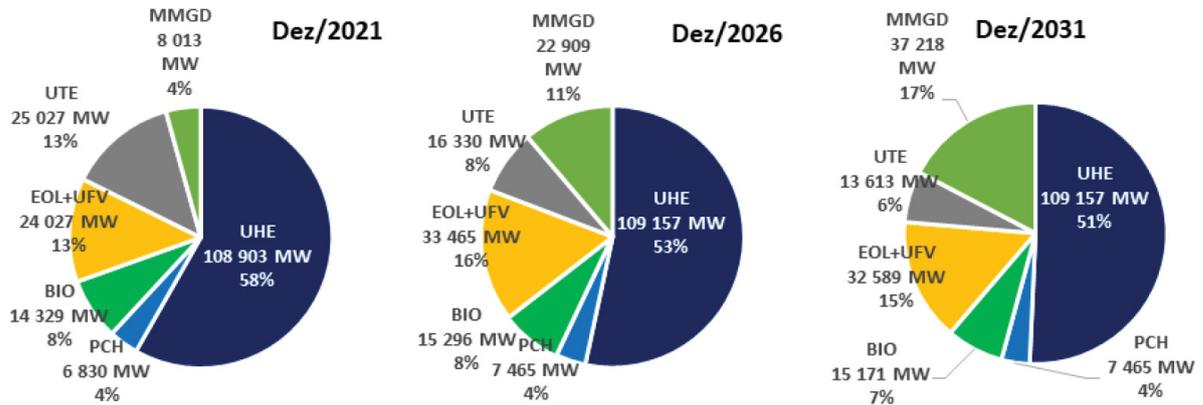
FONTE: MME (2022).

Ainda, de acordo com dados do MME (2022), divulgados no PDE 2031, o consumo de eletricidade deve sair de 563TWh em 2021 para 792TWh em 2031, um aumento de 3,5% a.a., ao passo que a população deve aumentar de 214 milhões para 224 milhões no mesmo período, aumento de 0,5%a.a.. Verifica-se, portanto, que a expectativa de aumento do consumo energético supera o aumento da população no mesmo período de projeção, em muito suportados pelo aumento do consumo residencial e industrial.

No lado da geração centralizada, é importante destacar o período desafiador enfrentado nos anos de 2020 a 2022, marcados pela situação de escassez hídrica, com reservatórios atingindo os menores patamares dos últimos 90 anos (MME, 2022). Os reservatórios das regiões SE/CO, maior centro de carga nacional, registraram apenas 32% de energia armazenada, mostrando assim uma importante fragilidade estrutural da matriz de geração e a forte dependência do setor hídrico para manter a operação adequada do SIN (atualmente a geração hídrica representa 58% da capacidade instalada no país). Este cenário, apesar de desafiador, deixou clara a urgência na diversificação da matriz brasileira, apontando para a necessidade de novos vetores energéticos para suportar o crescimento do consumo de energia projetado para os próximos anos.

Em 2021, a matriz de geração brasileira apresentava 58% de sua capacidade instalada alocada em usinas hidroelétricas, 13% em térmicas, 4% em Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), 8% em biomassa e 17% alocados em geração renovável (eólica e solar) e Micro e Minigeração Distribuída (MMGD). A FIGURA 6 apresenta a expectativa de variação da capacidade instalada para os próximos 10 anos, onde pode-se verificar o aumento expressivo da MMGD e das usinas de geração solares e eólicas, garantindo assim diversificação de fontes e a maior presença da geração distribuída no cenário nacional (MME, 2022).

FIGURA 6 - Evolução da Capacidade Instalada Existente e Contratada do SIN



FONTE: MME (2022).

Quando analisamos o cenário internacional, de acordo com Kishinami (2016), os combustíveis fósseis ainda são a principal fonte de energia para a geração de eletricidade em sete dos dez maiores produtores de energia elétrica do mundo e constituem mais de dois terços da geração mundial. Apenas Canadá e Brasil utilizam majoritariamente energia hidráulica, ao passo que a França utiliza a energia nuclear como a principal fonte de geração de energia elétrica. Apesar disso, a maioria dos países desenvolvidos vem apresentando, nos últimos anos, metas e planos de modificações institucionais para atingir uma produção de eletricidade ambientalmente mais sustentável no médio e longo prazo. Nesse sentido, um importante passo foi dado no final de 2015 durante a COP21, pela primeira vez na história aprovou-se um acordo que, entre outras medidas, determina que os países signatários façam os melhores esforços para que a temperatura média mundial não aumente mais do que 1,5°C até o final do século, principalmente através da redução da emissão de gases do efeito estufa. Para tanto, os países signatários comprometeram-se, em linhas gerais, a reduzir a utilização de combustíveis fósseis, elevar a utilização de energias renováveis, reduzir o desmatamento e adotar tecnologias de baixo carbono tanto na agricultura quanto na indústria.

