BESS
UTILITY SCALE

A viabilidade do armazenamento em baterias para além do LRCAP

INFRA & CAPITAL PROJECTS BY ALVAREZ & MARSAL

ABEEólica
ONSHORE OFFSHORE
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA E NOVAS TECNOLOGIAS

Outubro 2026

ALVAREZ & MARSAL

BESS UTILITY SCALE

01. CONTEXTO REGULATÓRIO 3
02. ENTRADA E DEMANDA INICIAL 5
03. MATURIDADE DO MERCADO 7
04. BESS COLOCALIZADO 9
05. ESTUDO DE VIABILIDADE 12
06. PRÓXIMOS PASSOS 13



Outubro 2026

ALVAREZ & MARSAL

1 CONTEXTO REGULATÓRIO
2 ENTRADA E DEMANDA INICIAL
3 MATURIDADE DO MERCADO
4 BESS COLOCALIZADO
5 ESTUDO DE VIABILIDADE
6 PRÓXIMOS PASSOS

O DESAFIO DO SISTEMA

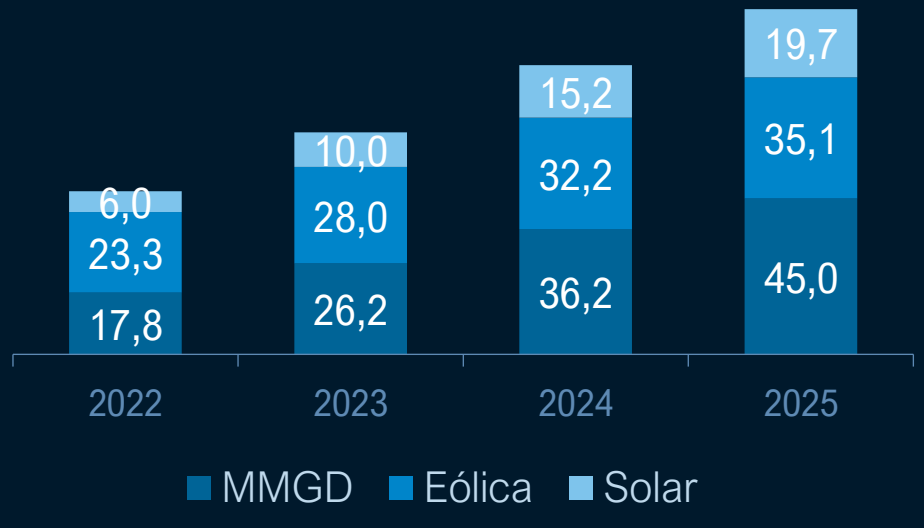
O sistema elétrico atravessa uma transformação estrutural (geração maior, mais variável e mais descentralizada), que impõe demandas de flexibilidade, potência e segurança operativa que os mecanismos tradicionais não foram desenhados para responder

UMA MATRIZ QUE NÃO SEGUE A DEMANDA

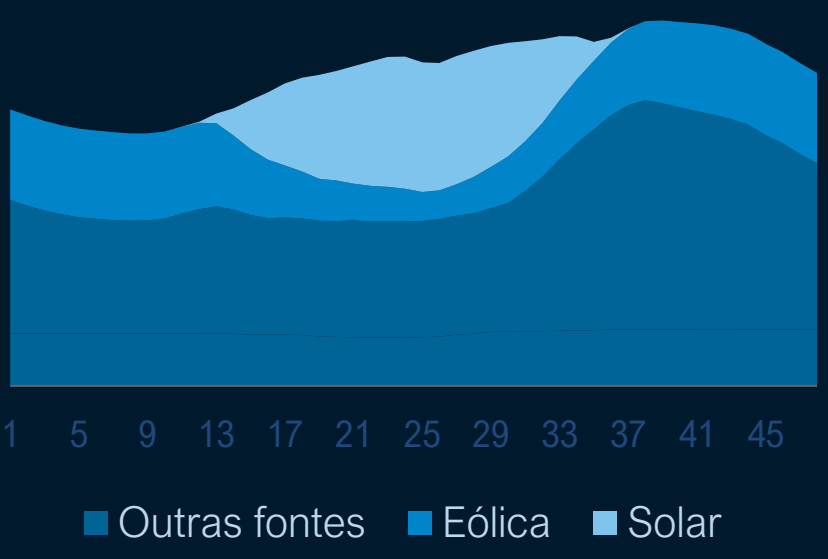
A geração distribuída já soma 45 GW fora do despacho centralizado, enquanto eólica e solar centralizadas somam 55 GW, concentrados no Nordeste

Como resultado, a geração deixou de acompanhar a curva de carga e passou a depender do recurso natural

CAPACIDADE INSTALADA EÓLICA, SOLAR E MMGD, GW
(Fontes: CCEE e EPE)



COMPOSIÇÃO SEMI-HORÁRIA DE CARGA[1], MWh
(Fonte: CCEE)



MAIOR NECESSIDADE DE POTÊNCIA

A geração solar reduz a carga no meio do dia e desloca a necessidade de potência para o início da noite

