

# Global Evolution of Energy Storage Systems and Brazilian Regulatory Perspectives for the Future

Bianca de Souza, *autora*, Miguel Edgar Morales Udaeta, Viviane Nascimento, Vanessa Meloni Massara e Dorel Soares Ramos, *coautores*.

**Abstract:** This article aims to highlight the current state of energy storage systems and the regulatory developments in countries with the most advanced technology in this field, presenting the key challenges for the coming years, with a particular emphasis on the Brazilian market.

It also addresses the growing importance of energy storage in the global landscape, outlining its future development projections and identifying critical challenges that may hinder its growth. As the global demand for electricity continues to rise, there is an urgent need to ensure its constant availability in sufficient quantities. In this context, energy storage systems emerge as essential technology, capable of providing availability, quality, and reliability to the power supply, benefiting the entire value chain, from generation to the end customer.

The global energy storage industry is experiencing significant growth, driven by the energy transition and the need for decarbonization. With the increasing share of renewable energy in the energy mix, the challenge of intermittency arises. Thus, energy storage becomes crucial to ensure the stability of the electrical system, enabling the efficient integration of clean energy and reducing dependence on fossil fuels.

In the Brazilian context, the article will present key regulatory aspects, as well as the first large-scale energy storage

implementation in Brazil at the Registro Substation, located in the city of Registro in the State of São Paulo, owned by ISA CTEEP (Electric Power Transmission Company).

Therefore, the article aims to monitor the progress of energy storage, also analyzing the regulatory sphere, demonstrating the main governmental measures, both globally and nationally, and outlining the plans of the Brazilian regulatory agency to support the integration of the energy storage market in the country.

*Resumo:* Este artigo objetiva destacar o atual cenário do sistema de armazenamento de energia e como está caminhando os aspectos regulatórios entre os países que apresentam maior desenvolvimento dessa tecnologia com apresentação dos principais desafios para os próximos anos e ênfase maior no mercado brasileiro.

Aborda também a crescente importância do armazenamento de energia no cenário mundial, delineando suas projeções de desenvolvimento futuro e identificando os desafios críticos que podem obstaculizar seu crescimento.

À medida que a demanda global por energia elétrica continua a crescer, surge a necessidade imperativa de garantir sua disponibilidade constante e em quantidades suficientes. Nesse contexto, os sistemas de armazenamento de energia emergem como uma tecnologia essencial, capaz de conferir disponibilidade, qualidade e confiabilidade ao fornecimento de

---

Bianca de Souza, é do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, Brasil (e-mail: biancadesouzaadvocacia@gmail.com).

Miguel Edgar Morales Udaeta é do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, Brasil (e-mail: udaeta@pea.usp.br).

Viviane Nascimento é do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, Brasil (e-mail: viviane.tav.nascimento@gmail.com).

Vanessa Meloni Massara é do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, Brasil (e-mail: vanessa.massara@gmail.com).

Dorel Soares Ramos é do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, Brasil (e-mail: dorel@mrtconsultoria.com).

energia, beneficiando toda a cadeia produtiva, desde a geração até o consumidor final.

O mercado mundial de armazenamento de energia está experimentando um crescimento significativo, impulsionado pela transição energética e pela necessidade de descarbonização. Com o aumento da participação de fontes renováveis na matriz energética, enfrentamos o desafio da intermitência dessas fontes. Assim, o armazenamento de energia torna-se crucial para garantir a estabilidade do sistema elétrico, possibilitando a integração eficiente de energia limpa e reduzindo a dependência de combustíveis fósseis.

No cenário brasileiro, será apresentado os principais aspectos regulatórios, bem como a exposição do primeiro caso de implantação de armazenamento de energia em grande escala no Brasil na Subestação Registro na Cidade de Registro no Estado de São Paulo de propriedade da Companhia de Transmissão de Energia Elétrica – ISA CTEEP.

Dessa forma, o artigo tem como objetivo acompanhar o andamento do armazenamento fazendo uma análise também na esfera regulatória, demonstrando as principais medidas governamentais, tanto no cenário mundial quanto nacional, e como estão os planos da agência reguladora brasileira para acompanhar essa inclusão do mercado de armazenamento de energia no país.

## I. NOMENCLATURAS

Banco de Baterias, Armazenamento de Energia, Mercado Global de Armazenamento, Armazenamento no Brasil e Regulatório.

## I. INTRODUÇÃO

A utilização de sistemas de armazenamento de energia está se tornando cada vez mais comum e essencial no Sistema Elétrico de Potência global. Entre esses sistemas, os Sistemas de Armazenamento de Energia por Baterias (*Battery Energy Storage System - BESS*) têm se destacado devido às suas vantagens, como versatilidade, custos decrescentes, alta eficiência e maturidade tecnológica. A flexibilidade do *BESS* se manifesta em sua diversidade de aplicações, que incluem desde otimização da geração renovável até prestação de serviços ancilares, como regulação de frequência e tensão, e gerenciamento dos picos de demanda nas linhas de transmissão e distribuição [1].

