



**GESEL**

Grupo de Estudos do Setor Elétrico

UFRJ

# Observatório de Armazenamento de Energia

Nº 01

---

3º TRIMESTRE

2023



# Observatório de Armazenamento de Energia N° 01

## **Organizador**

Nivalde de Castro

## **Subeditores**

Fabiano Lacombe

Lucia Dias

Sérgio Silva

## **Equipe de Pesquisa**

Cristina Rosa

Felipe Gama

Lucia Dias

Paulo Giovane Silva

## **Revisão Geral**

Bianca Castro

Pablo Sathler

Novembro de 2023

# | Sumário

Introdução.....	4
1. Políticas Públicas e Financiamentos.....	6
2. Mecanismos de Inserção de Armazenamento de Energia .....	20
3. Projetos de Armazenamento.....	23
4. Artigos e Estudos.....	27
Considerações finais.....	30
Referências Bibliográficas.....	31

# Introdução

---

Nas últimas décadas, a demanda por energia elétrica aumentou significativamente. Assim, para que todos os países tenham as próprias demandas atendidas, a forma como o setor elétrico é gerido se torna imprescindível. É fundamental que o sistema de provimento de energia elétrica seja seguro, confiável e com preços acessíveis. Além disso, por utilizarmos e, ao mesmo tempo, estarmos inseridos na natureza, temos a obrigação de cuidar e garantir seu uso sustentável, investindo em um sistema mais limpo e eficiente.

Por isso, a utilização de energias renováveis está, cada vez mais, presente na produção de eletricidade porque essa forma de energia renovável permite diminuir, indiretamente, a utilização dos combustíveis fósseis que tanto contribui com a emissão de gases do efeito estufa (GEE) que intensificam o aquecimento global.

Porém, a contrapartida do setor elétrico é utilizar as energias renováveis porque possuem a característica de serem intermitentes, ou seja, elas não produzem energia a qualquer momento. Exemplo disso é a energia eólica que só gera energia com a presença dos ventos e a solar que gera energia apenas no período diurno. Essa imprevisibilidade prejudica o sistema, principalmente se a necessidade de geração de energia ocorrer em um momento de pico de demanda.

Por conta disso, o armazenamento de energia surge como uma solução viável a essas questões. Visto que, os sistemas de armazenamento de energia elaboram a intermediação entre as fontes e as cargas variáveis, “movendo” energia através do tempo. Assim, a energia gerada em um determinado momento pode ser utilizada em outro.

# Introdução

---

Essa particularidade permite ao armazenamento de energia prover segurança energética para o sistema e legitima a expansão das fontes renováveis, oferecendo assim, flexibilidade ao sistema elétrico. Um panorama atual do mercado global é que existem várias tecnologias de armazenamento disponíveis em diversos estágios de desenvolvimento, desde a pesquisa até aplicações comerciais.

Diante disso, o Observatório de Armazenamento de Energia do Grupo do Setor Elétrico da Universidade Federal do Rio de Janeiro (GESEL–UFRJ) visa divulgar e sistematizar as informações do Informativo Eletrônico do Setor Elétrico (IFE) do último trimestre de 2023 sobre armazenamento de energia. O foco será a tecnologia de Usinas Hidrelétricas Reversíveis e Battery Energy Storage Systems (BESS), caracterizando tanto as informações quanto às Políticas Públicas e Financiamentos, Mecanismos de Inserção de Armazenamento de Energia, Projetos de Armazenamento e Artigos e Estudos.

# Políticas Públicas e Financiamentos

---

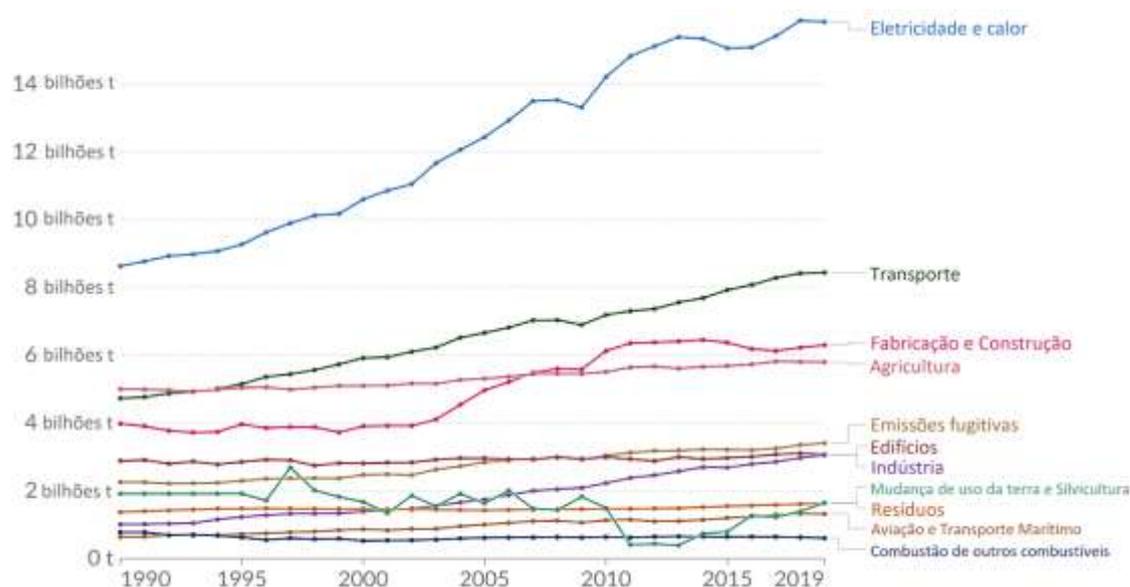
Ao longo dos anos, em razão da queima de combustíveis fósseis, do desmatamento desenfreado e da intensificação da atividade industrial, a preocupação em relação aos efeitos antrópicos na natureza aumentou consideravelmente. Dessa forma, os debates sobre as mudanças climáticas foram, conseqüentemente, intensificados, acompanhados de um crescimento no número de estudos científicos que evidenciam os efeitos da atividade humana no clima mundial.

De acordo com o relatório [Climate Change 2023](#) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, sigla em inglês), a atividade humana tem causado impactos generalizados no meio ambiente, provocando alterações climáticas significativas para a natureza e para comunidades vulneráveis. Além disso, os riscos associados às mudanças climáticas vêm sendo maiores do que o previsto em estudos anteriores e o aumento contínuo das emissões de gases de efeito estufa levará ao aquecimento global progressivo, intensificando, cada vez mais, os impactos no planeta e aumentando a probabilidade de mudanças abruptas e irreversíveis no clima.

As evidências dos efeitos devastadores das mudanças climáticas reforçam a urgência em adotar medidas concretas para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e mitigar os impactos ambientais. Dessa forma, é fundamental endereçar ações de grande impacto em setores estratégicos para atenuar o problema. Como é possível observar na Figura 1, o setor que mais contribui com emissões de gases de efeito estufa foi o setor ligado às atividades de produção de eletricidade e calor, superando a marca de 15 bilhões de toneladas emitidas em 2019.

# Políticas Públicas e Financiamentos

Figura 1: Emissão de gases de efeito estufa por setor (1990 – 2019)\*



Fonte: [Adaptado de Ritchie \(2020\)](#).