Ainda, como tendências para o setor nos próximos anos é possível citar a maior penetração de sistemas de armazenamento de energia para prestar serviços ancilares de rede ou em paralelo com fontes intermitentes; o aumento expressivo de projetos de energia renovável, outorgados para estruturas de Autoprodução e PPA's (do inglês, *Power Purchase Agreement*) em decorrência do desconto da Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão (TUST) e Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição

(TUSD), previsto na Lei Federal nº 9.427/1996 e regulada pela REN nº 77/2004 que, agora teve seu benefício extinto pela Lei nº 14.120/2021 para todos os agentes que solicitaram a outorga da usina após 02/03/2022; a maior implantação de sistemas híbridos para mitigar efeitos da intermitência das renováveis, entre outros. É possível elencar ainda, algumas agendas setoriais de destaque, como a discussão do PL 414/2021, que busca aprimorar o modelo regulatório e comercial do setor elétrico com vistas à expansão do mercado livre, englobando diversos temas da modernização do setor, como a abertura do mercado livre, o aperfeiçoamento do mercado de energia, o aprimoramento das tarifas e a redução de encargos tarifários.

Por fim, segundo Moraes (2016), para que o setor avance de forma perene, robusta, confiável, limpa e eficiente, é necessário que sejam destinados investimentos em pesquisas para que as potenciais matrizes energéticas atuais e futuras sejam desenvolvidas adequadamente, uma vez que, ao alterar a base de geração de energia com o incremento de novas fontes, tornamos mais complexo e dinâmico o processo de controle e operação do sistema.

2.1.3 HIDROGÊNIO VERDE E ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

Elemento mais abundante no universo, o hidrogênio, em especial o hidrogênio verde, é tido atualmente como um dos componentes chave na descarbonização da matriz de geração brasileira, ao passo que possibilita o armazenamento de energia intermitente de fontes como solar e eólica, traz ganhos expressivos também em sua operação, uma vez que, produz unicamente água como resíduo do processo de armazenamento de energia. Desta forma, é tido como uma promessa de grande contribuição para a transição energética e essencial no processo de descarbonização e renovação da matriz, atraindo atenção não só de pesquisadores como também de governos e grandes empresas do setor. Além disso, o hidrogênio é caracterizado pela versatilidade de aplicação, podendo operar em importantes setores, como por exemplo o de transporte, aquecimento, indústria e eletricidade, os quais, juntos, são responsáveis por grande parte das emissões globais de CO₂ (BARROSO; ROCHA; ALVES; FILHO, 2022).

Segundo Bezerra (2023), nos últimos anos, um código de cores tem sido usado para simplificar a classificação do hidrogênio de acordo com a fonte de energia usada para produzi-lo e, às vezes, também de acordo com o processo de produção.

Os tipos de hidrogênio mais mencionados nesta classificação, de acordo com a literatura relacionada ao tema, são:

- Hidrogênio marrom: produzido do carvão mineral sem a captura, utilização e sequestro de carbono (CCUS, na sigla em inglês);
- Hidrogênio cinza: produzido a partir de combustíveis fósseis, principalmente gás natural, sem CCUS;
- Hidrogênio azul: produzido a partir de fontes fósseis, principalmente gás natural, mas com CCUS;
- Hidrogênio verde: produzido por eletrólise, com eletricidade oriunda de fontes de energia renováveis, tais como solar, eólica, hidráulica, geotérmica, marés, dentre outras.

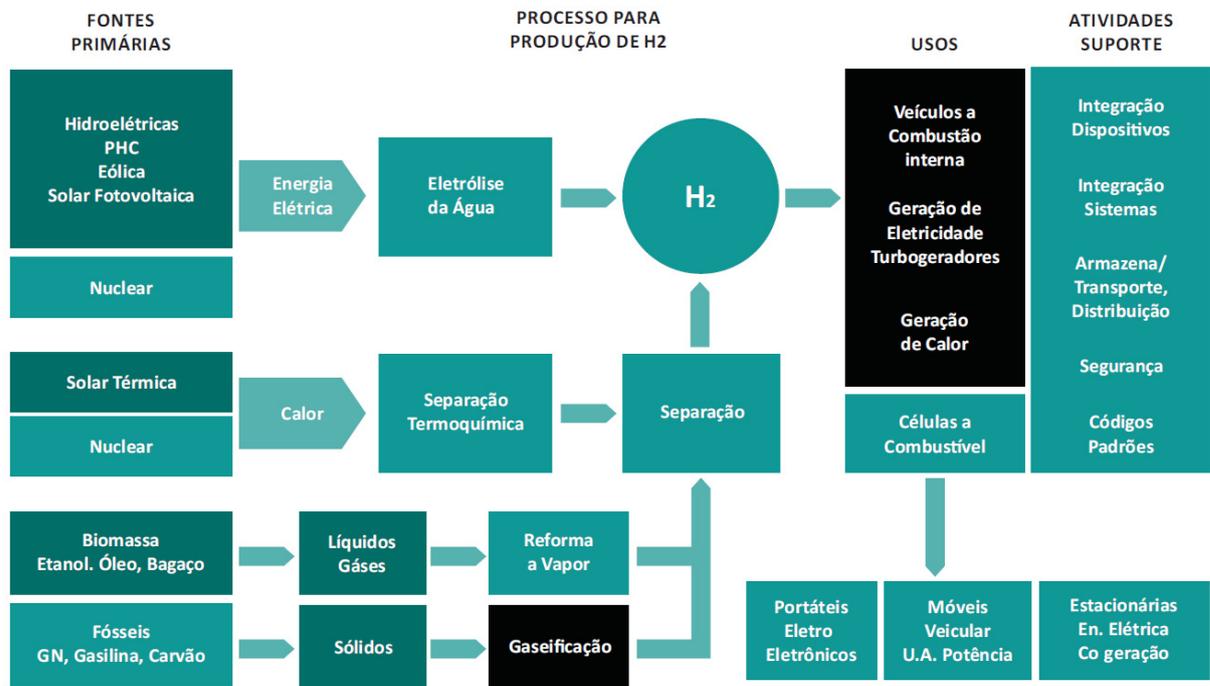
A obtenção do hidrogênio verde ocorre por meio da eletrólise a partir de fontes renováveis e consiste na decomposição das moléculas de água (H_2O) em oxigênio (O_2) e hidrogênio (H_2). A água utilizada para a eletrólise contém sais e minerais para conduzir a eletricidade, dois eletrodos são submersos na água e conectados a uma fonte de energia, onde é aplicada uma corrente contínua. Quando os eletrodos atraem para si os íons de carga oposta, a dissociação do hidrogênio e o oxigênio acontece. Trata-se, portanto, de um processo eletroquímico de dissociação da água, onde os produtos finais das reações desencadeadas são hidrogênio e oxigênio moleculares, dessa reação obtém-se, portanto o hidrogênio. O resultado desse processo é o chamado hidrogênio verde, uma fonte de energia limpa, uma vez que só libera água e não produz dióxido de carbono (BARROSO; ROCHA; ALVES; FILHO, 2022).