A escolha do tipo de bateria para um *BESS* depende de sua finalidade, critérios e parâmetros específicos, além dos benefícios e limitações de sua tecnologia. A difusão global dos sistemas de armazenamento em baterias tem acelerado consideravelmente nos últimos anos, impulsionando investimentos em diversos países e o crescimento do mercado global de armazenamento de energia elétrica.

É importante notar a distinção entre fontes de energia finitas, como carvão, petróleo, gás natural e minerais, e fontes renováveis, como eólica, hidrelétrica e solar. Isso evidencia a natureza problemática das referidas fontes para o meio ambiente, especialmente devido às atividades industriais associadas à sua produção, que geram emissões de dióxido de carbono e impactos negativos na qualidade de vida humana e no equilíbrio ambiental.

Neste contexto, as tecnologias de armazenamento de energia desempenham um papel crucial dentro dessas fontes de energia. Além do *BESS*, outras tecnologias como armazenamento por bombeamento hidrelétrico, armazenamento por meio de ar comprimido, armazenamento térmico e armazenamento em pilhas e baterias têm se destacado. Essas tecnologias oferecem soluções para diversos desafios enfrentados no setor elétrico, desde a integração de fontes renováveis até o fornecimento de serviços ancilares.

No entanto, é no sistema de armazenamento por bateria que se observa um grande potencial significativo para auxiliar nos serviços ancilares, como por exemplo as conexões junto a transmissão de energia. Este sistema será detalhado mais adiante neste artigo através do estudo de caso desenvolvido no Brasil relacionado a implantação do primeiro sistema de armazenamento por baterias em larga escala conectado em uma transmissora de energia que auxilia nos picos de carga trazendo maior eficiência e segurança ao sistema elétrico.

O presente trabalho busca fornecer informações sobre os principais países que investem em armazenamento de energia por meio de baterias, bem como suas perspectivas futuras para viabilização da utilização de *BESS* nas redes elétricas. Além da abordagem as nuances desses investimentos dentro dos projetos governamentais e sua relação com as medidas regulatórias, com foco especial no mercado brasileiro.

## II. MERCADO GLOBAL DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA E A REGULAÇÃO

Em um contexto mundial de transição energética e crescente participação das fontes renováveis, os sistemas de armazenamento de energia, têm ganhado destaque como forma de equilibrar a geração e o consumo. [2]

Nesse contexto, o mercado global intensificou investimentos em *BESS*.

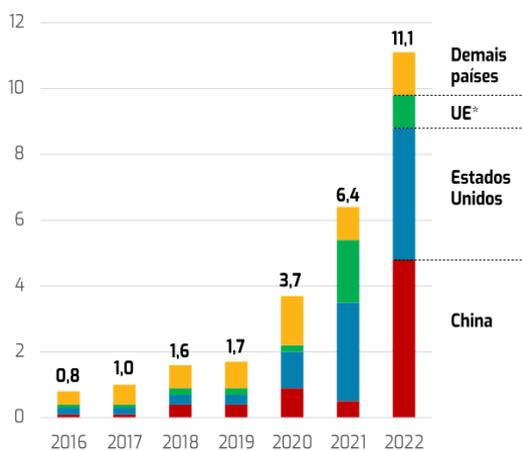


Fig 1 - Adições anuais de armazenamento de energia em larga escala na rede [3]

Analisando o mercado global, podemos identificar as principais características dos países que contribuem consideravelmente para esse mercado, vejamos:

### A. China

Analisando o gráfico da Fig 1, percebe-se que a China domina o mercado global, já que apresenta foco em projetos de grande porte acoplados na geração renovável ou prestando serviços para a rede, sendo a detentora do primeiro projeto com bateria de capacidade de 100MW/400MW. Com o domínio da cadeia produtiva de baterias de íons de lítio, com o processamento de matérias primas e produção de células, iniciou a industrialização de baterias de íons de sódio. [4]

O governo chinês tem implementado uma série de políticas e iniciativas para promover o armazenamento de energia, incluindo subsídios, metas de capacidade e incentivos fiscais. Por exemplo, o 13º Plano Quinquenal para o Desenvolvimento de Energia da China estabeleceu metas ambiciosas para a capacidade instalada de armazenamento de energia. [6]

A regulação sobre o armazenamento de energia na China está sendo moldada por uma combinação de políticas governamentais, integração na rede, participação no mercado, inovação tecnológica e preocupações com a sustentabilidade ambiental. Essas tendências refletem o compromisso do governo chinês com a transição para um sistema de energia mais limpo, eficiente e seguro.

### B. Estados Unidos

Os Estados Unidos possuem um grande *pipeline* de projetos, principalmente no Califórnia, Texas e estados do Sudoeste, com foco em projetos de grande porte stand-alone ou acoplados à geração de fotovoltaicas.