Nesse contexto, a transição para fontes de energias renováveis tem sido admitida como uma das principais estratégias para combater as mudanças climáticas, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis altamente poluentes.

No entanto, a inserção em larga escala de fontes de energia renovável, como a solar e eólica, apresenta desafios significativos em razão da natureza intermitente e variável dessas energias, o que pode comprometer a estabilidade e a confiabilidade do fornecimento de energia no setor. Nesse sentido, o desenvolvimento de tecnologias de armazenamento de energia desempenha um papel fundamental na integração dessas fontes intermitentes na rede elétrica, garantindo assim, a disponibilidade contínua e equilibrada de energia limpa.

# Políticas Públicas e Financiamentos

---

Para atingir com eficiência a transição para um sistema energético mais sustentável e resiliente é crucial que os formuladores de políticas públicas adotem abordagens abrangentes que promovam o avanço tecnológico e a implementação de soluções de armazenamento de energia. Além disso, é essencial fomentar um ambiente propício a aplicações por meio de incentivos financeiros e mecanismos de financiamento, a fim de impulsionar a divulgação de tecnologias de armazenamento de energia alinhada aos objetivos de sustentabilidade global.

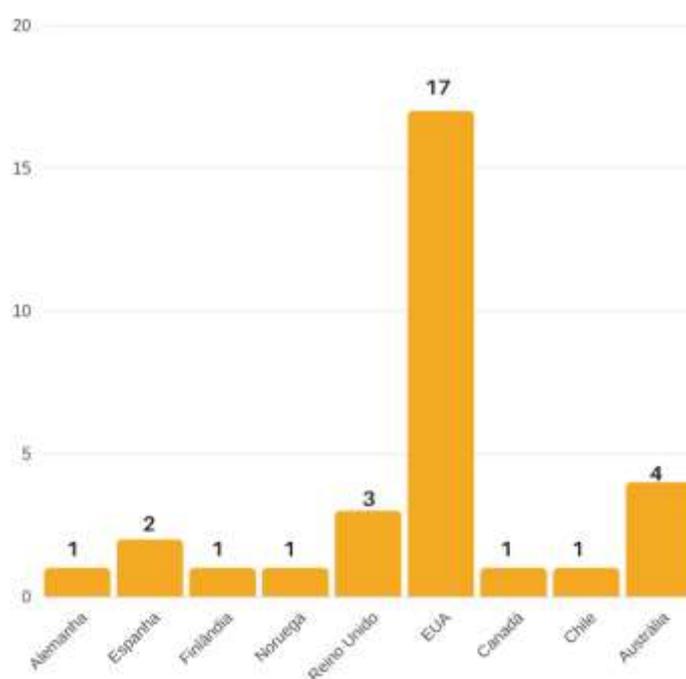
Nesta análise, avaliam-se as tendências recentes nas políticas públicas e no financiamento relacionado ao armazenamento de energia com o intuito de compreender melhor os desafios e oportunidades do setor.

De maneira inicial, foram avaliadas as notícias relacionadas às políticas públicas e de financiamento de armazenamento de energia referentes aos meses de julho, agosto e setembro coletadas pelo [Informativo do Setor Elétrico \(IFE\) de Armazenamento](#). Subsequentemente a isso, foi realizada uma análise por quantidade de iniciativas e valor dos financiamentos e investimentos, além de avaliação específica das políticas públicas.

Sendo assim, ao realizar a análise por quantidade de iniciativas de financiamento e investimento em armazenamento de energia foi possível observar que os Estados Unidos da América (EUA) são líderes em iniciativas de investimento, indicando forte compromisso com o setor de armazenamento de energia. Logo em seguida, temos a Austrália e o Reino Unido que também apresentam interesse significativo no setor, com 4 e 3 iniciativas, respectivamente, conforme apresentado na Figura 2.

# Políticas Públicas e Financiamentos

Figura 2: Quantidade de iniciativas de financiamento/investimento em armazenamento de energia por país (Julho – Setembro/2023).

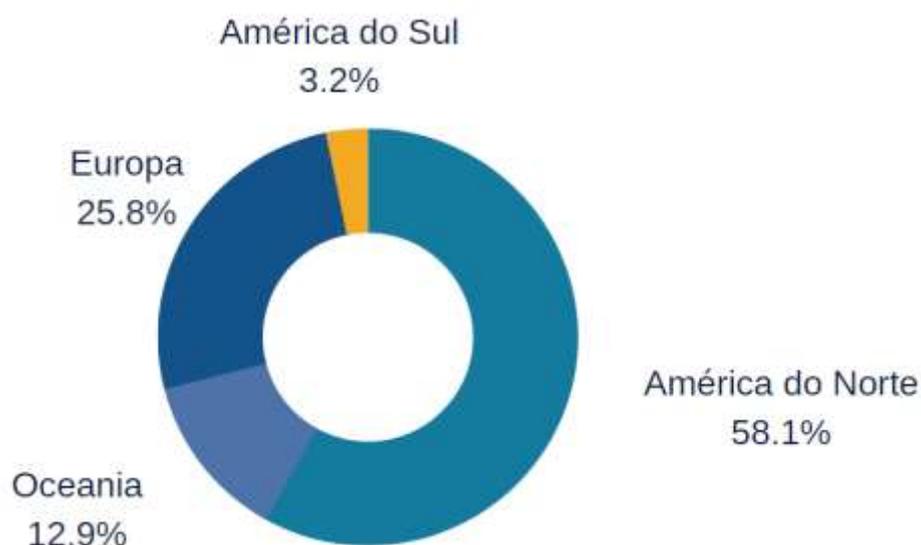


Fonte: Autoria própria.

Além disso, ao produzir análises por região, observa-se que a América do Norte, representada pelos EUA, obteve a maior parcela de iniciativas no mundo, seguido pela Europa que demonstra considerável interesse e apresenta iniciativas em diversos países como, Reino Unido, Espanha, Alemanha, Noruega e Finlândia. A Figura 3 demonstra a porcentagem de iniciativas por região.

# Políticas Públicas e Financiamentos

Figura 3: Porcentagem de iniciativas de financiamento/investimento em armazenamento de energia por região (Julho – Setembro/2023).

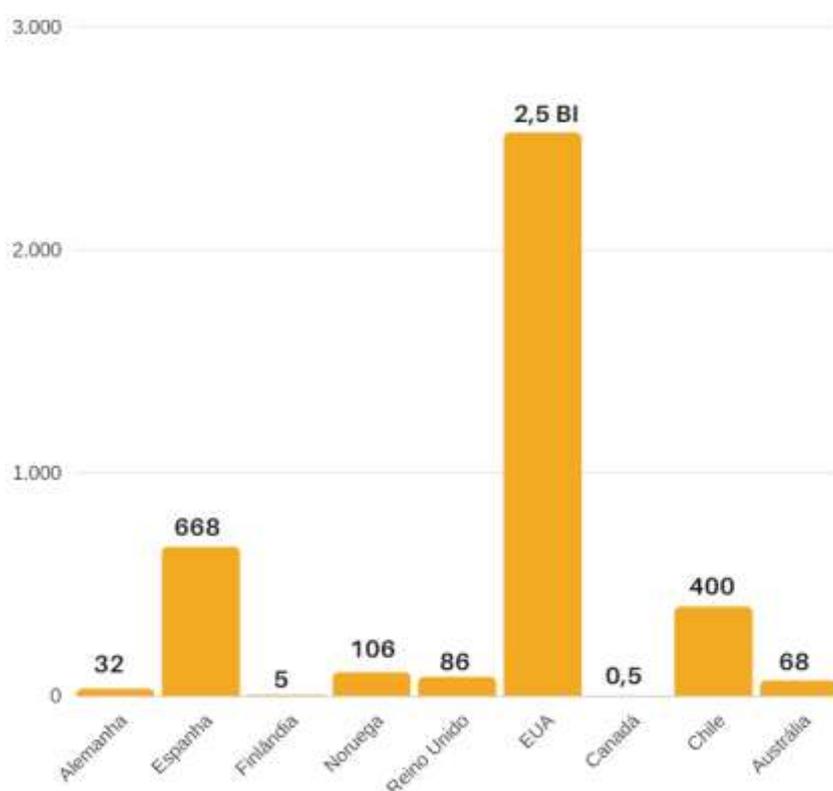


Fonte: Autoria própria.