Apesar de ainda enfrentar dificuldades características de toda nova tecnologia em desenvolvimento, como a baixa oferta de produto, competitividade dos preços de projetos, eficiência baixa de conversão, alto consumo de energia dos eletrolisadores, falta de regulamentação, ausência de mercado consolidado e cadeia produtiva forte, entre outros, o mercado do hidrogênio verde que se descortina é gigantesco. De acordo com (BEZERRA, 2023), espera-se que o tamanho do mercado de hidrogênio verde seja responsável por cerca de 20% de toda a demanda de energia no mundo até 2050. Como resultado, o tamanho do mercado de hidrogênio verde é estimado em US\$ 2,5 trilhões em 2050, o que corresponde à metade do tamanho do mercado atual de petróleo. Isto é, trata-se de uma indústria nascente, que poderá gerar enormes oportunidades de investimentos, tributos, emprego e renda no Brasil e, em particular, no Nordeste brasileiro, em razão de sua competitividade na geração de energia

elétrica a partir das fontes renováveis solar e eólica, insumo utilizado para a produção do hidrogênio verde.

A utilização do hidrogênio como um vetor energético, vem sendo avaliada como uma das formas mais eficientes e ambientalmente interessantes, principalmente, quando associada à utilização de células a combustível para conversão do hidrogênio em energia elétrica. Essa característica do hidrogênio, que possibilita sua produção através de diversos insumos e processos, colocam-no como um elemento de integração entre diversas tecnologias, conforme pode ser visto na FIGURA 7.

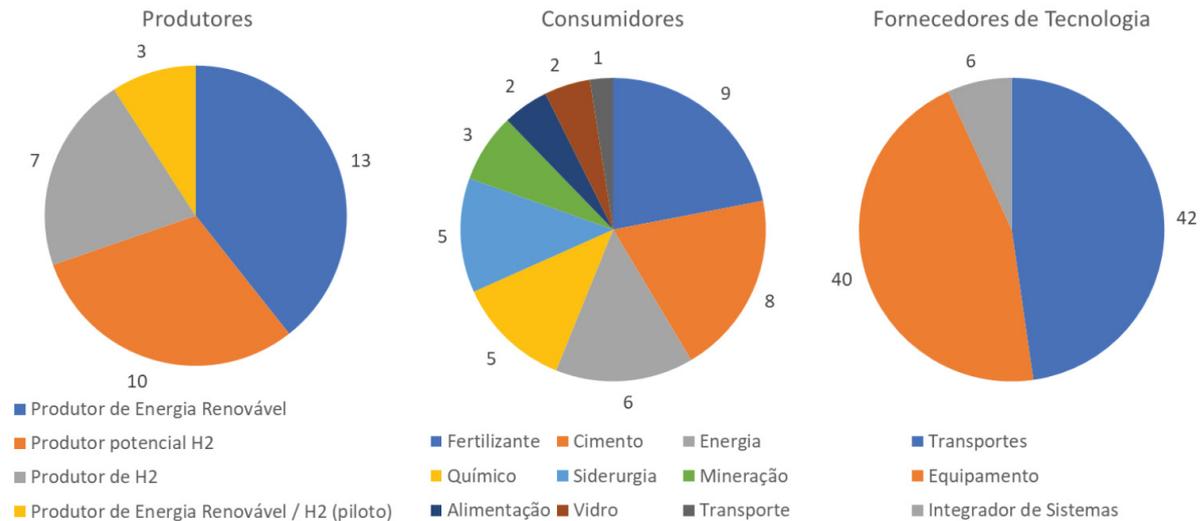
FIGURA 7 - Possíveis rotas para produção e utilização do hidrogênio como vetor energético



FONTE: Bezzera (2022).