Possui grande incentivo para novos projetos via Inflation Reduction Act (IRA) – volume total de USD 370bi, a ser desembolsado via incentivos tributários (30% de ITC – investment tax credit), bônus para uso de componentes fabricado nos Estados Unidos (10%), e bônus para projetos localizados em sites de usinas fósseis (10%). [9]

### C. União Européia

A Alemanha é o maior mercado dentro da União Europeia, com foco em sistemas residenciais. Adicionalmente, existem três grandes projetos na área de transmissão (Gridbooster, ≈ 450 MWh) em fase de implementação.

A Itália é o segundo maior mercado para sistemas residenciais, adicionando mais de 2 GWh de novos projetos industriais. A partir de 2025 espera-se crescimento forte no mercado de capacidade e serviços ancilares. [3]

A UE tem uma série de políticas e regulamentos destinados a promover o armazenamento de energia como parte de seus esforços para reduzir as emissões de carbono e aumentar a participação de energias renováveis. Isso inclui a Diretiva de Energias Renováveis, a Diretiva de Eficiência Energética e o Sistema de Comércio de Emissões da UE. [7]

Em resumo, a regulação sobre o armazenamento de energia na União Europeia está focada em criar um ambiente favorável para o crescimento e a inovação nesse setor, com o objetivo de apoiar a transição para um sistema de energia mais limpo, eficiente e resiliente.

### D. Reino Unido

O Reino Unido é o segundo maior mercado na Europa, após a Alemanha. ≈ 1 GW de novas instalações em 2022. Previsão de taxa anual de

instalação de 1,5 a 2,2 GW/ano até 2030. Possui foco em sistemas de grande porte prestando serviços ancilares para rede (fast frequency response, dynamic containment, etc.), atuando no mercado de capacidade e fazendo trading no mercado de curto prazo. [10]

A Autoridade de Regulação de Energia (Ofgem) é a responsável por regulamentar a indústria de energia no Reino Unido. Ela tem desenvolvido regras e diretrizes para a integração de sistemas de armazenamento de energia na rede elétrica, incluindo questões como tarifação, operação da rede e padrões de interconexão.

Em 11 outubro de 2022, a ANEEL e a Autoridade Regulatória dos Mercados de Gás e Eletricidade do Reino Unido (Office of Gas and Electricity Markets – Ofgem), firmaram um acordo de cooperação denominado “Declaração Conjunta de Intenção (Joint Statement of Intent)”, com o intuito de colaborar com a capacitação de representantes de ambas as entidades reguladoras, a partir do compartilhamento de conhecimento, ideias, experiências e cooperação técnica em tópicos específicos, conforme consta do Processo 48500.006158/2022-01. Dentre as ações previstas no âmbito deste acordo está a realização de missão técnica em temas de interesse mútuo. [8]

#### E. Austrália

A Austrália atualmente tem uma capacidade instalada de  $\approx 2,6$  GWh [3]Segundo (Energy Action, 2020), precisará adicionar 6-19 GW de fontes despacháveis para atingir suas metas de descarbonização. O foco está em sistemas de grande porte, acoplados a fontes renováveis ou *stand-alone* que geralmente prestam os seguintes serviços: controle de frequência, mercado de capacidade, e de curto prazo. [11]

Comissão Australiana de Energia Regulamentada (AER) é a responsável por regular a indústria de energia na Austrália. Ela desenvolve regras e diretrizes para a integração de sistemas de armazenamento de energia na rede elétrica, abordando questões como tarifação, operação da rede e padrões de interconexão.

#### F. Chile

O Chile tem  $\approx 20$  MWh de projetos implementados e um pipeline de centenas de MWh. Atualmente, o projeto Solar Andes IIb com 180 MW FV e 560 MWh de BESS (acoplamento CC) está em fase de implementação; [3]Todos os projetos de BESS instalados são acoplados a usinas FV ou eólicas

e são utilizados para permitir o despacho dessas usinas durante os horários de ponta. O governo chileno propôs um leilão específico para sistemas de armazenamento localizados no Atacama, para 2024. Volume de 2 GW/8 GWh. [13]

Chile tem implementado uma série de leis e regulamentos relacionados à energia, incluindo o Decreto Supremo N° 12, que estabelece o Regulamento do Sistema de Transmissão, Distribuição e Acesso ao Sistema Elétrico Nacional. Esse regulamento aborda questões relacionadas à integração de sistemas de armazenamento de energia na rede elétrica.

A Comisión Nacional de Energía (CNE) é responsável por regular o setor de energia no Chile. A CNE desenvolve normas e regulamentos para garantir a integração segura e eficiente de sistemas de armazenamento de energia na rede elétrica, incluindo questões como tarifação, operação da rede e interconexão.