Ademais, ao analisar mais de perto o investimento financeiro, constata-se que foram mundialmente investidos, durante os meses analisados, cerca de US\$ 3,9 bilhões. Sendo que os EUA continuam líderes, investindo 2,5 bilhões de dólares, o que indica um compromisso substancial com o desenvolvimento de tecnologias de armazenamento de energia. Além disso, Espanha, Chile, Noruega e Alemanha também estão investindo consideravelmente no setor com valores que variam entre US\$ 32 milhões e US\$ 668 milhões, conforme observa-se na Figura 4.

# Políticas Públicas e Financiamentos

Figura 4: Valor de financiamento/investimento em armazenamento de energia por país em US\$ milhões (Julho – Setembro/2023).

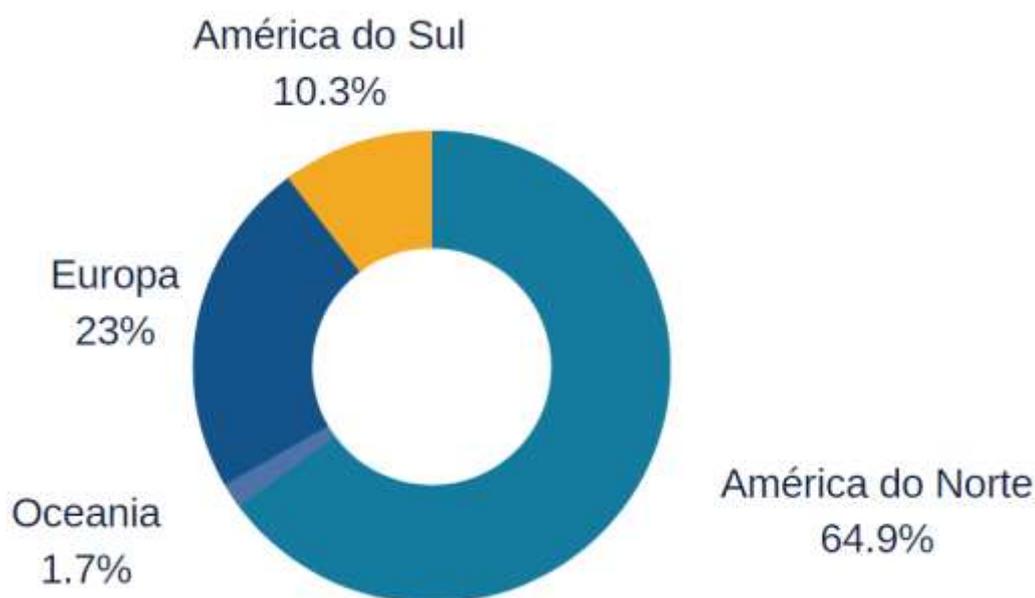


Fonte: Autoria própria.

Na avaliação por região, como demonstrado na Figura 5, observa-se que a América do Norte lidera, significativamente, o *ranking* de investimentos com 64,9% do valor total em armazenamento de energia, refletindo assim, o alto investimento dos EUA no setor. Além do mais, a Europa representa parte substancial dos investimentos, com 23% do total, demonstrando certo aumento nos investimentos do setor na região.

# Políticas Públicas e Financiamentos

Figura 5: Porcentagem do valor destinado para financiamento/investimento em armazenamento de energia por região (Julho – Setembro/2023).



Fonte: Autoria própria.

De maneira geral, os dados revelam uma clara tendência de crescimento e interesse no investimento e desenvolvimento de tecnologias de armazenamento de energia, especialmente nos EUA e na Europa. Embora a América do Norte lidere em termos de número de iniciativas e valor investido, a Europa demonstra constante expansão e compromisso na área.

Como mencionado anteriormente, os EUA demonstram um compromisso substancial com o avanço do setor de armazenamento de energia com foco notável em impulsionar projetos de armazenamento em comunidades locais, investindo em pesquisa e desenvolvimento, além de promoção de soluções de armazenamento de longa duração. Uma série de empresas de energia, incluindo NineDot, Jupiter Power, Form Energy, Origis, Peregrine Energy Solutions e EOS Energy Enterprise receberam financiamentos e empréstimos significativos para expansão de suas iniciativas de armazenamento de energia em grande escala, como pode ser observado na Tabela 1.

# Políticas Públicas e Financiamentos

Tabela 1: Investimento/Financiamento para empresas expandirem iniciativas de armazenamento de energia nos EUA (Julho – Setembro/2023).

Empresa	Resumo	Valor do financiamento /investimento
NineDot	<a href="#">Empresa recebe empréstimo do NY Green Bank para projetos de armazenamento de energia de bateria em escala comunitária em Nova York</a>	US\$ 25 milhões
Jupiter Power	<a href="#">Empresa assegurou financiamento para dois projetos de armazenamento de bateria no Texas</a>	US\$ 70 milhões
Form Energy	<a href="#">Empresa recebe concessão do estado de Nova York para projeto de armazenamento de energia de longa duração de 1 GWh</a>	US\$ 12 milhões
Origis	<a href="#">Empresa garante financiamento para desenvolver projetos de energia solar em grande escala e armazenamento de energia nos EUA</a>	US\$ 750 Milhões
Peregrine Energy Solutions	<a href="#">Empresa garante financiamento para expansão do pipeline de projetos de armazenamento de energia solar e eólica nos EUA</a>	US\$700 milhões
EOS Energy Enterprise	<a href="#">Empresa garante empréstimo para apoiar a expansão do armazenamento de energia em grande escala</a>	US\$ 398,6 milhões

Fonte: Autoria própria.

# Políticas Públicas e Financiamentos

Além disso, o Departamento de Energia (DOE, sigla em inglês) dos EUA tem dedicado recursos consideráveis para impulsionar a pesquisa em tecnologias de energia limpa, incluindo baterias de íons de lítio e soluções de armazenamento de energia hidrelétrica. Como no caso do fundo de [financiamento de US\\$ 30 milhões](#) para pesquisa de aprimoramento da confiabilidade de sistemas de armazenamento de longa duração (LDES, sigla em inglês) e sistemas “pré-competitivos”, que são aqueles em estágios anteriores ao processo de pesquisa e desenvolvimento e que ainda não estão prontos para implementação comercial. Além disso, existe o [investimento de US\\$13 milhões](#) para sete projetos de pesquisa e seus respectivos desenvolvimentos, cujo objetivo é acelerar a expansão de usinas hidrelétricas reversíveis (UHRs) nos EUA.