A cadeia do hidrogênio já se encontra parcialmente estabelecida, com muitos agentes produtores e/ou consumidores. De acordo com dados do MME (2021), que mapeou os principais *players* já atuantes ou com potencial de atuação futura na cadeia produtiva de hidrogênio no Brasil, foram identificadas 203 entidades entre empresas produtoras (33), consumidoras (41), fornecedoras de tecnologia (88), prestadores de serviços, representações setoriais, universidades e centros de P&D.

FIGURA 8 - Detalhamento dos tipos de atores da cadeia produtiva de Hidrogênio



FONTE: MME (2022).

Ainda, de acordo com MME (2022), pode-se destacar a respeito do mercado de hidrogênio verde no Brasil:

- De acordo com a Agência Internacional de Energia, em 2018, a demanda mundial por hidrogênio foi de 115 Mt, sendo 73 Mt de hidrogênio puro.
- No Brasil, a demanda por hidrogênio chegou a cerca de 1 Mt, sendo 50% para fertilizantes, 37% refino, 8% químico e 4% metalurgia/alimentos, sendo 95% de origem fóssil (predominantemente, gás natural).
- A estimativa de produção anual de hidrogênio a partir do saldo dos recursos energéticos disponíveis para a produção de hidrogênio no horizonte de 2050 é da ordem de 1.850 Mt/ano, com os recursos renováveis offshore se destacando com um enorme potencial técnico de produção de hidrogênio.
- Resguardada a importância de uma abordagem inclusiva e caminhos flexíveis para a transição energética, evitando trancamentos tecnológicos e se valendo das suas potencialidades, o Brasil tem grandes oportunidades com a economia do hidrogênio, tanto no mercado interno quanto externo, sendo estratégicos os desdobramentos associados ao Programa Nacional do Hidrogênio (MME, 2022, 368).

Diante do exposto, é possível afirmar que o futuro do hidrogênio verde é promissor, sendo considerado um componente de grande importância na transição energética e busca por uma matriz limpa, renovável, flexível e confiável. Ao passo que a maturidade tecnológica deste vetor avança, novos projetos, nas mais diferentes escalas e aplicações, devem ser vistos como parte integrante e fundamental da matriz de geração brasileira.

Outra tecnologia em linha com sistemas de hidrogênio verde, e que deve desempenhar papel similar, são os sistemas de armazenamento de energia, em

especial os projetos que utilizam baterias (BESS, *Battery Energy Storage System*) como forma de armazenar energia. As energias renováveis possuem características intermitentes, o que ocasiona variações e incertezas na geração de energia elétrica e, conseqüentemente, impacta na confiabilidade do sistema elétrico. Assim, os sistemas de armazenamento estão sendo integrados às fontes renováveis de energia, de modo a absorver ou despachar potência à medida que há picos ou vales de geração renovável, respectivamente (CAMPOS; ARAÚJO; TOLEDO; FERNANDES; BORBA, 2022).

Quando avaliamos as possíveis tecnologias, os BESS têm se destacado devido a algumas vantagens, como versatilidade, redução agressiva dos custos de bateria, alta eficiência, excelente densidade energética, baixo tempo de resposta e maturidade tecnológica. Podendo, desta forma, ser aplicado em diferentes funções, da geração ao consumo, destacando principalmente as funcionalidades de otimização da geração renovável (redução da intermitência), prestação de serviços ancilares (regulação de frequência e tensão), redução e gerenciamento dos picos de demanda nas linhas de transmissão e distribuição, backup de energia, integração em microrrede, mobilidade elétrica, entre outras.

De forma simplificada, fazem parte da composição de um BESS, um banco de baterias (usualmente lítio NCM ou LFP), um BMS (*Battery Management System*), um PCS (*Power Converter System*), um EMS (*Energy Management System*), e alguns componentes auxiliares, como eletrocentros, quadros CC e CA, transformadores, sistemas de HVAC (*Heating, ventilation, and air conditioning*), entre outros. A bateria, tida como o componente principal do BESS, é responsável por armazenar energia química e disponibilizá-la na forma de energia elétrica, quando necessário. O BMS é responsável por monitorar e controlar os parâmetros das baterias durante a operação do BESS. O PCS tem como função converter energia de CA em CC e vice-versa. O EMS é responsável por monitorar e gerenciar a atuação do BESS e dos seus dispositivos auxiliares. Já os sistemas auxiliares têm como objetivo manter a operação segura e confiável do sistema ou adequar o BESS à aplicação do projeto.

Recentemente, um importante passo para consolidar a penetração de Sistemas de Armazenamento de Energia na rede foi dado com a aprovação da Resolução Normativa (REN) ANEEL N° 1.059, de 7 de fevereiro de 2023 (ANEEL, 2023):

IV-A - central geradora de fonte despachável: central geradora que pode ser despachada por meio de um controlador local ou remoto, com as seguintes características:

- a) hidrelétrica de até 5 MW de potência instalada, incluídas aquelas a fio d'água que possuam viabilidade de controle variável de sua geração de energia;
- b) termelétrica de até 5 MW de potência instalada, classificadas como cogeração qualificada, ou movida à biomassa ou biogás; ou
- c) **fotovoltaica de até 3 MW de potência instalada, que apresentem capacidade de modulação de geração por meio de armazenamento de energia em baterias, em quantidade de, pelo menos, 20% da capacidade de geração diária das unidades de geração fotovoltaicas, nos termos do art. 655-B (ANEEL, 2023, 2).**

Com a aprovação da REN nº 1.059, passa a ser possível a conexão de sistemas de armazenamento de energia quando conectados com fonte solar de potência máxima de 3MW. Apesar de ainda discreta, a REN abre precedentes inéditos no setor para discussões futuras e flexibilização das regras para aumentar a penetração de sistemas de armazenamento no *grid*. Ainda, a REN estabelece que em falta de regulamentação ou norma técnica brasileira, admite-se norma internacional.