#### G. Brasil

Em comparação com as referências internacionais, o mercado brasileiro de armazenamento ainda é pequeno. Possui Sistemas isolados  $\approx 7$  MWh/4 MW instalados (Agro e pilotos) na Amazônia. Projetos Atrás do medidor  $\approx 19$  MWh/10 MW instalados com Foco em clientes cativos. Projetos em frente do medidor, BESS em Registro/SP (60 MWh/30 MW) e projetos P&D. SIGFIs (Sistemas individuais de geração com fonte intermitente), com  $\approx 23.500$  sistemas instalados como parte de campanhas de eletrificação rural no Norte do Brasil.

### III. PERSPECTIVAS DO MERCADO GLOBAL

A China continua sendo líder global em termos de implantação de armazenamento de energia, devido ao seu crescente mercado solar, com uma média de 42 GW/120 GWh de acréscimos de capacidade anual previstos para os próximos 10 anos. [16]

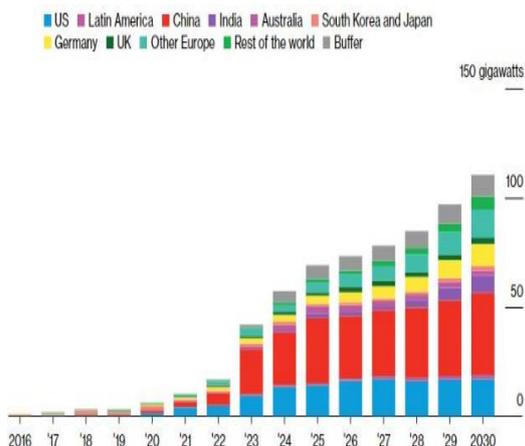


Fig. 2 – Perspectivas do mercado de armazenamento de energia [4]

As adições recordes de armazenamento de energia para o ano de 2023 serão seguidas por uma taxa de crescimento anual composta de 27% até 2030, com adições anuais atingindo 110 GW/372 GWh, ou 2,6 vezes as instalações de gigawatts esperadas para 2023. [4]

Olhando para o futuro, 926 GW/2789 GWh serão adicionados entre 2024 e 2033, marcando um aumento de 636%, segundo a atualização do panorama do mercado global de armazenamento de energia do segundo trimestre. Isso torna o armazenamento de energia um dos mercados de crescimento mais rápido na indústria de energia, à medida que os desafios de integração renovável aumentam. [16]

Metas e subsídios estão se convertendo em desenvolvimento de projetos e reformas nos mercados de energia que favorecem o armazenamento de energia. O aumento nas implantações é impulsionado por uma onda de novos projetos motivados pelas necessidades de redistribuição de energia. Os mercados estão cada vez mais buscando o armazenamento de energia para serviços de capacidade (incluindo através de mercados de capacidade). Japão, Polônia, Reino Unido, Chile, sudoeste dos Estados Unidos, Nova York e Austrália são novos mercados que estão abrindo essas oportunidades. [4]

No campo tecnológico, as baterias de íon de lítio usando químicas de níquel, manganês e cobalto estão perdendo participação de mercado devido ao seu custo relativamente maior quando comparadas às baterias de fosfato de ferro e lítio. Além das baterias de íon de lítio, as tecnologias alternativas focadas principalmente nas

necessidades de armazenamento de energia de longa duração permanecem limitadas, com uma capacidade comissionada de 1,4 GW/8,2 GWh em todo o mundo. A região da Ásia-Pacífico respondeu por 85% das novas instalações desde 2020. [4]

A Ásia-Pacífico mantém sua liderança na construção em termos de gigawatts, representando quase metade (47%) das adições em 2030. A China lidera principalmente devido a requisitos compulsórios de cima para baixo para associar armazenamento com energia eólica e solar em escala de serviços públicos. Outros mercados também estabeleceram novas políticas para promover o armazenamento. A Coreia do Sul realizará um leilão para armazenamento para reduzir o corte de energia renovável e publicou uma nova política para reviver seu setor comercial de armazenamento. A Austrália e o Japão estão realizando novos leilões de capacidade para capacidade firme limpa, o que beneficia a instalação de armazenamento de energia ao fornecer pagamentos de capacidade de longo prazo. O novo produto de serviço complementar da Índia pode oferecer oportunidades para armazenamento estacionário nos mercados atacadistas. A implantação acumulada para a Ásia-Pacífico em 42% em termos de gigawatts para 39 GW/105 GWh em 2030, principalmente devido às perspectivas e atualizações metodológicas para a China. [4]

Ao analisar o mercado global de armazenamento de energia, este revela um cenário de crescimento robusto e expansão significativa nas próximas décadas. A China se destaca como líder na implementação, impulsionada por políticas de integração de energias renováveis e uma forte demanda por soluções de armazenamento. Além disso, a região da Ásia-Pacífico continua a liderar em termos de capacidade instalada, com previsões de crescimento substancial até 2030.