Ademais, como é possível observar na Tabela 2, o DOE está empenhado em promover o financiamento de projetos sociais, apoio a comunidades rurais e indígenas, além do compromisso com a fabricação, reciclagem e remanufatura de baterias, o que demonstra, uma abordagem abrangente para impulsionar a transição para fontes de energia mais limpas e sustentáveis em todo o país.

Tabela 2: Iniciativas do DOE para promoção do armazenamento de energia de forma abrangente (Julho – Setembro/2023).

<b>Tipo de Iniciativa</b>	<b>Resumo</b>	<b>Valor do financiamento</b>
Fabricação de Baterias	<a href="#">Financiamento para projetos de fabricação de baterias de estado sólido e líquido</a>	US\$16 milhões
Reciclagem de Baterias	<a href="#">Financiamento para projetos que visam impulsionar a inovação na reciclagem e reutilização de baterias de íons de lítio</a>	US\$2 milhões

# Políticas Públicas e Financiamentos

Tipo de Iniciativa	Resumo	Valor do financiamento
Armazenamento de Energia em Comunidades Rurais	<u>Subsídio para implantar armazenamento de energia móvel em comunidades rurais em Vermont</u>	US\$9,5 milhões
Projetos Sociais com Armazenamento de Energia	<u>Financiamento de soluções de armazenamento de energia em baterias em comunidades desfavorecidas nos EUA</u>	US\$1,2 milhão
Armazenamento em comunidades indígenas e nativas do Alasca	<u>Financiamento para 13 projetos de energia limpa em comunidades indígenas e nativas do Alasca</u>	US\$38 milhões

Fonte: Autoria própria.

Outro fator que demonstra a ênfase dos EUA na promoção de soluções de armazenamento de energia de grande escala é o investimento de mais de US\$ 325 milhões em projetos de armazenamento de energia de longa duração que visam minimizar as interrupções causadas por eventos climáticos extremos e explorar a reutilização de baterias antigas, incentivando, dessa forma, a indústria de veículos elétricos e promovendo justiça ambiental e equidade comunitária.

Para o caso da Europa, o panorama de investimentos em armazenamento de energia demonstra um comprometimento significativo com a transição para fontes de energia limpa e a consolidação de uma cadeia de suprimentos sustentável.

# Políticas Públicas e Financiamentos

---

Na Espanha, a [Comissão Europeia aprovou um plano de €350 milhões para o desenvolvimento de instalações de armazenamento de eletricidade](#), visando o reforço no sistema elétrico e redução do *curtailment* de energia renovável. Ademais, o governo espanhol lançou um [programa de subsídios de €280 milhões para projetos de armazenamento](#). Doutro lado, a Noruega, a FREYR Battery recebeu um [subsídio de 100 milhões de euros da União Europeia para o projeto Giga Arctic](#), cujo objetivo é fortalecer a produção local de baterias.

No Reino Unido, uma série de financiamentos são notáveis, como uma startup que garantiu [US\\$1 milhão para um sistema de armazenamento de energia móvel](#) usando baterias de segunda vida. De mais a mais, uma empresa recebeu [£53 milhões para desenvolver a cadeia de suprimentos de minerais críticos](#) e a Atlantic Green obteve um [financiamento de £16,5 milhões da Goldman Sachs para um projeto de armazenamento de bateria](#).

Na Alemanha, a VoltStorage obteve um [empréstimo de €30 milhões do Banco Europeu de Investimento para impulsionar tecnologia de baterias de fluxo](#). Enquanto isso, na Finlândia, a Fortum Battery Recycling recebeu [€4,5 milhões para expandir sua capacidade de processamento](#), contribuindo assim, para as metas de reciclagem da União Europeia e fortalecendo a cadeia de suprimentos de matérias-primas críticas. Portanto, o aumento da diversidade de investimentos reflete o compromisso contínuo com a inovação e a sustentabilidade no setor de armazenamento de energia na Europa.

# Políticas Públicas e Financiamentos

---

Em relação à Austrália, o país testemunhou mais de AU\$1 bilhão em investimentos em projetos de armazenamento de energia com bateria em larga escala no segundo trimestre de 2023 com diversos projetos em andamento. A empresa Genex garantiu um financiamento de US\$29,63 milhões para avançar com sua usina hidrelétrica reversível, além do projeto solar e de bateria em múltiplos estágios em Queensland. Por outro lado, a RayGen Resources recebeu um investimento de AU\$10 milhões da Agência Australiana de Energia Renovável (ARENA, sigla em inglês) para aprimorar e comercializar tecnologia de armazenamento solar e térmica. Concomitante a isso, o governo australiano investiu AU\$50 milhões para diversificar as cadeias de suprimentos de energia limpa na região Indo-Pacífico, focando em módulos solares e baterias para fortalecer a segurança energética e reduzir as emissões de carbono.

Como principal representante da América do Sul, no que diz respeito à promoção do armazenamento de energia por meio de financiamentos e investimentos, o Chile avança paulatinamente. Por mais que o país tenha apresentado uma quantidade de iniciativas menor do que outros países, o valor investido pelo Chile foi bastante expressivo. A International Finance Corporation (IFC, sigla em inglês) assinou um empréstimo de US\$ 400 milhões para a Engie Energía Chile S.A. financiar a instalação de novos sistemas de armazenamento de energia em Bateria (BESS, sigla em inglês) no país, visando dessa forma, o fornecimento de energia limpa para o Sistema Elétrico Nacional do Chile cujo objetivo é desativar ou converter os ativos remanescentes de geração a carvão da ENGIE Chile. Tudo isso, demonstra um objetivo sólido na substituição de fontes de energia poluentes por alternativas mais sustentáveis. Além de do exposto, foi possível observar diversas iniciativas no que diz respeito à formulação de políticas públicas, como pode ser visto na Tabela 3.

# Políticas Públicas e Financiamentos

Tabela 3: Políticas Públicas por país (Julho – Setembro/2023).

País	Política Pública	Resumo
Colômbia	<a href="#"><u>Substituição de usina de carvão por solar com armazenamento</u></a>	Usina de carvão de 290 MW será substituída por energia renovável, incluindo energia solar fotovoltaica e armazenamento de bateria.
Chipre	<a href="#"><u>Estrutura geral de política para sistemas de armazenamento de energia</u></a>	País apresenta estrutura de política para sistemas de armazenamento de energia, incluindo sistemas centralizados e busca orientar o financiamento para apoiar fontes de energia renovável combinadas com tecnologia de armazenamento.
Israel	<a href="#"><u>Plano nacional para regular procedimentos de planejamento e licenciamento para instalações de armazenamento de energia</u></a>	País cogita adotar plano nacional para regular o desenvolvimento de armazenamento de energia, reconhecendo o armazenamento como estratégia crucial para o setor de energia.
EUA	<a href="#"><u>Projeto de Lei da Assembleia 1373</u></a>	O Projeto de Lei da Califórnia visa impulsionar as energias renováveis e favorecer a construção de UHRs.

Fonte: Autoria própria.