A utilização de sistemas BESS em conjunto geração renovável, em especial FV, é uma necessidade cada vez maior, visto que a inserção de fonte de energia renovável na rede tem forte viés de alta e este tipo de suporte proporciona mais robustez ao sistema, fornecendo a possibilidade de mitigar sua intermitência, além da atuação na qualidade de energia. A utilização de sistemas BESS, por suas características de aplicação multifuncionais permite maior flexibilidade, robustez e modularidade aos sistemas elétricos de potência, em especial os possuintes de grande inserção FV (CAMPOS; ARAÚJO; TOLEDO; FERNANDES; BORBA, 2022). Em virtude de suas excelentes características operacionais, citadas acima, é notória a importância de Sistemas de Armazenamento de Energia na composição de uma matriz limpa e confiável, tornando o equipamento estratégico e indispensável na nova estratégia de renovabilidade do sistema de geração brasileiro.

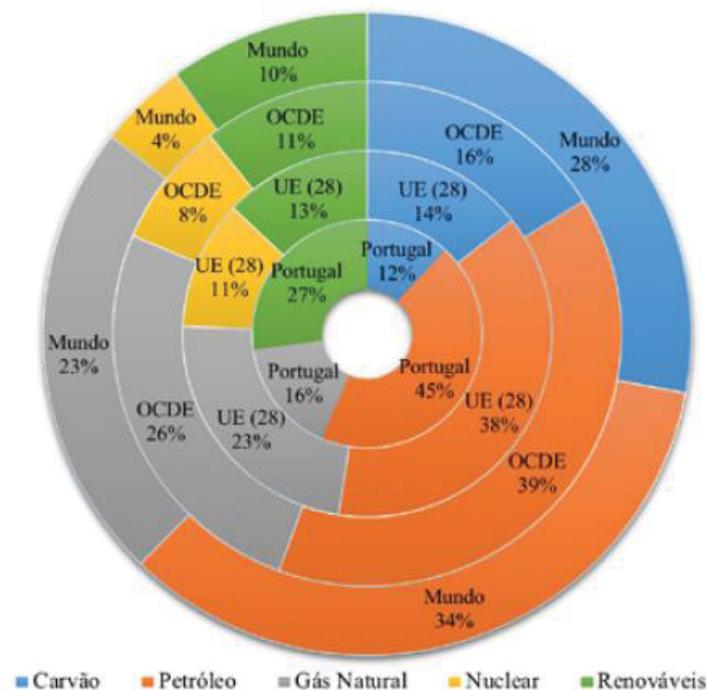
2.1.4 DESCARBONIZAÇÃO E ESG NO SETOR DE GERAÇÃO

Entre as inúmeras agressões ao meio ambiente causadas pela exploração econômica, talvez uma das mais graves seja a emissão de gases causadores do efeito estufa, em especial o CO₂. O problema, relacionado à utilização de matrizes energéticas dependentes da queima de combustíveis fósseis, vem provocando mudanças climáticas drásticas em todo o planeta (MAIDANA; BOGGI, 2009).

Considerando que o modelo energético atual não é sustentável, não atendendo, portanto, à determinação constitucional de conciliação entre desenvolvimento econômico e preservação ambiental, faz-se necessário e impreterível, pensar em políticas públicas e meios legais e regulatórios para garantir uma matriz mais limpa e com baixa pegada de carbono, começando por onde “nasce” o setor, na geração de energia. Pensar em mobilidade elétrica, armazenamento de energia, hidrogênio e outras grandes tendências, só fazem sentido quando a matriz de geração for limpa.

Preocupa, então, o fato de que o modelo energético mundial atual se estrutura ainda fortemente na utilização de combustíveis fósseis, principalmente o petróleo, o carvão e o gás (vide FIGURA 9), cabe destaque que mesmo em países pertencentes à Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) o consumo de energia base fóssil ainda é extremamente elevado. Considerando as expectativas de aumento da população e de crescimento econômico, que demandarão uma quantidade de energia cada vez maior, conclui-se que a descarbonização da economia, mediante a utilização de fontes energéticas limpas, não representa apenas o anseio de integrantes dos movimentos ambientalistas ou grupos específicos de duas ou três décadas atrás, mas é o único caminho viável para o desenvolvimento sustentável (MAIDANA; BOGGI, 2009).

FIGURA 9 - Consumo de energia primária em 2016 por tipo de fonte de energia



FONTE: Oliveira (2019)

Neste sentido, voltamos ao sempre citado Protocolo de Kyoto de 1997. À sua maneira e razoavelmente conscientes da necessidade de se adotar posturas afirmativas de combate ao aquecimento global e de se criar um modelo de desenvolvimento econômico mais compatível com a preservação do meio ambiente, foram estabelecidas metas de redução da emissão de dióxido de carbono e outros gases causadores do efeito estufa pelos países considerados como os principais responsáveis pela poluição atmosférica mundial. O referido protocolo, reverenciado por representar um marco na interação entre diversos países do mundo rumo ao reconhecimento de que o meio ambiente é um bem universal, pode ser considerado, no entanto, bastante tímido tanto no que se refere às metas estabelecidas quanto aos resultados até agora alcançados.