A Europa, Oriente Médio e África representam 24% das implantações anuais de armazenamento de energia em termos de gigawatts até 2030. A região adicionou 4,5 GW/7,1 GWh em 2022, com instalações de baterias residenciais na Alemanha e Itália superando nossas expectativas anteriores. As baterias residenciais são agora a maior fonte de demanda por armazenamento na região e permanecerão assim até 2025. Separadamente, mais de €1 bilhão em subsídios foram alocados

para projetos de armazenamento em 2023, apoiando uma nova série de projetos na Grécia, Romênia, Espanha, Croácia, Finlândia e Lituânia, por sua vez deverá atingir 114 GW/285 GWh a cumulativamente até o final de 2030, um crescimento de 10 vezes em termos de gigawatts, com o Reino Unido, Alemanha, Itália, Grécia e Turquia liderando. [4]

A Europa, Oriente Médio e África também estão se movendo rapidamente para adotar tecnologias de armazenamento, apoiadas por subsídios significativos e um aumento na implantação de baterias residenciais. Enquanto isso, as Américas estão um pouco atrás em termos de implantação, mas estão avançando com iniciativas para integrar armazenamento de energia em estratégias de descarbonização

As Américas representando 18% dos gigawatts implantados em 2030. A dispersão geográfica e a ampliação do escopo de atividades nos Estados Unidos indicam que se tornou um recurso *mainstream* para várias estratégias de descarbonização de serviços públicos nos Estados Unidos. Projetos adiados devido aos custos de armazenamento mais altos do que o esperado estão finalmente sendo concluídos na Califórnia e no Sudoeste. Reformas de mercado no mercado de capacidade do Chile podem abrir caminho para maiores adições de armazenamento de energia no incipiente mercado de armazenamento de energia da América Latina. [4]

A frota global de armazenamento de energia continua a crescer aos trancos e barrancos, devido à crescente demanda por capacidade firme limpa e à rápida queda dos preços de armazenamento de baterias. No entanto, analistas sugerem que a indústria está apenas nos blocos iniciais, com crescimento exponencial esperado nos próximos anos. [16]

No geral, o mercado de armazenamento de energia está posicionado como um dos setores de crescimento mais rápido na indústria de energia global, à medida que os países enfrentam desafios crescentes na integração de fontes renováveis intermitentes. O futuro parece promissor, com previsões indicando um crescimento exponencial na capacidade instalada, suportado por avanços tecnológicos e políticas favoráveis em todo o mundo.

#### IV. MERCADO GLOBAL

Os sistemas de armazenamento em baterias possuem uma vasta gama de aplicações possíveis no setor elétrico. É importante ressaltar, contudo, que a atratividade de cada solução específica depende fortemente das características e necessidades de cada sistema elétrico considerado. Em sistemas pequenos com significativa expansão de fontes renováveis variáveis, por exemplo, essa tecnologia pode contribuir para atendimento à demanda quando há variações significativas na carga ou na geração. Já em sistemas mais robustos, como o Sistema Interligado Nacional, as necessidades de capacidade e flexibilidade do sistema elétrico poderiam ser supridas de diversas maneiras, sendo o uso de sistemas de armazenamento uma delas. [17]

Ao analisar a utilização das baterias, percebe-se que estas podem ficar inativas durante períodos significativos. Portanto, uma maneira de tornar essa utilização mais eficiente seria combinando diferentes aplicações. Dessa forma, o mesmo sistema de armazenamento poderia oferecer diversos serviços conforme a demanda do sistema elétrico em cada momento específico. Isso possibilitaria a maximização do uso das baterias ao longo do tempo, aumentando as receitas do empreendimento e tornando os sistemas de armazenamento mais competitivos.

A imagem abaixo indica esse conceito:

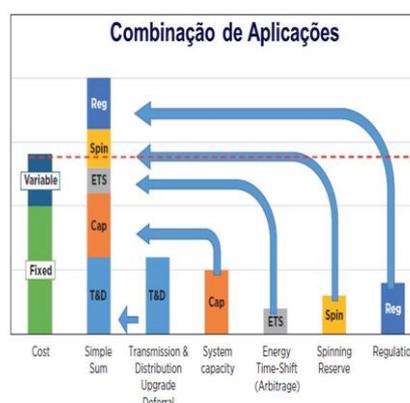


Fig. 3 – Combinação de aplicações de armazenamento [19]

Outra possibilidade é a utilização dos sistemas de armazenamento como alternativa de solução a restrições locais, substituindo investimentos tradicionais de distribuição ou transmissão. O fornecimento de serviços de controle de tensão, frequência, ou reserva

operativa (serviços ancilares), também poderia ser realizado por sistemas de armazenamento, a depender das condições do mercado de energia em questão conforme será demonstrado na próxima imagem, as diversas possibilidades dos serviços que podem ser prestados pelas baterias:



Fig. 4 – Possibilidades de Serviços Prestados por Baterias [18]

Sobre a imagem acima, para o mercado brasileiro, entende-se que a redução de consumo na ponta, apontada como aplicável aos consumidores, poderia ser feita também pelo operador, ao “despachar” uma bateria nos momentos de maior demanda.