A rampa de atendimento fica mais acentuada e exige recursos de resposta rápida

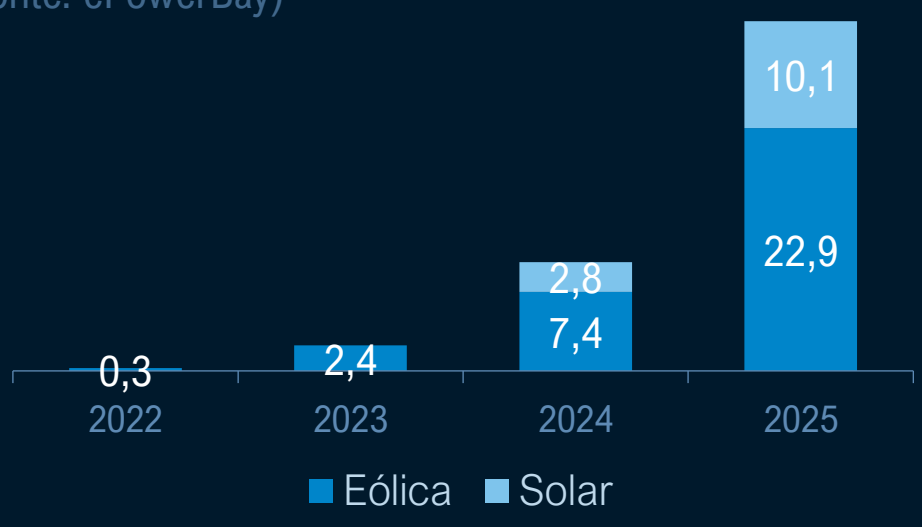
[1]Dia típico de primavera, 2025

MAIOR CURTAILMENT

O corte de geração deixou de ser evento pontual e passou a compor o resultado dos ativos

A parcela por razão energética, não ressarcível, é a que mais cresce

CURTAILMENT EÓLICO E SOLAR, TWh
(Fonte: ePowerBay)



TAKEAWAY

A transformação da matriz amplia os desafios de equilíbrio entre geração e carga e reforça a necessidade de soluções flexíveis, criando espaço para o armazenamento de energia no sistema elétrico brasileiro

1 CONTEXTO REGULATÓRIO
2 ENTRADA E DEMANDA INICIAL
3 MATURIDADE DO MERCADO
4 BESS COLOCALIZADO
5 ESTUDO DE VIABILIDADE
6 PRÓXIMOS PASSOS

AVANÇOS REGULATÓRIOS

Diante da crescente necessidade de flexibilidade do sistema, o arcabouço regulatório de armazenamento, iniciado em 2020 com a TS nº 011/2020, avançou de forma expressiva em 2026, estruturando as condições para a inserção de BESS no sistema elétrico brasileiro e para a realização do primeiro LRCAP Armazenamento

2026

Conclusão da 2ª fase da CP 39/2023

02.06.2026

REN ANEEL 1.161/2026

Cria o processo de autorização de projetos de BESS junto à ANEEL, com outorga de 35 anos e prazo para entrada em operação

02.06.2026

REN ANEEL 1.162/2026

Estabelece como o armazenamento se insere no setor, definindo as formas de operação (autônoma, colocalizada e associada) e as regras de conexão e uso da rede

03.06.2026

Portaria MME 136/2026

Define as diretrizes do primeiro LRCAP Armazenamento, com contratos de 15 anos, COD em agosto de 2028, requisitos mínimos de potência (30 MW) e descarga (4h) e despacho centralizado pelo ONS

23.07.2026

NTs Conjuntas 10 e 11/2026

Detalham a proposta de edital e contrato do leilão, incluindo garantias, penalidades e exigência de conteúdo local no produto nacional

30.07 a 14.09.2026

Consultas Públicas 22 e 23/2026

Recebem contribuições sobre edital, anexos e contrato, com aprovação dos editais em outubro e leilões em dezembro

TAKEAWAY

Os avanços em 2026 representam um marco para BESS utility-scale no Brasil, sendo o LRCAP uma primeira oportunidade concreta de contratação em escala