Tido como o grande desafio para difundir as renováveis na rede, o compromisso entre utilizar um sistema de geração limpo e o seu custo de implementação, já tem deixado de ser um impasse, visto que, atualmente as fontes renováveis não apenas mostram-se competitivas quando comparadas às fontes com base de geração fóssil, mas se provaram inclusive mais econômicas (vide capítulo 2.1.1 LEILÕES DE ENERGIA). Este feito também pode ser visto em pesquisas recentes e no direcionamento do setor em novas resoluções e leis, como exemplo, a Lei 14.300 de 2022 que, entre outros pontos, remove benefícios econômicos oferecidos para sistemas de MMGD, em especial à fonte solar, que haviam sido concedidos pela REN 482 de 2012 para incentivar o uso de sistemas de geração distribuídos, comprovando assim, que este setor já tem condições de competir sem benefícios tributários e fiscais.

Em linha com a descarbonização, outra temática que vem ganhando destaque na agenda e planejamento de grandes organizações é a adoção de práticas ESG (do inglês *Environment, Social and Governance*), que, por sua vez, tem sido cada vez mais presente e discutido no mundo empresarial. Baseada nessas três vertentes, a agenda ESG parte de um processo que percorre a integração de um estilo de vida sustentável pelas empresas, exigindo planejamento e continuidade nas práticas corporativas voltadas à inserção de políticas sociais e ambientais e à promoção de uma gestão íntegra (VIEIRA, 2022).

A observação de que os impactos ambientais, a desigualdade social e o não aperfeiçoamento da governança nas empresas podem colocar em risco a sua

sustentabilidade, cujo foco principal historicamente é gerar lucros para os acionistas, fez surgir um movimento para que esses itens constassem nos indicadores de desempenho das corporações. Acionistas e a sociedade de maneira geral, não mais consideram uma agenda firme e agressiva voltada para práticas ESG como uma ação positiva a ser adotada pelas empresas, mas como uma necessidade para que estas se mantenham vivas e lucrativas no mercado do futuro.

De acordo com Velasco (2022), a indústria de energia é uma das mais afetadas por esse movimento. Em especial, a cadeia de produção de hidrocarbonetos (geração base fóssil, por exemplo), tem sido vista com maior cautela por parte dos investidores no que diz respeito aos seus critérios de redução dos impactos sociais e ambientais e no que tange aspectos de governança. Em pesquisa realizada pelo Boston Consulting Group em 2020, 65% dos investidores em empresas de óleo e gás consideram que estas devem priorizar agendas ESG, ainda que isso signifique redução nos ganhos acionários. Todavia, mesmo com a importância dada pelo mercado para o tema, efeitos práticos ainda são refletidos de forma tímida pelas empresas. De acordo com dados apresentados por Vieira (2022), apenas 11% das empresas no Brasil apresentam uma área específica para tratar as questões ESG e somente 27% apresentam algum documento voltado especificamente para atender esta temática.

Conforme dados divulgados pelo Instituto Ascende Brasil (2022), 80% das empresas entrevistadas pelo instituto não publicaram relatório de sustentabilidade nos últimos 12 meses, 71% não elaboraram sua matriz de materialidade, 69% não fazem gestão e acompanhamento dos temas de ESG, 66% não divulgam critérios de remuneração dos administradores, 63% não traçaram metas socioambientais, 60% não possuem estratégia de sustentabilidade, 58% não informam os funcionários sobre o desempenho em sustentabilidade, 53% não contam com mapeamento de riscos socioambientais, 51% não participam de iniciativas para promoção do desenvolvimento sustentável e 50% não têm mapeamento de stakeholders. O panorama geral apresentado pelo instituto mostra uma visão de avanço por parte das empresas de diversos setores, mas ainda um longo caminho a ser percorrido, se de fato, o objetivo é implementar uma agenda com resultados perceptíveis e eficazes, com real impacto nas três esferas de avaliação aqui contempladas.