Quando o sistema de armazenamento está localizado no nível mais pulverizado, atrás dos medidores das unidades consumidoras residenciais, comerciais e industriais, toda a gama de serviços poderia, em teoria, ser oferecida. Desde os serviços de interesse e benefício direto ao consumidor até os outros mais gerais de apoio ao operador do sistema e à rede elétrica poderiam ser fornecidos. Contudo, para utilização eficiente dos recursos de armazenamento distribuídos é necessário que o consumidor tenha a sinalização econômica do requisito ou serviço que o sistema necessita naquele local e momento. Além disso, é necessário que se permita que tais recursos compitam de maneira equilibrada com as soluções centralizadas tradicionais. [17]

O uso múltiplo dos sistemas de armazenamento também pode necessitar de uma discussão regulatória específica. Considerando que podem ser oferecidos pelo mesmo sistema serviços que hoje são de responsabilidade de geradores, transmissores ou distribuidores, enquadrar os sistemas de armazenamento em uma dessas categorias pode limitar essa versatilidade.

## V. REGULAÇÃO BRESILEIRA

Quanto a regulação brasileira, observa-se a intenção do preenchimento das lacunas e, finalmente, o encaminhamento do tema para que a ANEEL estipule, expressamente, as condições regulatórias para o desenvolvimento da atividade de armazenamento de energia no país.

Em 19 de outubro de 2023 foi aberta ANEEL a Consulta Pública nº39/2023, com intuito de coleta de subsídios para Análise de Impacto Regulatório sobre a regulamentação do armazenamento de energia elétrica no Brasil. Foi, enfim, reconhecido — ou ao menos indicado — na Nota Técnica 61/2023-SGM-SCE-STD-STE/ANEEL, que deu origem à referida consulta pública, que “há impedimentos ou dificuldades na inserção de novas soluções de armazenamento” e que tal problema deve ser resolvido pela ANEEL, especialmente no “contexto de transição energética no Brasil”.

Atualmente, já existe uma regulamentação para “resposta da demanda”, situação em que grandes consumidores reduzem os seus perfis de consumo e ganham uma receita por isso. Dessa forma, ao invés de reduzir o consumo de seus processos produtivos, um grande consumidor pode instalar um sistema de armazenamento para fornecer energia durante o horário de pico.

Existe ainda o programa “Mais Luz para a Amazônia”, política pública promovida pelo Ministério de Minas e Energia, que busca a instalação de geração fotovoltaica e armazenamento de energia em comunidades isoladas, nas quais seria mais caro e menos sustentável levar geradores à diesel e estabelecer a logística de transporte do combustível.

Quanto a legislação, existe o andamento de dois projetos de lei em discussão no Congresso Nacional que abrem perspectivas para que as soluções de armazenamento ganhem escala: o PL 414/2021 e o PL 1224/2022.

Outra incógnita sobre a regulação, é a inclusão dos sistemas de armazenamento de energia por baterias que paira no 2º leilão de reserva de capacidade, previsto para agosto ou setembro deste ano. A tecnologia busca espaço junto com biogás, biomassa e hidrogênio. As áreas técnicas da pasta, argumentam que a tecnologia carece de “regulamentação devidamente madura” para que haja sua previsão em processos de leilão no país.

Ainda que a solução regulatória ainda precisa ser melhor desenvolvida, considerando a agenda definida pela ANEEL, o estágio atual é mais animador para aqueles que já vêm em busca de algum (ou qualquer) indício de como deverá se dar, ao menos em âmbito regulatório, a adoção da tecnologia de armazenamento de energia integrado ao sistema no país.

## VI. ESTUDO DE CASO

Os incentivos em relação ao armazenamento de energia por baterias são discutidos no Brasil pelo órgão regulador desde 2016 com a primeira chamada pública n° 021, por desdobramento de um projeto de P&D no qual incluiu o único projeto de armazenamento em larga escala do sistema de transmissão no Brasil pela empresa ISA Cteep, na Subestação Registro (SP). [14]

O projeto foi proposto à ANEEL como uma alternativa ao planejamento setorial inicial para evitar o acionamento de geradores de energia movidos a diesel para o suprimento da demanda adicional na região. A estimativa é de que, em dois anos de operação, seja evitada a emissão de mais de mil toneladas de gases de efeito estufa (tCO<sub>2</sub> e) sem o uso de combustíveis fósseis e operações logísticas para o abastecimento dos geradores.

Referida obra realizada para instalação dos bancos de baterias na Subestação foi executada em apenas 12 meses, com investimento autorizado pela ANEEL de R\$ 146 milhões de reais, viabilizando um incremento de aproximadamente R\$ 30 milhões na receita anual permitida – RAP ao Contrato de Concessão da Isa Cteep n°059/2001.