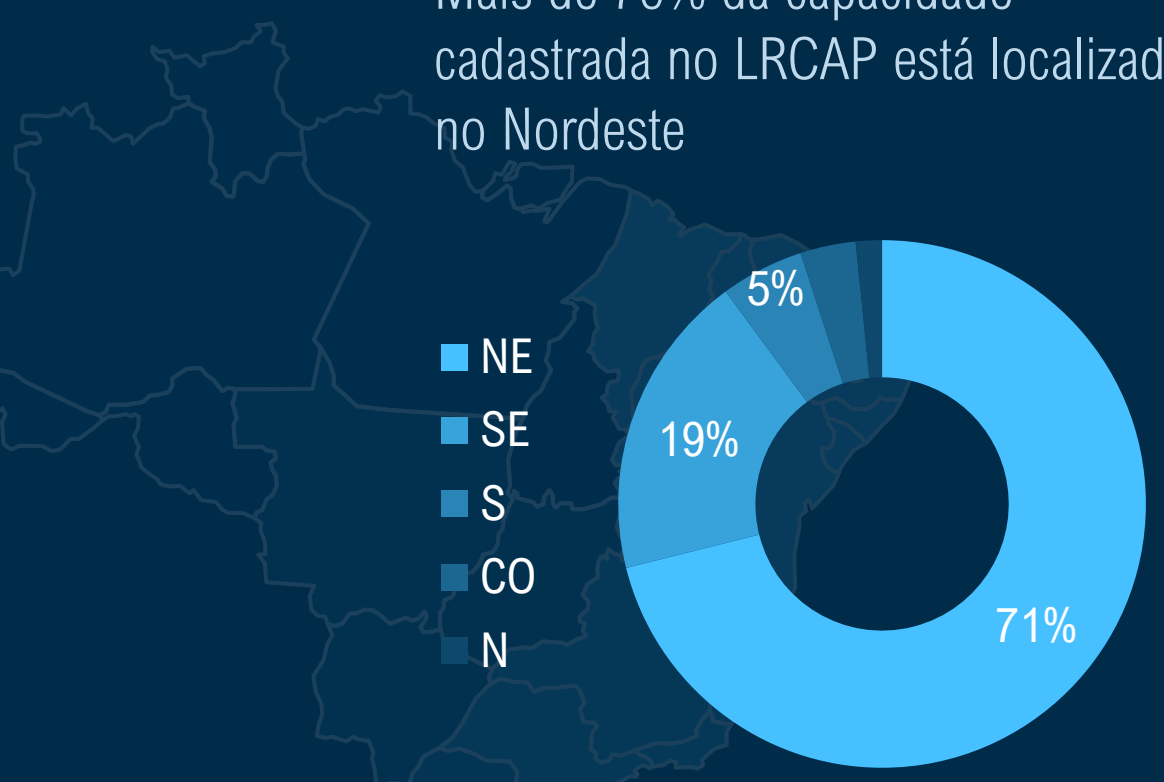
CADASTRAMENTO DO LRCAP

Em meio a essa evolução, o mercado demonstrou forte interesse por BESS, com 296,8 GW distribuídos em 6.091 projetos cadastrados no LRCAP Armazenamento 2026

RESULTADO DO CADASTRAMENTO

6.091
Total de projetos cadastrados

296,8 GW
Potência total cadastrada



Mais de 70% da capacidade cadastrada no LRCAP está localizada no Nordeste

CARACTERÍSTICAS DO CERTAME

A Portaria MME 136/2026 estruturou o primeiro LRCAP Armazenamento, dividido em dois produtos, um deles com exigência de conteúdo local. Além disso, o BESS contratado no leilão será despachado integralmente pelo operador, em até dois ciclos por dia, e precisa contar com inversores grid-forming, capazes de dar suporte à estabilidade da rede. A proposta de edital também prevê garantias e penalidades por indisponibilidade

15 anos	30 MW	4 h	6 h	85%	10%
Prazo de contrato	Potência mínima	Descarga mínima	Recarga máxima	Eficiência (RTE)	Bonificação locacional

Projetos em barramentos críticos, definidos na portaria, competem com desconto de 10% sobre o preço ofertado, apenas para efeito de classificação. Esses barramentos estão principalmente no Nordeste

TAKEAWAY

A elevada competição no LRCAP limitará a contratação de grande parte dos projetos cadastrados e, portanto, o desafio passa a ser identificar caminhos para viabilizar projetos BESS utility-scale além do leilão

O DESENVOLVIMENTO DO BESS

Mercados mais maduros mostram que a demanda inicial por utility-scale surge por duas principais portas de entrada: serviços de frequência ou contratação de capacidade

FASE 1 | ENTRADA E DEMANDA INICIAL – BESS UTILITY SCALE

1.1 Serviços de Frequência

- Baterias substituem térmicas na resposta de frequência, oferecendo o serviço de forma mais rápida e eficiente
- O preço reflete o custo dos provedores tradicionais (térmicas) e a bateria captura a diferença, gerando projetos atrativos
- A oportunidade se esgota quando as baterias atendem todo o volume do serviço, pressionando margens e reduzindo a demanda por novos projetos

Benchmark

No Reino Unido e na Austrália, o BESS começou pelos serviços de frequência. Com a saturação, as receitas migraram para a arbitragem de energia e outros serviços

1.2 Contratação de Capacidade

- Mecanismos de capacidade remuneram a disponibilidade, dando previsibilidade de receita desde o início
- A expansão depende da decisão de contratar potência, e não do preço de um serviço específico
- O valor de cada MW adicional diminui à medida que o armazenamento cresce, porque a contribuição da nova bateria para a confiabilidade do sistema é menor

Benchmark

Na Califórnia e na Polônia, o BESS teve início a partir de mecanismos de capacidade. A Califórnia já ampliou as receitas de mercado, sobretudo com arbitragem de energia

Nos mercados baseados em serviços (1.1), novos projetos pressionam os preços à medida que a oferta cresce. Já nos baseados em capacidade (1.2), a expansão depende do volume contratado no planejamento, e o valor de cada MW adicional cai à medida que o armazenamento cresce. Em ambos, a continuidade do mercado depende de novas fontes de receita.

Contexto brasileiro: demanda por potência na ponta

- A geração hidrelétrica já atende à necessidade de resposta rápida do sistema, reduzindo a demanda por serviços de frequência. Nesse contexto, a demanda que motivou o leilão está mais associada à necessidade de potência na ponta.
- O LRCAP de Armazenamento 2026 cria uma receita para os projetos contratados e impulsiona o mercado. Para os projetos que ficarem fora do certame, porém, a questão passa a ser **quais fontes de receita já estão disponíveis no mercado brasileiro**.

TAKEAWAY

O Brasil se aproxima do modelo de entrada via capacidade contratada, com o LRCAP criando a demanda inicial. No entanto, para sustentar a expansão, novas fontes de receita se tornam necessárias

AMADURECIMENTO DO MERCADO

À medida que a demanda inicial por BESS se estabelece, a arbitragem de energia se torna uma importante fonte de receita, permitindo capturar spreads de preço ao longo do dia

FASE 2 | MERCADO DE ENERGIA

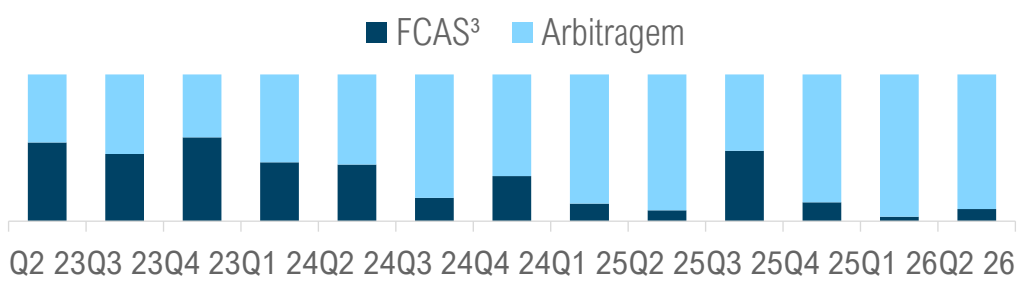
Com a saturação dos mercados de capacidade e serviços rápidos, o retorno dos projetos passa a depender da arbitragem. A receita, mais volátil, segue oferta e demanda, e a expansão do armazenamento comprime os spreads e a atratividade de novos investimentos.