# Políticas Públicas e Financiamentos

---

Apesar dos esforços significativos e dos avanços na transição para fontes de energia limpas e renováveis, a análise revela pontos que precisam ser abordados com urgência e abrangência. De acordo com o relatório [Tracking Clean Energy Progress 2023](#), da Agência Internacional de Energia (IEA), embora os investimentos e o foco em políticas públicas relacionadas ao armazenamento de energia tenham crescido consideravelmente em várias regiões do mundo, o ritmo e a escala desses esforços ainda são insuficientes para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas globais.

Enquanto alguns países e regiões têm feito avanços notáveis, especialmente os Estados Unidos da América e a Europa, o alcance desses esforços permanece limitado diante da escala global do desafio. A distribuição desigual de investimentos e iniciativas de políticas públicas em várias regiões do mundo destaca a necessidade de uma abordagem mais inclusiva, que abranja economias em desenvolvimento e países emergentes que, muitas vezes, enfrentam desafios adicionais de infraestrutura e financiamento.

Portanto, para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas de forma abrangente e eficaz, espera-se uma colaboração mais estreita entre governos, setor privado e comunidades locais, visando assim, a implementação de medidas eficientes e integradas que impulsionem a inovação, o aumento da escala de investimentos e a promoção do acesso às tecnologias de energia limpa e sustentável.

# Mecanismos de Inserção de Armazenamento

---

Introduzir o armazenamento de energia em determinado país parte, em primeiro lugar, do debate entre governo e entidades de regulação. Depois disso, novos negócios são desenvolvidos e estudados até serem aprovados.

Uma forma de introduzir novos empreendimentos ligados ao armazenamento de energia, acompanhado pela regulação governamental acontece mediante leilões e licitações. Com isso, quatro países ganharam destaque no último trimestre com a elaboração de esquemas de licitação e investimento: Austrália, Índia, Grécia e Chile.

O governo indiano aprovou um esquema de licitação, Scheme for Viability Gap Funding (VGF, sigla em inglês), para apoiar o desenvolvimento e construção de sistemas de armazenamento de energia com bateria (BESS, sigla em inglês) a ser entregue até 2030–2031. O objetivo da licitação é alinhar as metas do governo de incluir 500 GW de recursos não fósseis, além de 73,93GW/411,4GWh de armazenamento.

Para estimular a competição durante a licitação, o governo indiano oferece até 40% do custo de capital dos projetos, visando apoiar cerca de 4 GWh de recursos BESS, com o mínimo de 85% da capacidade de BESS disponível para empresas de distribuição de eletricidade. Tal manobra cogita reduzir o custo do armazenamento de energia tanto para os consumidores, quanto para as empresas de distribuição de eletricidade da Índia. Os projetos vencedores devem entrar em operação entre 18 a 24 meses após a concessão.

Austrália promove uma consulta pública em um Esquema de Investimento em Capacidade, no qual o governo pretende entregar pelo menos 6 GW de geração de energia limpa e impulsionar com isso, um investimento estimado em AU\$ 10 bilhões (US\$ 6,58 bilhões) no setor de energia até 2030.

O esquema garantirá receitas para geração de energia renovável, despachável e de armazenamento de energia, além de ser administrado ao nível estadual e ajustado às necessidades reais de cada local nas redes de energia

# Mecanismos de Inserção de Armazenamento

---

De modo que Victoria e South Australia, serão incluídos como beneficiários do esquema de investimento para abrir uma licitação de 600 MW/2,4 GWh de armazenamento de energia, incluindo baterias de grande porte, hidrogênio e usinas hidrelétricas reversíveis para incentivar e acelerar projetos à medida que as usinas de carvão encerram suas atividades na região.

Enquanto na região de New South Wales, os recursos de armazenamento de bateria em larga escala mitigam as restrições de carga na rede mediante o aumento da demanda por eletricidade. Com isso, o prazo para os interessados oferecerem suas contribuições a consulta pública se deu até o final de agosto.

Mediante o incentivo governamental australiano, espera-se mais leilões em 2024 com a participação de tecnologias de armazenamento de energia.

Enquanto a Austrália e a Índia estão tomando medidas para aumentar a frequência de leilões que aumentem a competitividade tecnológica e promova a inserção de armazenamento de energia, a Grécia está inaugurando seus leilões. Recentemente, a Grécia realizou seu primeiro leilão de armazenamento de energia, no qual a Autoridade Reguladora de Energia, Resíduos e Água (RAAEY) gerenciou e selecionou doze projetos de armazenamento de bateria, totalizando cerca de 412 MW de capacidade.

As ofertas dos vencedores variaram de €34/MW/ano a €64/MW/ano, valor abaixo do preço máximo permitido para o processo competitivo que anteriormente estava em €115/MW/ano. Isso configurou um cenário interessante para leilões e incentivou o país a planejar o próximo leilão.

No Chile, o órgão regulador de energia CNE planeja um leilão de energia renovável para suprir o consumo de energia em 2027 a 2028 ao contribuir com 5.400 GWh. Os selecionados poderão adicionar tecnologias de armazenamento com duração mínima de 4 horas aos seus projetos e terão direito a contratos de compra de energia (PPAs) de 20 anos. Essa medida faz parte da meta chilena de atingir 70% do consumo total de energia proveniente de fontes de energia renováveis até 2030.

# Mecanismos de Inserção de Armazenamento

---

## Cenário Nacional

O Brasil está, cada vez mais, atento às mudanças internacionais para uma transição energética eficiente. No território brasileiro, as fontes renováveis intermitentes como a eólica e a solar, que possuem uma variabilidade na geração de energia, estão crescendo cada vez mais.

Considerando o equilíbrio dessa variabilidade, o armazenamento de energia é cotado como uma das soluções para a flexibilização da energia na matriz elétrica brasileira mais eficientes, sendo acionadas quando as saídas das fontes renováveis estiverem mais baixas.

Sendo assim, é previsto para o primeiro semestre de 2024 a oferta de baterias e outras formas de armazenamento em leilões de energia. As últimas notícias são sobre o Ministério de Minas e Energia (MME) que ainda avalia formas de estruturar os produtos de armazenamento e determinar quais tecnologias podem disputar o próximo leilão. Assim, uma das ideias é a combinação de baterias com usinas renováveis.