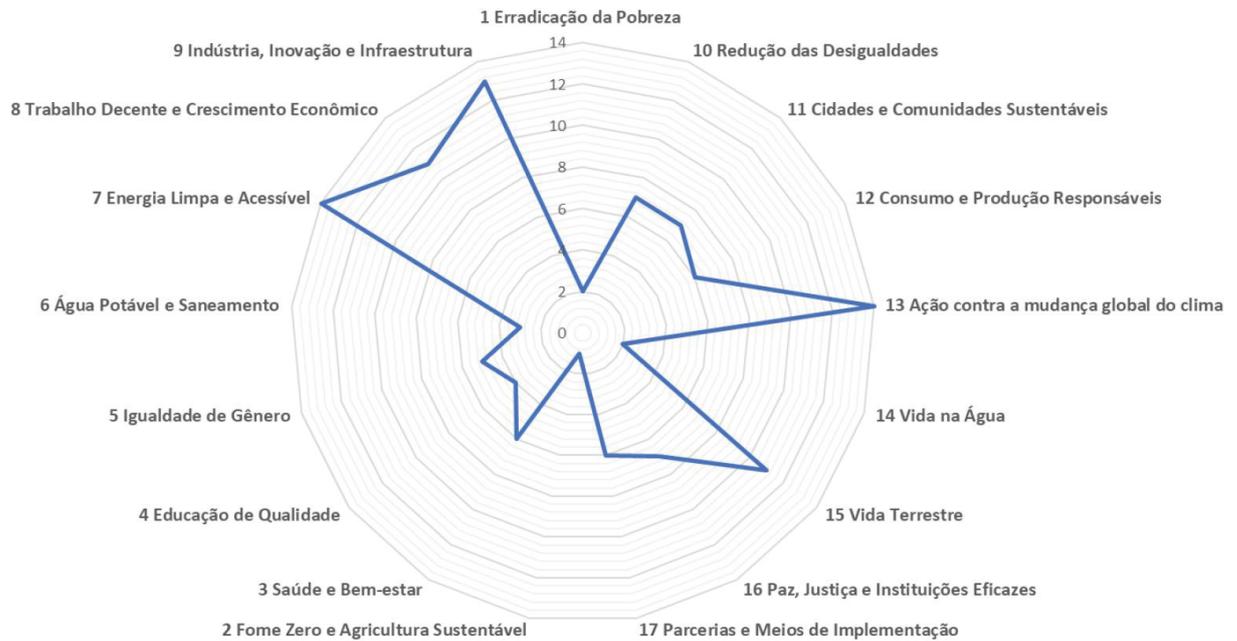
Ainda em linha com Velasco (2022), cabe observar que, apesar do destaque para as empresas do setor de óleo e gás (pelo alto nível de emissões de gases

verificado em todo ciclo de vida do produto), o setor elétrico em geral tem seus indicadores de ESG atentamente acompanhados pelo mercado. Muitas empresas deste setor têm largado na frente e anunciado agendas e políticas específicas para o tema ESG, ainda de forma não compulsória para se antever a esta tendência de mercado. O tema tem grande relevância para o setor elétrico, mesmo em países com matrizes prioritariamente renováveis, como no Brasil, visto os impactos socioeconômicos que decorrem dos grandes projetos de infraestrutura desse setor.

Avaliando novamente o caso específico do setor de energia elétrica brasileiro, é possível destacar que este pode ser considerado um dos setores mais avançados em relação ao reporte de dados socioambientais, principalmente pelo fato de existirem regulamentações específicas para serem cumpridas nesse setor. No início dos anos 2000, a ANEEL passou a exigir a prestação de contas em relação a políticas e ações de sustentabilidade adotadas por empresas do setor elétrico, tornando-o um dos pioneiros na adoção destas medidas. Em adição, através da REN nº 444/2001 instituiu-se no Manual de Contabilidade do Serviço Público de Energia Elétrica, que além de instruções econômicas e financeiras já divulgadas, passa a ser necessária a apresentação de instruções para elaboração e divulgação de informações de responsabilidade social.

Em pesquisa realizada com agentes do setor elétrico, Velasco (2022) aponta os principais temas foco na agenda ESG das empresas (FIGURA 10). Tomando como base os objetivos estabelecidos nos ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis), é possível constatar que a grande preocupação dos entrevistados se manteve em temas como energia limpa e acessível e ações de combate às mudanças climáticas.

FIGURA 10 - ODS priorizados pelas empresas analisadas



FONTE: Velasco (2022)

3 CONCLUSÃO

O setor elétrico tem papel fundamental para a existência da vida como a conhecemos, tornando-se impreterível para a manutenção da economia, para o desenvolvimento pleno e perene das atividades e relações entre sociedade e meio, devendo, desta forma, ser equilibrado, renovável, eficiente e ajustável às necessidades do ambiente e atender aos direitos humanos fundamentais. O crescimento econômico e aumento populacional vem pressionando o aumento do consumo energético per capita, forçando o setor a ajustar-se de forma apressada e causando impactos de larga dimensão na forma como geramos e entregamos energia para o consumo final. É fato consolidado que ainda há um largo caminho para ser trilhado para garantir energia confiável e renovável para o planeta em sua totalidade, apesar dos esforços recentes do setor como um todo.

Nos próximos anos, em cenário de forte integração dos mercados, o grande desafio para o país será voltar a crescer a taxas que permitam a inclusão social e a modernização da estrutura produtiva, com sustentabilidade energética e responsabilidade ambiental. O setor elétrico, por constituir importante vetor de crescimento econômico, desempenha neste âmbito, um papel fundamental. É

indiscutível que uma oferta de energia elétrica em quantidade e qualidade adequadas constitui pré-requisito para todo projeto de desenvolvimento econômico.

Nesse aspecto, desde que bem gerida e impulsionada, a matriz elétrica brasileira atual e suas potencialidades conferem posição privilegiada ao país quando se trata do desenvolvimento sustentável. Além do potencial hidrelétrico, outras abundantes fontes de energia renovável podem assumir papel de destaque, como biomassa, eólicas e solares. O aproveitamento eficiente neste contexto exige habilidade institucional, planejamento setorial articulado e conjunto com outras áreas políticas (industrial, agrícola, habitacional, urbana, de transportes, tecnológica, ambiental etc.) mantendo em vista o planejamento constante e com perspectivas de curto, médio e longo prazo.