Exemplos de mercados[1] que passaram pela Fase 2:

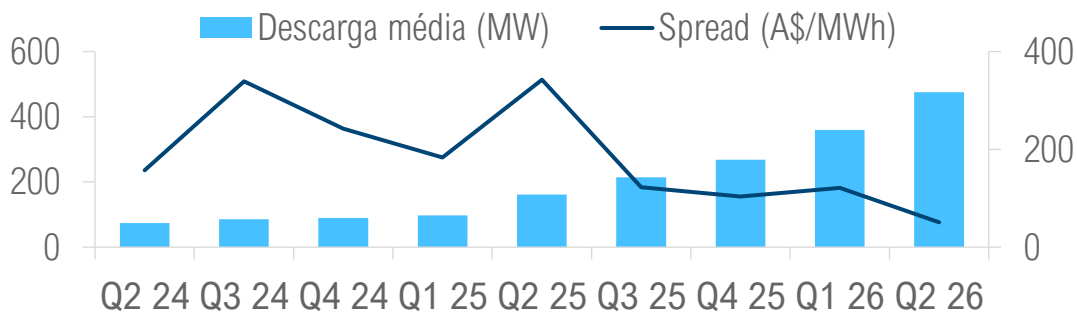
Austrália: do controle de frequência à arbitragem

- O NEM[2] australiano ilustra bem a Fase 2: a participação do FCAS[3] na receita das baterias caiu de 54% no 2º tri/23 para 8% no 2º tri/26, e a arbitragem passou a responder por 92%.
- Do 2º tri/24 ao 2º tri/26, a descarga média saltou de 74 para 476 MW, enquanto o spread capturado caiu de A$342/MWh (pico no 2º tri/25) para A$51/MWh.

Composição da receita das baterias no NEM[2], %



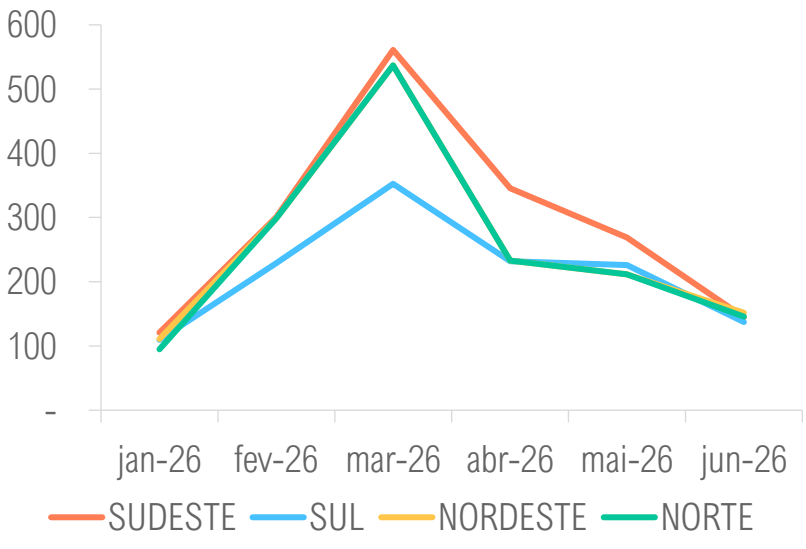
Descarga e spread de baterias no NEM[2]



[1]EUA: ERCOT (Texas), com queda na lucratividade dos sistemas pós-saturação | [2]NEM: National Electricity Market, o Mercado Nacional de Eletricidade da Austrália | [3]FCAS: Frequency Control Ancillary Services, ou Serviços Ancilares de Controle de Frequência

Desafios para o contexto brasileiro

Média do máx. spread diário do PLD, R$/MWh



Os spreads evidenciam dois limites estruturais à arbitragem no Brasil:

- Limites regulatórios comprimem o spread intradiário: piso e teto do PLD estreitam os diferenciais no dia, e a volatilidade se concentra entre meses.
- Sinal locacional limitado: preços diferenciados em apenas 4 submercados reduzem a captura de valor nos pontos críticos da rede.

TAKEAWAY

A arbitragem já representa uma fonte relevante de receita para BESS em mercados maduros, mas as características atuais do mercado brasileiro ainda restringem seu potencial de monetização

DIVERSIFICAÇÃO DE RECEITAS

À medida que cresce a necessidade de estabilidade sistêmica, atributos como inércia e controle de tensão ampliam e diversificam as fontes de receita do BESS