# Projetos de Armazenamento

---

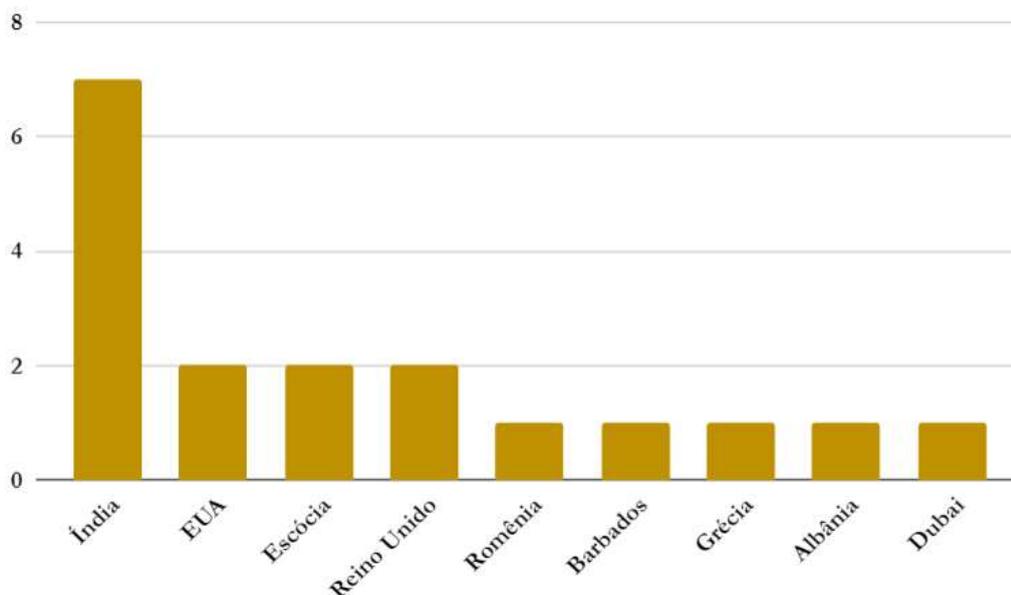
Nos últimos anos, houve aumento significativo na busca por soluções relacionadas à transição energética no mundo. À medida que, tanto as preocupações relacionadas às mudanças climáticas quanto à sustentabilidade ganham proeminência, a promoção de fontes de energia limpa e renovável se tornam prioridade para diversas nações. Nesse cenário, o armazenamento de energia em larga escala desempenha um papel fundamental na viabilização nesse processo tanto na forma de Usinas Hidrelétricas Reversíveis (UHRs) quanto em Battery Energy Storage Systems (BESS).

Conforme a geração de energia proveniente de fontes intermitentes, como a energia solar e a eólica, estão cada vez mais presentes no cenário energético, a capacidade de armazenar essa energia de maneira eficaz se torna crucial para garantir um contínuo fornecimento de eletricidade, independentemente das condições climáticas e da flutuação na demanda. Em decorrência disso, observam-se diversas iniciativas – tanto no setor privado quanto no público – empenhadas na promoção, expansão e potência da capacidade de armazenamento em suas respectivas nações. Dessa forma, a seção neste observatório dedicada aos projetos propõe a realização de análises trimestrais dos progressos dessas iniciativas em escala global.

Tanto na Figura 6 quanto na Figura 7 são apresentadas compilações dos projetos de armazenamento em grande escala do terceiro trimestre de 2023, organizados por países e por suas respectivas potências energéticas associadas.

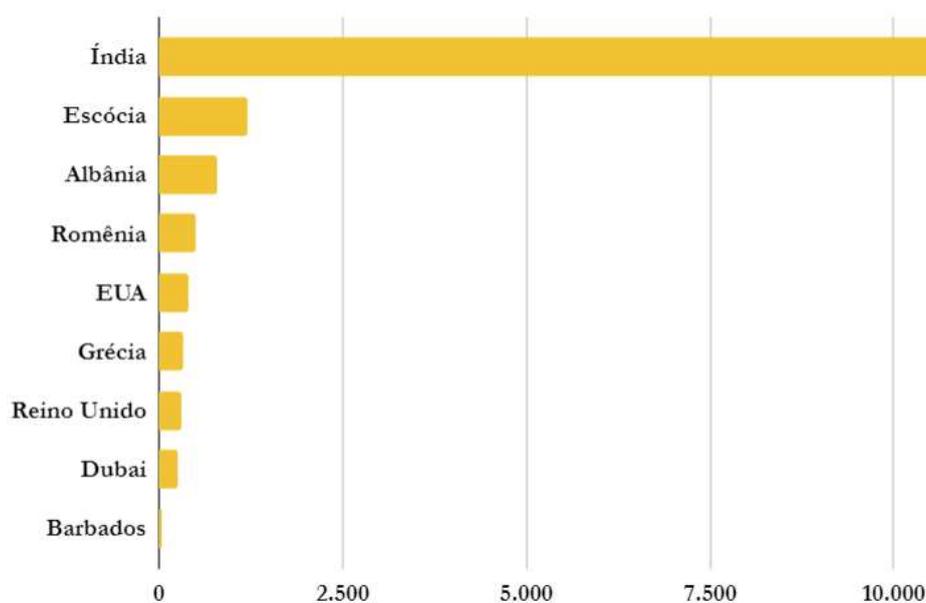
# Projetos de Armazenamento

Figura 6: Quantidade de projetos de armazenamento de larga escala por países durante o terceiro trimestre de 2023.



Fonte: Elaboração própria, a partir de GESEL (2023).

Figura 7: Potência de projetos de armazenamento de larga escala por países (em MW).



Fonte: Elaboração própria, a partir de GESEL (2023).

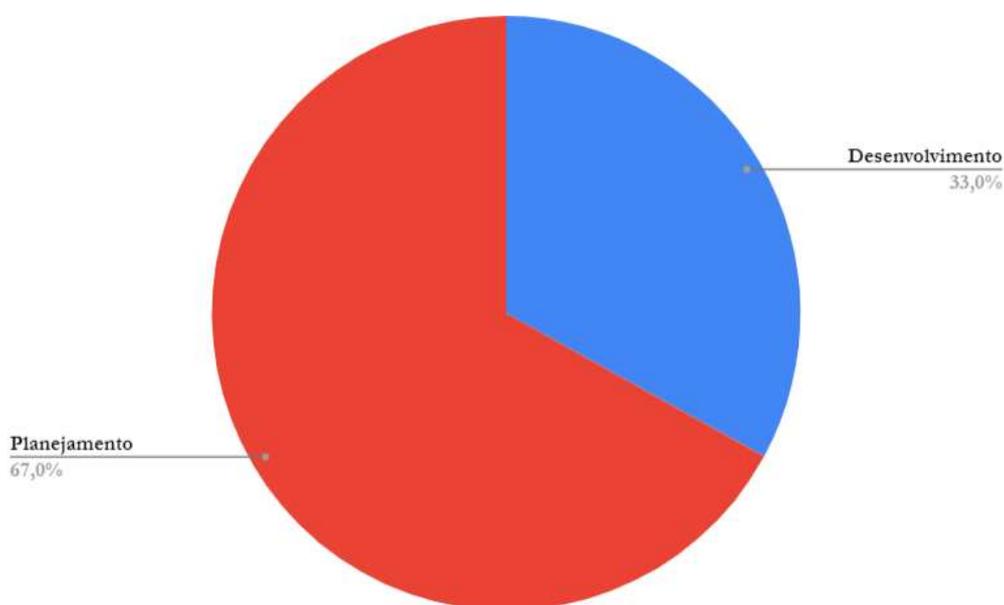
# Projetos de Armazenamento

De acordo com os gráficos apresentados acima, durante o terceiro trimestre deste ano foi possível identificar 18 projetos de armazenamento de energia de grande envergadura cuja capacidade cumulativa ascende a 14.587 megawatts (MW). Vale ressaltar que a maioria dessas iniciativas concentra-se em Usinas Hidrelétricas Reversíveis (UHRs) que estão em diversas fases que vão desde a construção até a fase comercial.

Adicionalmente, apresenta-se uma notável concentração de projetos relacionados a sistemas de armazenamento de grande escala, com 44% das iniciativas na Ásia e 39% na Europa. Além disso, destaca-se o papel desempenhado pela Índia com a contribuição de 39% desses projetos, resultando assim, em uma capacidade de armazenamento que ultrapassa os 10.000 MW. Por outro lado, a América do Norte representou apenas 17% das iniciativas, as quais se somam 450 MW, mesmo considerando os esforços substanciais dos Estados Unidos no que diz respeito às políticas públicas relacionadas ao tema.