REFERÊNCIAS

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução normativa ANEEL Nº 1.059, DE 7 DE FEVEREIRO DE 2023**. Brasília, fev.2023.

BARROSO, Amanda M. R.; ROCHA, Brenda V. S.; ALVES, Luis F. L.; FILHO, Mário R.G.M. **Obtenção do Hidrogênio verde a partir de energias renováveis**. Revista Arte, Ciência e Tecnologia. Universidade Federal do Piauí – UFPI. Teresina, 2022.

BEZERRA, Francisco D. **Hidrogênio verde: nasce um gigante no setor de energia**. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE. Fortaleza, dez.2021

CAMPOS, Felipe M.; ARAÚJO, Danielly N.; TOLEDO, Olga M.; FERNANDES, Lucas E. S.; BORBA, Ana T. A. **Tecnologias e aplicações de sistemas de armazenamento de energia para suporte à integração de fontes renováveis no Brasil**. SENAI CIMATEC. IX Congresso Brasileiro de Energia Solar. Florianópolis, mai.2022

CARMONA, Bruna S.; KASSAI, José R. **Matriz energética brasileira: uma análise perante a NDC e o ODS7**. XIX USP International Conference in Accounting, São Paulo, jun. 2019

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Leilão de Energia Nova A-4 2022**. Brasília, mai.2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/leiloes-de-energia/leiloes/leilao-de-energia-nova-a4-2022>. Acesso em: 31 jan. 2023.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Leilão de Energia Nova A-5 e a-6 2022**. Brasília, set.2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/leiloes-de-energia/Paginas/Leiloes-de-Energia-Nova-A-5-e-A-6-2022-.aspx>. Acesso em: 31 jan. 2023.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Leilão de Reserva de Capacidade na forma de Energia de 2022**. Brasília, set.2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/leiloes-de-energia/leiloes/leilao-de-reserva-de-capacidade-na-forma-de-energia-de-2022>. Acesso em: 31 jan. 2023.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **O LEILÃO DE TRANSMISSÃO Nº 01/2022 Estudos de Planejamento Setorial**. Brasília, mar.2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/leiloes-de-energia/leiloes-de-transmissao/leilao-de-transmissao-n-001-2022>. Acesso em: 31 jan. 2023.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **O LEILÃO DE TRANSMISSÃO Nº 02/2022 Estudos de Planejamento Setorial**. Brasília, mai.2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/leiloes-de-energia/leiloes-de-transmissao/leilao-de-transmissao-n-002-2022>. Acesso em: 31 jan. 2023.

INSTITUTO ASCENDE BRASIL. **Implicações de práticas ESG para o Setor Elétrico**. 21º Seminário de Planejamento Econômico-Financeiro e de Regulação do Setor Energético Brasileiro. Foz do Iguaçu, jun.2022. Disponível em:

https://acendebrasil.com.br/wp-content/uploads/2022/06/20220608_Implicacoes_Praticas_ESG_Setor_Eletrico.pdf. Acesso em: 08 mar. 2023.

KAMIMURA, Camille A. M.; MARGOTO Olívia H.; DELGADO JUNIOR, Wesley T.; DE SOUZA, Diego G.; COELHO FILHO, Paulo D. **Novas fontes de energias aplicadas no contexto brasileiro: uma revisão bibliográfica sistemática**. XXXVIII encontro nacional de engenharia de produção, 2018.

KISHINAMI, Roberto. **Impactos de mudanças na matriz elétrica brasileira**. Instituto Escolhas. São Paulo, mar.2016.

MACEDO, Luziene. D. **Formação e estruturação do setor elétrico brasileiro: dos anos de 1930 a 1950**. Revista de Economia Regional, Urbana e do Trabalho. 2016.

MAIDANA, Ana P. D. F.; BOGGI, Cassandra L. E. B. **Descarbonização: relevância ambiental e aspectos tributários**. ARGUMENTUM - Revista de Direito n. 10, p. 179-197. UNIMAR 2009.

MME, Ministério de Minas e Energia. **2031 Plano decenal de expansão de energia**. Brasília, mai.2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2031> . Acesso em: 04 fev. 2023.

MORAIS, Bruna C.; BARREIROS, Ingrid Z. **A Gestão da Matriz Energética no Brasil: Uma Análise dos Últimos 20 Anos**. Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro, 2016.

OLIVEIRA, Gisela M.; VIDAL, Diogo G.; MAIA, Rui L.; ESTRADA, Rui; SOUSA, Manuel J. L. **O que significa descarbonizar? Uma visão da sociedade atual sem energia fóssil**. Unidade de Investigação UFP em Energia, Ambiente e Saúde, Universidade Fernando Pessoa. Portugal, 2019.

SAUER, Ildo L. **Um Novo Modelo para o Setor Elétrico Brasileiro. A Reconstrução do Setor Elétrico Brasileiro**. São Paulo, 2003.

VELASCO, Renata V. **A influência das características do campo organizacional na adoção de práticas de ESG: uma análise do setor elétrico brasileiro**. Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro, 2022.

VIEIRA, Gabrielle V. **Eficiência energética através da implementação da cultura ESG**. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Rosana – SP, 2022.