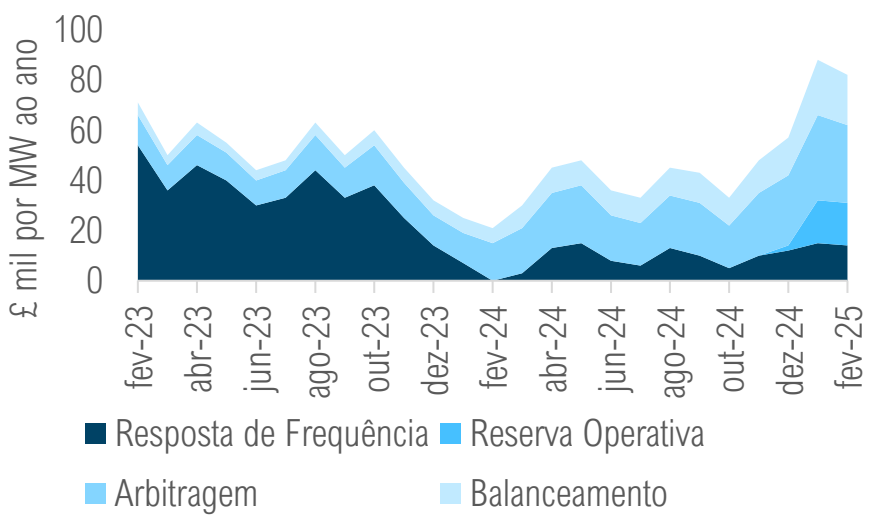
FASE 3 | NOVAS FONTES DE RECEITA

O amadurecimento dos mercados amplia e diversifica as fontes de receita para BESS. Mercados maduros começam a remunerar atributos de estabilidade sistêmica, como inércia, controle de tensão e corrente de curto, criando novas fontes de receita complementares, que se somam às receitas de energia e serviços ancilares.

Benchmark

- O Reino Unido apresenta um mercado desenvolvido e conta, atualmente, com receitas de BESS diversificadas

Composição receita de BESS no Reino Unido
Fonte: Cornwall Insight



Benchmark

- Na Alemanha, a redução da geração térmica aumentou a demanda por serviços de estabilidade, gerando novas oportunidades de receita para BESS
- Para remunerar esse serviço, iniciou a contratação de inércia a preço fixo, aberta a máquinas síncronas e baterias com inversores grid-forming
- O preço é fixo por MW.s, publicado pelos operadores por produto e nível de disponibilidade, válido por 2 anos

Como o Brasil tem atendido à necessidade de estabilidade

No Brasil, os serviços ancilares são regulados e prestados majoritariamente por hidrelétricas, com remuneração baseada no ressarcimento de custos, sem sinal de preço capaz de atrair novos investimentos.

Leilões de Transmissão

O Leilão de Transmissão nº 1/2026 contratou 7 compensadores síncronos, sendo 5 deles em subestações de 500 kV no RN e no CE, voltados a ampliar a capacidade de escoamento da geração renovável

7
Compensadores síncronos licitadas no último leilão

Sandbox Regulatório

O primeiro mecanismo competitivo de suporte de reativos, realizado em sandbox regulatório, contratou 338 MVArh para controle de tensão em MG, com deságio médio de 21%

338 MVArh
Contratados no primeiro mecanismo competitivo

A monetização de atributos de estabilidade já diversifica as receitas do BESS em mercados maduros, mas ainda encontra mecanismos limitados de captura de valor no Brasil

TAKEAWAY

ALAVANCAS DO COLOCALIZADO

Enquanto o BESS autônomo ainda enfrenta limitações de monetização, a evolução regulatória de 2026 amplia possibilidades de captura de valor junto à geração. O LRCAP não contempla projetos colocalizados, o que torna essa modalidade um caminho independente do leilão

ALAVANCAS OPERACIONAIS

A.
Redução de Curtailment

Recuperação da energia que seria cortada, ampliando a geração efetivamente comercializável do ativo

B.
Otimização de MUST

Deslocamento da injeção no tempo, reduzindo a demanda contratada, e carga com geração própria, sem TUST de consumo

BESS COLOCALIZADO

C.
Flexibilidade de PPAs

Modulação da entrega de energia, permitindo estruturar contratos com maior flexibilidade e capturar prêmio de produto

D.
Flexibilidade e ERCAP

Maior flexibilidade operacional do gerador, com potencial redução do encargo de reserva de capacidade, conforme regulamentação pendente

ALAVANCAS COMERCIAIS

ALAVANCAS DO COLOCALIZADO

As possibilidades para o BESS colocalizado se traduzem em quatro alavancas de captura de valor, com potencial distinto conforme as características de cada ativo

A. REDUÇÃO DE CURTAILMENT

A bateria permite recuperar parte da energia cortada e deslocar seu despacho para o período noturno, mas seu potencial é limitado pelo volume efetivamente recuperável