No que diz respeito ao estado de progresso dos projetos, 67% deles encontram-se em planejamento, ao passo que apenas 33% estão em fase de desenvolvimento, conforme demonstrado na Figura 8.

Figura 8: Status dos projetos de armazenamento de energia de larga escala durante o terceiro trimestre de 2023.



Fonte: Elaboração própria, a partir de GESEL (2023).

# Projetos de Armazenamento

## Iniciativas em destaque

### **EUA: Califórnia ultrapassa o valor de 5GW de armazenamento de bateria em escala de rede**

A Califórnia ultrapassou 5 GW de projetos de armazenamento de energia em escala de rede (BESS, sigla em inglês), aumentando assim, sua capacidade total de BESS conectado em escala de rede para 5,6 GW. O estado lidera implantações de BESS, alinhando sua meta ambiciosa de 90% de energia renovável até 2030 e utilizando estruturas de controle de recursos que incentivem projetos de grande escala. Embora o primeiro trimestre tenha sido brando em termos de implantações, elas aumentaram no segundo trimestre com projetos comissionados por empresas como RWE e SDG&E.

### **NHPC e APGENCO colaboram em projetos de UHRs em Andhra Pradesh**

A NHPC Limited, destacada empresa de energia hidrelétrica da Índia, firmou um Memorando de Entendimento (MoU) com a Andhra Pradesh Power Generation Corporation Limited (APGENCO) em parceria com o governo de Andhra Pradesh para desenvolver projetos de Usinas Hidrelétricas Reversíveis (UHRs) e energia renovável no estado. A fase inicial do acordo compreende a implementação de dois Projetos de UHRs com capacidade combinada de 1.950 MW denominados Kamlapadu (950 MW) e Yaganti (1.000 MW) com a perspectiva de operar na economia local e gerar empregos na região.

### **Dubai: DEWA em fase de conclusão de seu projeto hidrelétrico reversível**

O projeto de uma Usina Hidrelétrica Reversível (UHR) da Autoridade de Eletricidade e Água de Dubai (DEWA) em Hatta está em estágio avançado, apresentando 74% de conclusão. Essa instalação, pioneira na região do Golfo, terá capacidade de geração planejada de 250 MW, 1.500 MWh de capacidade de armazenamento e vida útil prevista de 80 anos. Com um investimento total de US\$ 368,8 milhões, a UHR DEWA está programada para iniciar as próprias operações em 2025

# Artigos e Estudos

---

O Armazenamento de energia é cotado como uma das soluções para uma transição energética mais eficiente, não só por complementar a geração de energia das fontes renováveis intermitentes, mas por oferecer uma gama de serviços e aplicações de suporte à geração, transmissão e serviços auxiliares, nos quais se incluem: aumento da capacidade firme; arbitragem; diminuição do congestionamento de rede e controle de tensão.

Com isso, cada projeto envolve trabalhos diversos que podem estudar a execução e eficiência de um ou mais serviços, além de avaliar o nível de impacto técnico-econômico da implementação de uma UHR e avaliar os locais de implantação de baterias e UHR. Além disso, cada projeto pode medir se a implementação de uma usina híbrida com armazenamento de energia é viável ou não.

Nesse contexto, desenvolver estudos que abordam o armazenamento de energia é importante para difundir a implantação de projetos de armazenamento de energia e seus serviços. O artigo de Bader Alqahtani, Jin Yang e Manosh C Paul, por exemplo, produz uma avaliação técnico-econômica baseada numa estratégia de projeto ideal de tubulação de uma usina híbrida com UHR e energia solar e eólica.

O estudo compara dois cenários: o primeiro considera a perda de carga na tubulação e outro não considera a perda dessa carga. Os indicadores de desempenho utilizados para projetar o sistema proposto são a fração de energia renovável e a perda de energia renovável. A variação anual mais significativa entre os dois cenários em relação à demanda total atendida pelo sistema proposto e à quantidade de perda de energia renovável foi de 218,23 GWh e 89,39 GWh, respectivamente. A eficiência da tubulação variou entre 91-99% no modo de bombeamento e entre 76-95% no modo de geração.

# Artigos e Estudos

---

Além disso, outros estudos estão sendo publicados com intuito de avaliar projetos de usinas hidrelétricas reversíveis e baterias no mundo. Alguns estudos podem ser consultados na Tabela 4, a seguir.

Tabela 4: Estudos e artigos sobre o uso de UHRs por país.

País	Descrição
<a href="#">EUA</a>	O Alasca, apesar de depender majoritariamente de energia fóssil, já utiliza cerca de 30% de energia proveniente de fontes renováveis como eólica, solar e hídrica. Para uma transição completa para as energias renováveis, o armazenamento de energia seria crucial. Nesse sentido, pesquisadores do Argonne National Laboratory e do National Renewable Energy Laboratory estudam a energia hidrelétrica reversível como uma forma eficiente de armazenar grandes quantidades de energia e melhorar a resiliência da rede elétrica no Alasca.
<a href="#">China</a>	A China está construindo usinas hidrelétricas reversíveis para armazenar energia eólica e solar que são fontes de energia intermitentes. Em maio de 2023, a China tinha 50 GW de armazenamento reversível, capacidade operacional maior do que qualquer outro país. Atualmente em construção, a capacidade de armazenamento reversível da China deverá aumentar ainda mais com 89 GW.
<a href="#">Índia</a>	A Índia também está explorando o uso de UHRs para integrar fontes de energia renováveis. O estudo publicado por Ambati Bhimaraju, Aeidapu Mahesh e Joshi Sukhdev Nirbheram aborda a ideia de utilizar minas de carvão não funcionais para tornar as UHRs um meio de armazenamento viável e sustentável para o sistema híbrido de energia renovável.

# Artigos e Estudos

---

País	Descrição
<a href="#">Brasil</a>	O Sistema Elétrico Brasileiro, que depende de hidrelétricas, tem acusado certa diminuição na capacidade de armazenamento de água. Nos anos 70, a capacidade total dos reservatórios era suficiente para fornecer carga por 3 a 4 anos. Atualmente, com os níveis atuais de carga, a capacidade de fornecimento de carga é de alguns meses apenas. A usina hidroelétrica reversível (UHR), possui tecnologia que pode armazenar grandes volumes de energia e sendo vista como uma solução para picos de carga. Atualmente, o Brasil tem apenas 30 MW de UHR.
<a href="#">Japão</a>	O Sistema Elétrico Japonês, que depende de usinas hidrelétricas reversíveis (UHRs), tem acusado certa diminuição na intermitência da energia solar. Atualmente, o Japão tem um adicional de 1 MWh de geração de energia solar, correspondendo a 0,249 MWh adicionais de armazenamento pelos sistemas UHR. A relação entre UHR e energia solar é mais forte em resposta ao aumento no excedente esperado. Além disso, os benefícios sociais dos sistemas UHRs que evitam a redução ascendem a 180-280 milhões de ienes.

Fonte: Autoria própria.