A energização do projeto aconteceu no final de 2022, com 180 racks de baterias de lítio de 30 MW de potência ocupando uma área de 5 mil metros quadrados (metade de um campo de futebol) e tem capacidade para suprir até 2 horas de pico de consumo, totalizando 60 MWh de energia adicional nesse período. Assim, o reforço ajuda a evitar falhas no fornecimento durante o aumento do consumo nos períodos de férias no litoral de São Paulo, beneficiando cerca de 2 milhões de pessoas. [15]

Outra vantagem é a capacidade da mobilidade e da reutilização da infraestrutura para outras regiões, quando o reforço não for mais necessário no atual local de instalação por causa de melhorias estruturais que aumentarão a capacidade de transmissão.

Todavia, a expansão desses sistemas para os níveis necessários esbarra em pelo menos dois fatores: regulação e custo. No quesito custo, a demanda por alguns novos insumos para os sistemas de energia – como semicondutores e lítio – estão a caminho de um crescimento sustentado e forte, já quanto a regulação percebe-se que é necessário ainda o desenvolvimento de legislação específica para regular o mercado nacional para um desenvolvimento ainda maior do armazenamento, bem como a implementação de políticas públicas para facilitar a importação das baterias de outros países para o mercado nacional.

## VII. CONCLUSÃO

Atualmente, os Estados Unidos e a China lideram o mercado global de sistemas de armazenamento, com aproximadamente 80% das novas instalações realizadas em 2022. No entanto, as barreiras regulatórias têm limitado a adoção em larga escala dessas tecnologias, abrangendo questões tarifárias, de interconexão e participação nos mercados de energia. Superar essas barreiras exigirá uma revisão metódica das políticas e regulamentações existentes.

Com avanços em tecnologias emergentes como baterias de íon-lítio, sistemas de armazenamento térmico e armazenamento de energia por hidrogênio, novas oportunidades surgem tanto na geração quanto na transmissão de energia. Essas tecnologias estão se tornando cada vez mais competitivas em termos de custo e desempenho, estimulando sua adoção em larga escala.

Há grande expectativa quanto ao potencial dos sistemas de armazenamento em oferecer uma diversidade de serviços ao setor elétrico. Seja por trás do medidor, atendendo diretamente o consumidor final, ou de maneira centralizada para operadores do sistema ou agentes de geração, distribuição e transmissão, esses sistemas têm o poder de transformar o setor elétrico devido à sua versatilidade. Além das considerações técnicas e econômicas, a discussão sobre aspectos regulatórios, já na agenda da ANEEL, é crucial.

Atualmente, alguns serviços que poderiam ser prestados por soluções de armazenamento em bateria não estão acessíveis devido a restrições regulatórias, como no caso dos sistemas anclares no Sistema Interligado Nacional. É essencial que o sistema nacional esteja preparado com dispositivos de flexibilidade operacional para

lidar com desafios como a rampa do pico noturno e minimizar as perdas causadas por constrained-off, ajustando sua regulação para acompanhar o desenvolvimento do armazenamento de energia por bateria, uma realidade crescente no mercado brasileiro.

Para promover o desenvolvimento adequado dessa modalidade, é necessário um papel mais ativo do poder concedente na elaboração de medidas regulatórias que equilibrem o sistema. O armazenamento de energia está desempenhando um papel crucial na integração de renováveis e no suporte à estabilidade da rede elétrica. Superar os desafios regulatórios e explorar as oportunidades oferecidas por tecnologias emergentes será fundamental para maximizar o potencial do armazenamento de energia em todo o sistema elétrico.

Espera-se que os sistemas de armazenamento sejam amplamente adotados no setor elétrico em um futuro próximo. Os esforços de modernização devem focar na viabilização das novas tecnologias, incluindo o armazenamento em baterias, criando um ambiente de competição equitativa entre as fontes disponíveis para atender às necessidades do sistema elétrico brasileiro.

## VIII. REFERÊNCIAS

[1] Datta, A. Kalam, And J. Shi, *A review of key functionalities of battery energy storage system in renewable energy integrated power systems*, Energy Storage, no. November, pp. 1–21, 2021.

[2] EPE, 2021. Usinas Hidrelétricas Reversíveis (UHR): Desafios para inserção em mercados de energia elétrica. Disponível em <[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-561/EPE-DEE-NT-013\\_2021-r0.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-561/EPE-DEE-NT-013_2021-r0.pdf)> Acesso em: 12/11/2023;

[3] IEA, 2023. International Energy Agency. *Annual grid-scale battery storage additions*. Disponível em <<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/annual-grid-scale-battery-storage-additions-2017-2022>> Acesso em: 10/11/2023;

[4] Kou, Helen. *Energy Storage Market Outlook - BloombergNEF*. Disponível em <<https://about.bnef.com/blog/2h-2023-energy-storage-market-outlook/>> Acesso em: 12/11/2023;

<[https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-11-12/energy-storage-market-outlook/](https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-11-12/energy-storage-market-outlook)> Acesso em: 12/11/2023;

[5] Rathi, Akshat. *Climate Capitalism: Winning the Global Race to Zero Emissions*. Junho de 2023.