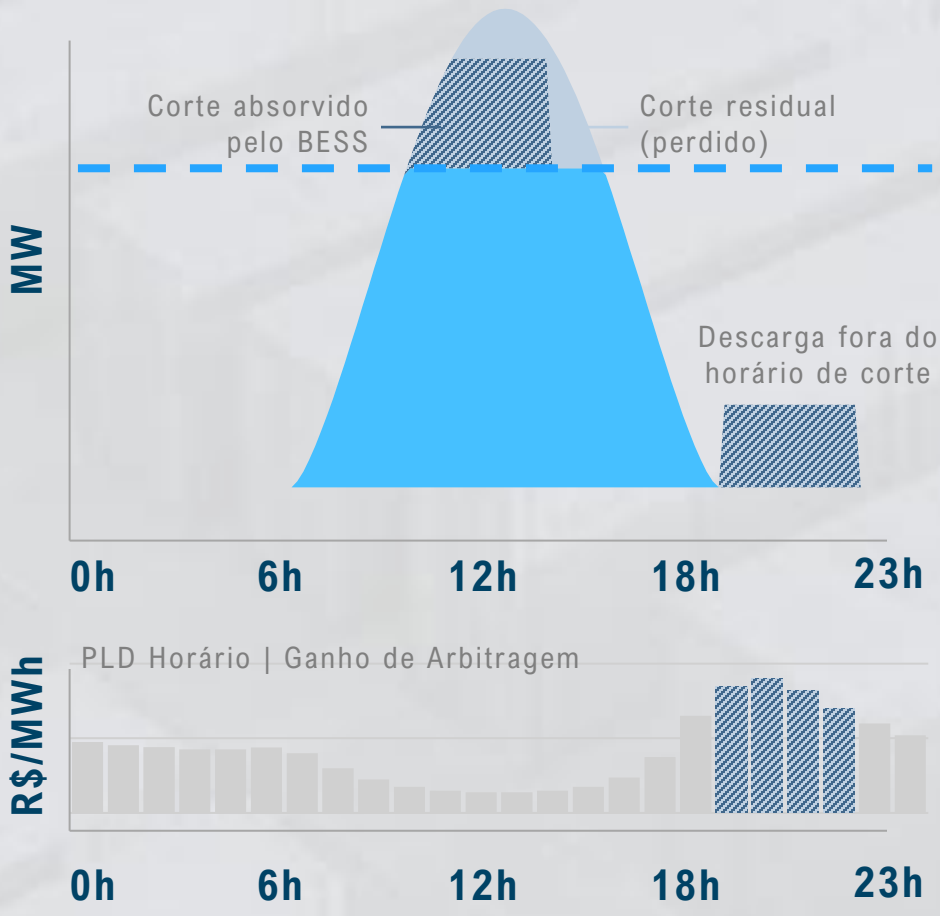
Corte evitado e arbitragem

- Absorve excedentes de geração sujeitos a curtailment e desloca sua injeção para outros períodos
- Recupera parte da geração perdida, criando valor ao evitar perdas com cortes não ressarcíveis
- Captura valor adicional ao deslocar a energia para períodos de maior preço

PONTO DE ATENÇÃO

O sizing ótimo depende do perfil e da evolução esperada do curtailment, já que aumentar a capacidade do BESS não resulta em aumento proporcional da energia recuperada

Exemplo Ilustrativo
Carregamento do BESS Colocalizado em cenários de corte do ativo gerador



B. REDUÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE MUST

A bateria desloca a injeção nos momentos de maior pico, permitindo reduzir o MUST contratado e, consequentemente, o custo de uso da rede

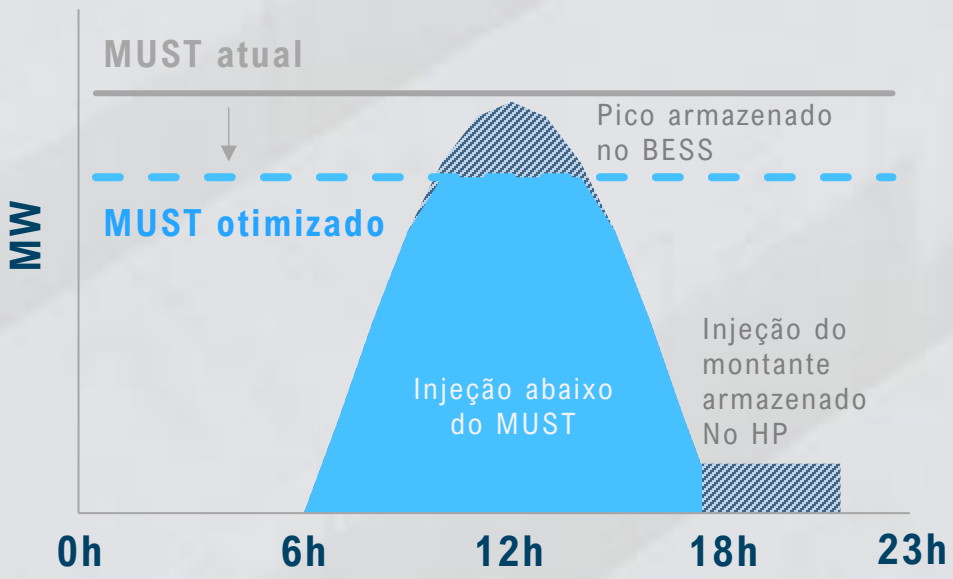
Redução de OpEx (MUST/MUSDg)

- A bateria absorve a energia nos momentos de maior injeção, permitindo otimizar o MUST do ativo gerador
- A redução pode chegar a 30% da potência injetável ao conectar a bateria
- Ao carregar com geração própria, não há TUSTc, ao contrário do armazenador autônomo fora do despacho do ONS

PONTO DE ATENÇÃO

O ganho tende a ser maior na solar, cujo pico é concentrado e previsível. Na eólica, os picos são mais dispersos.

Exemplo Ilustrativo
Deslocamento do pico de geração, permitindo contratar menos uso da rede