Nos estudos do último trimestre, as usinas hidrelétricas reversíveis (UHRs) foram destaque e se mostraram uma solução promissora para integrar fontes de energia renováveis e armazenar grandes quantidades de energia. Países como Estados Unidos, China, Índia, Brasil e Japão estão explorando essa tecnologia para aperfeiçoar a resiliência de suas redes elétricas e com isso, reduzir as emissões de gases de efeito estufa..

# Considerações Finais

---

O acompanhamento sistemático do desenvolvimento do armazenamento de energia por meio do IFE de Armazenamento demonstrou, em termos de políticas públicas e financiamentos, que os Estados Unidos, Austrália e Reino Unido lideram o *ranking* de iniciativas de investimento. Sendo o norte da América responsável por mais da metade dos investimentos no mundo com aproximadamente 65% do total de US\$ 3,9 bilhões investidos apenas no último trimestre. O foco dos EUA é impulsionar projetos de armazenamento em comunidades locais, investir em pesquisa e desenvolvimento, além de promover soluções de armazenamento de longa duração.

Em se tratando das Américas, a região da América do Sul tem uma quantidade de iniciativas de investimento menor do que outras regiões do mundo, no entanto, o Chile pode ser considerado um país de destaque que, paulatinamente, avança no setor.

A distribuição desigual de investimentos e iniciativas de políticas públicas em várias regiões do mundo salienta a necessidade de uma abordagem mais ampla, que abranja economias em desenvolvimento e países emergentes. Muitas vezes, esses países enfrentam desafios adicionais de infraestrutura e financiamento para implementar o mercado de armazenamento de energia no seu território.

Assim, apesar dos EUA ser o país que mais investe em armazenamento de energia, foi a Índia e a Austrália que se destacam no incentivo de mecanismos de inserção de armazenamento de energia por instituírem um esquema de licitação para apoiar o desenvolvimento e a construção de sistemas de armazenamento de energia com bateria e usinas hidrelétricas reversíveis.

Esse esquema de licitação permitiu à Índia colaborar com a maior quantidade de projetos de armazenamento durante o terceiro trimestre de 2023 ao contribuir com 39% dos projetos, totalizando assim, sua capacidade própria em 10.000 MW. Porém, boa parte dos *status* dos projetos estão em etapa de planejamento.

O planejamento sucede à fase de estudos e divulgação. Por isso, a Índia está entre os países, junto aos EUA, China, Japão e Brasil, que buscam tecnologias de armazenamento de energia para aperfeiçoar a resiliência de suas redes elétricas e reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

Sendo assim, os estudos de destaque do trimestre são provenientes da Índia que, busca locais de minas de carvão não funcionais para tornar as UHRs um meio de armazenamento viável e sustentável. Além do mais, destaca-se a introdução de armazenamento de energia no Alasca, EUA, a fim de fortificar a entrada de fontes renováveis na geração de energia.

Por fim, espera-se que este Relatório do Observatório de Armazenamento de Energia contribua para ampla divulgação do conhecimento referente ao tema e impulse debates e estudos acerca das novas estratégias e políticas do setor.

# Referências Bibliográficas

---

A. S. Santos and C. L. T. Borges, "Comparison of Pumped Hydro Storage Operation Policies for a Brazilian Case Study," 2023 IEEE Belgrade PowerTech, Belgrade, Serbia, 2023, pp. 1-6, doi: 10.1109/PowerTech55446.2023.10202735. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10202735>. Acesso em: 07 out 2023.

ALQAHTANI, Bader; YANG, Jin; PAUL, Manosh C. Design and performance assessment of a pumped hydro power energy storage connected to a hybrid system of photovoltaics and wind turbines. Energy Conversion and Management, Volume 293, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890423007902>. Acesso em: 07 out 2023.

Balkan green energy News. Greece selects 12 projects in first battery auction while PPC boosts its pumped hydropower portfolio. 10 ago 2023. Disponível em: <https://balkangreenenergynews.com/greece-selects-12-projects-in-first-battery-auction-while-ppc-boosts-its-pumped-hydropower-portfolio/>. Acesso em: 15 ago 2023

BHIMARAJU, Ambati; MAHESH, Aeidapu; NIRBHERAM, Joshi Sukhdev. Feasibility study of solar photovoltaic/grid-connected hybrid renewable energy system with pumped storage hydropower system using abandoned open cast coal mine: A case study in India. Journal of Energy Storage, Volume 72, Part A, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890423007902>. Acesso em: 07 out 2023.

Energy Storage News. Australia seeks public input on tenders for dispatchable renewables generation and storage. 7 ago 2023. Disponível em: <https://www.energy-storage.news/australia-seeks-public-input-on-tenders-for-dispatchable-renewables-generation-and-storage/>. Acesso em: 13 ago 2023.

Energy Storage News. Australia's Transgrid launches competitive procurement of battery services in New South Wales. 21 jul 2023. Disponível em: <https://www.energy-storage.news/australias-transgrid-launches-competitive-procurement-of-battery-services-in-new-south-wales/>. Acesso em: 23 jul 2023.

Energy Storage News. India launches competitive tender scheme to help fund 4GWh of battery storage. 7 set 2023. Disponível em: <https://www.energy-storage.news/india-launches-competitive-tender-scheme-to-help-fund-4gwh-of-battery-storage/>. Acesso em: 15 set 2023.

# Referências Bibliográficas

---

Market Screener. Brazil plans to include batteries and energy storage solutions in 2024 energy auctions. 15 set 2023. Disponível em: <https://www.marketscreener.com/quote/currency/EURO-BRAZILIAN-REAL-EUR-B-2358324/news/Brazil-plans-to-include-batteries-and-energy-storage-solutions-in-2024-energy-auctions-44855885/>. Acesso em: 20 set 2023.

PV Magazine. Australia launches 600 MW/2.4 GWh tender. 30 ago 2023. Disponível em: <https://www.pv-magazine.com/2023/08/30/australia-launches-600-mw-2-4-gwh-tender/>. Acesso em: 30 ago 2023.

PV Magazine. Chile releases bidding terms for 5,400 GWh renewables, storage auction. 11 jul 2023. Disponível em: <https://www.pv-magazine.com/2023/07/11/chile-releases-bidding-terms-for-5400-gwh-renewables-storage-auction/>. Acesso em: 24 jul 2023.

PV Magazine. New study identifies 1,800 sites for pumped hydro storage in Alaska. 26 jul 2023. Disponível em: <https://www.pv-magazine.com/2023/07/11/chile-releases-bidding-terms-for-5400-gwh-renewables-storage-auction/>. Acesso em: 07 out 2023.

Renewables Now. New pumped-storage capacity in China is helping to integrate growing wind and solar power - EIA. 10 ago 2023. Disponível em: <https://renewablesnow.com/news/new-pumped-storage-capacity-in-china-is-helping-to-integrate-growing-wind-and-solar-power-eia-830937/>. Acesso em: 07 out 2023.

Renews Biz. Greece concludes first storage tender. 15 ago 2023. Disponível em: <https://renews.biz/87531/greece-concludes-first-storage-tender/>. Acesso em: 20 ago 2023.

YAGI, Chihiro; TAKEUCHI, Kenji. Estimating the value of energy storage: The role of pumped hydropower in the electricity supply network. Japan and the World Economy, Volume 68, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0922142523000361>. Acesso em: 07 out 2023.



# Observatório de Armazenamento de Energia