[6] CHINA. The 13th Five-Year Plan For Economic And Social Development Of The People's Republic Of China (2016–2020). Translated by Compilation and Translation Bureau, Central Committee of the Communist Party of China Beijing, China. Disponível em:<<http://en.ndrc.gov.cn/newsrelease/201612/P020161207645765233498.pdf>>. Acesso em 10/06/2024.

[7] Diretiva (UE) 2018/2001 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de dezembro de 2018, relativa à promoção da utilização de energia de fontes renováveis (reformulação) (JO L 328 de 21.12.2018, p. 82-209).

[8] ANEEL. Representação institucional em missão técnica à Ofgem e National Grid ESO, seguida de visitas técnicas e institucionais, no período de 26 de fevereiro a 1º de março de 2024, em Londres e Warwick, no Reino Unido. (48500.000225/2024-37). Disponível em: <[https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aprt2024011\\_1.pdf](https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aprt2024011_1.pdf)>Acesso em 10/06/2024.

[9] USA Energy, Solar Energy Technologies Office Federal, 2023. *Solar Tax Credits for Businesses*. Disponível em:<<https://www.energy.gov/eere/solar/federal-solar-tax-credits-businesses>> Acesso em: 20/11/2023;

[10] Morder Intelligence, 2023. Tamanho do Mercado de Armazenamento de Energia do Reino Unido & Análise de Participação – Tendências de Crescimento e Previsões (2023 – 2028). Disponível em: <<https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/united-kingdom-energy-storage-systems-market-industry>> Acesso em: 26/11/2023;

[11] Energy Action, 2023. *AEMO's ISP Forms Roadmap for a Lower Carbon Future*. Disponível em: <<https://energyaction.com.au/2020/08/>> Acesso em: 26/11/2023;

[12] Singh, Sarita Chaganti. India to offer \$455 million in incentives for battery storage projects. Disponível em: <<https://www.reuters.com/business/energy/india-offer-455-mln-incentives-battery-storage-projects-sources-2023-06-06/>> Acesso em: 26/11/2023;

[13] BNAMERICAS, 2023. Autoridades chilenas apresentam medidas para facilitar fluxo de investimentos em armazenamento de energia. Disponível em: <<https://www.bnamericas.com/pt/noticias/autoridades-chilenas-apresentam-medidas-para-facilitar-fluxo-de-investimentos-em-armazenamento-de-energia>>. Acesso em 26/11/2023.

[14] ANEEL, 2016. Arranjos Técnicos e Comerciais para a Inserção de Sistemas de Armazenamento de Energia no Setor Elétrico Brasileiro. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/programa-de-pesquisa-desenvolvimento-e-inovacao/chamadas-de-projetos-de-pdi-estrategicos>>. Acesso em 28/05/2024.

[15] ISA CTEEP, 2022. Relatório Anual de Sustentabilidade. Disponível em: <<https://www.isactEEP.com.br/download/Relatorio-anual-isactEEP-2022.pdf>>. Acesso em 28/05/2024.

[16] MAISCH, Marija.2024. Global energy storage fleet to surpass 1 TW/3 TWh by 2033, WoodMac says. Disponível em: <<https://www.ess-news.com/2024/07/09/global-energy-storage-fleet-to-surpass-1-tw-3-twh-by-2033-woodmac-says/>> Acesso em 13/07/2024.

[17] EPE, 2019. Sistemas de Armazenamento em Baterias Aplicações e Questões Relevantes para o Planejamento. Disponível em: <[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-441/EPE-DEE-NT-098\\_2019\\_Baterias%20no%20planejamento.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-441/EPE-DEE-NT-098_2019_Baterias%20no%20planejamento.pdf)> Acesso em 14/07/2024

[18] RMI, R. M. 2015. The Economics of Battery Energy Storage. Em How Multi-use, customer-sited batteries deliver the most services and value to customers and the grid.

[19] IRENA. 2015. Battery Storage for Renewables: Market Status and Technology Outlook.

## IX. BIOGRAFIA



Bianca de Souza, was born in São Jerônimo, Rio Grande do Sul, Brazil, on September 30, 1993. In 2017, Bianca graduated in Law from the Universidade do Vale do Itajaí in Florianópolis, SC, Brazil, and specialized in Energy Industry Regulatory, completing in 2021 an MBA in Energy Law at CEDI and is studying Master's in Electrical Engineering at POLI – USP in São Paulo. Her professional experience includes working for energy sector companies such as ALUPAR, ISA CTEEP, and AMBAR ENERGIA. Her area of expertise is related to solid experience in Brazilian Energy Industry Regulatory. In July 2021, she was invited to join the Special Energy Law Commission of the OAB/SP.