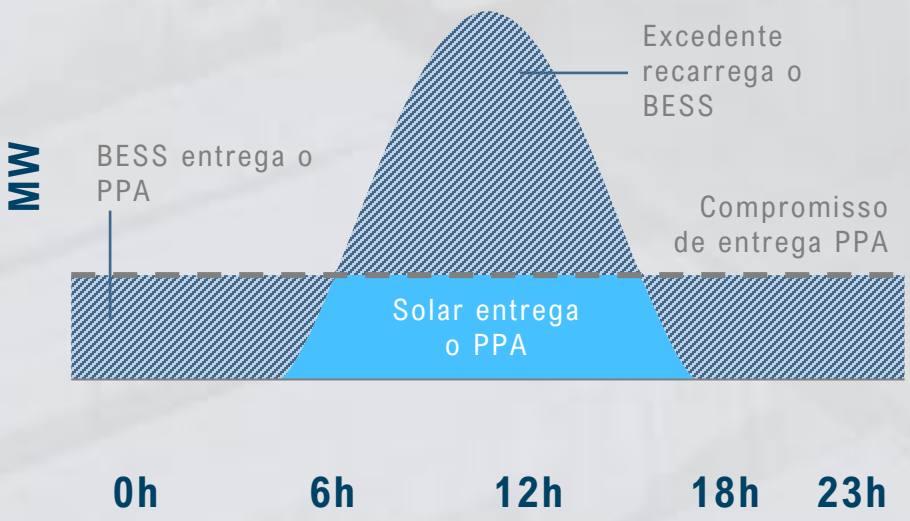
ALAVANCAS DO COLOCALIZADO

A bateria permite modular a entrega de energia, aproximando a geração do perfil contratado e capturando um prêmio pela flexibilidade oferecida

C. MODULAÇÃO DOS PPAS E FLEXIBILIDADE NA PRECIFICAÇÃO

O BESS colocalizado pode alterar o perfil de geração da usina e torná-lo um produto mais aderente à curva de consumo, com potencial captura de prêmio pela flexibilidade

Exemplo Ilustrativo
Deslocamento da geração solar ao longo do dia, permitindo maior aderência ao perfil contratado e captura de prêmio pela flexibilidade



Prêmio de produto

- Com o BESS, novos contratos de venda de energia podem ser estruturados com o produto modulado
- A atratividade depende do prêmio associado ao produto modulado frente ao custo de armazenamento

PONTO DE ATENÇÃO

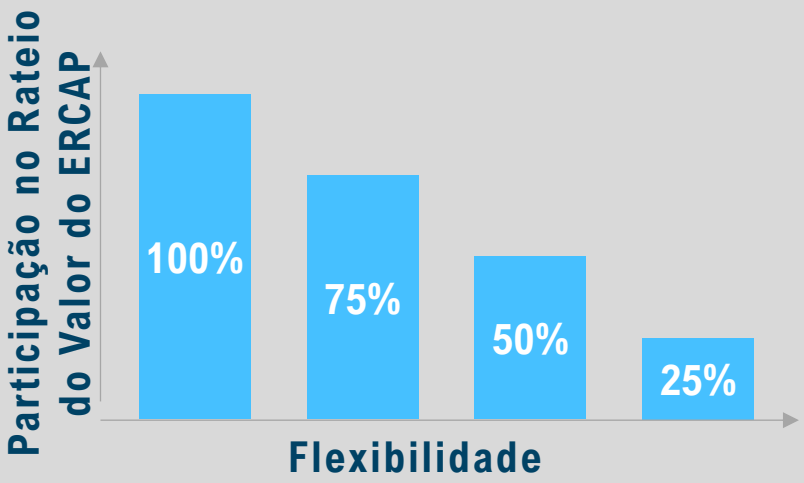
A alavanca de modulação pode limitar o potencial de outras aplicações do BESS, como mitigação de curtailment, exigindo avaliar conjuntamente as diferentes fontes de valor

D. FLEXIBILIDADE ERCAP

Se a flexibilidade passar a definir o rateio do ERCAP (Armazenamento), usinas eólicas e solares com bateria podem pagar menos encargo

RATEIO DO ERCAP | Proposta em Discussão

- Em atendimento à Lei 15.269/25, a ANEEL propôs alternativas para o rateio do Encargo para Reserva de Capacidade
- Uma das alternativas em análise atribui a cada usina uma parcela do encargo de acordo com sua flexibilidade



Menor exposição ao encargo

- Com o BESS, a usina pode subir de patamar no índice de flexibilidade e pagar uma parcela menor do encargo
- O efeito dessa potencial redução de custo tende a ser maior em fontes menos flexíveis, como solar e eólica

PONTO DE ATENÇÃO

Ainda não há definição se o BESS colocalizado será computado no índice da usina, nem os critérios para mudança de patamar. Requisitos rígidos podem tornar o benefício inacessível

ESTUDO DE VIABILIDADE

Assim, foi testada a viabilidade de um BESS colocalizado, considerando as fontes de valor existentes nas condições atuais de mercado, principalmente Aproveitamento do Curtailment e Redução de MUST

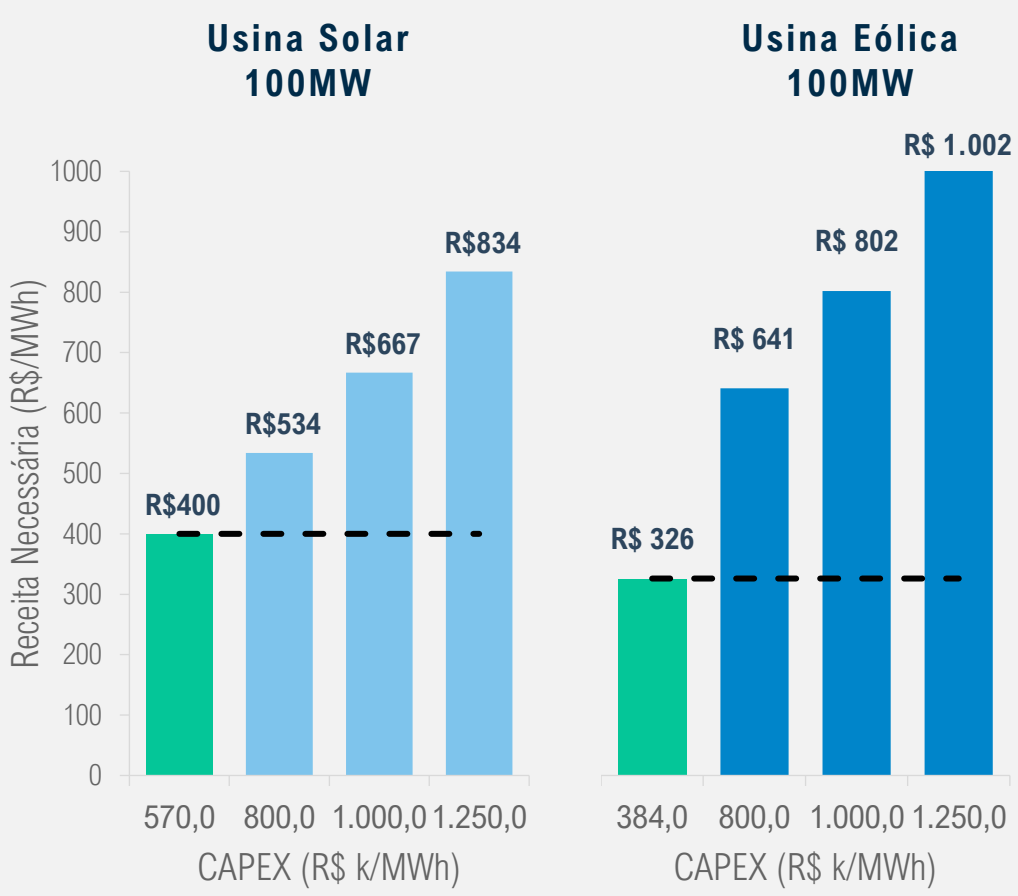
RECEITA NECESSÁRIA POR MWh, CONFORME O CAPEX

USINA HIPOTÉTICA | 100 MW

Comparamos a receita capturada pelo BESS com o LCOS necessário para remunerar investimento, operação e capital em diferentes níveis de CapEx. No exercício, a bateria é carregada exclusivamente com energia que seria cortada.

R$ 400/MWh | R$ 326/MWh
Receita Total Capturada
Solar | Eólica

R$ 570k/MWh | R$ 384k/MWh
CAPEX BESS Máximo de equilíbrio
Solar | Eólica



PREMISSAS

USINA
100 MWac no NE (ACL)

BATERIA
30 MW / 120 MWh (4h)

CURTAILMENT MÉDIO
24% da geração solar e 20% da eólica

Recuperação: 54% (solar) e 37% (eólica), vendidos ao PLD

Cortes mantidos durante 15 anos

MUST Usina Geradora
Solar: Redução de 30%

Eólica: Redução de 15%

OPEX
3% do CAPEX ao ano

TUSTg

R$10,0/kW.mês

CUSTO DE CAPITAL
10% real, 15 anos

PROJEÇÃO: histórico de 12 meses repetido por 15 anos
PLD (CCEE) e cortes (ONS) – dados de set/25 a ago/26

O QUE PODE MUDAR O RESULTADO

A. Tamanho da Bateria

O sizing ótimo depende do perfil de curtailment, de geração e do MUST de cada fonte. No exercício, **baterias menores suportariam um CapEx maior por MWh, por operarem mais cheias e apresentarem maior utilização relativa.**

B. Recorrência do corte

O valor do curtailment **depende da recorrência do curtailment no longo prazo**, que pode ser reduzida por reforços de transmissão e outras mudanças estruturais. Além disso, **a concentração e a distribuição horária** dos cortes afetam o valor capturável pelo BESS.

C. Arbitragem com carga da rede

O **carregamento pela rede amplia as oportunidades de arbitragem** para além dos períodos de corte, mas **adiciona custos de uso da rede (TUSTc)**.

D. Vida Útil e CapEx

A **queda do CAPEX reduz diretamente a receita necessária** por MWh, enquanto a **vida útil maior distribui o investimento por um período mais longo** de geração de receitas

A viabilidade do BESS colocalizado depende das condições específicas de cada ativo e da otimização conjunta do sizing e das fontes de valor, sendo ainda desafiador encontrar configurações atrativas sem receita fixa

TAKEAWAY

PRÓXIMOS PASSOS E DESAFIOS

A expansão do BESS para além do LRCAP dependerá da evolução conjunta da regulação, dos custos da tecnologia e das condições de monetização no mercado

REGULATÓRIO

- Aprimorar os sinais de preço, considerando fatores temporais e locacionais, refletindo o valor da energia e da flexibilidade
- Desenvolver mecanismos de remuneração para serviços ancilares e atributos de estabilidade fornecidos pelo BESS
- Definir critérios de rateio do ERCAP, reconhecendo a contribuição da flexibilidade dos ativos

CAPEX / ECONOMICS

- Capturar a trajetória de redução do custo da tecnologia, nacionalização da cadeia de fornecimento e tributação
- Ampliar alternativas de financiamento e incentivos capazes de reduzir o custo efetivo dos projetos
- Monitorar a convergência entre redução de custos e evolução das receitas, buscando alavancar a viabilidade dos projetos

MERCADO

- Desenvolver liquidez em produtos de energia com perfil horário
- Evoluir os modelos de contratação e alocação de riscos entre geradores, consumidores e operadores de BESS
- Desenvolver arranjos comerciais que viabilizem a combinação de receitas em um mesmo ativo

A&M INFRA & CAPITAL PROJECTS BY ALVAREZ & MARSAL



Dennis Bocuzzi
Senior Director
dbocuzzi@alvarezandmarsal.com



Rafaele Nicolotti
Senior Director
rnicolotti@alvarezandmarsal.com



Luiz Rezende
Manager
lrezende@alvarezandmarsal.com



Eduardo Tonaco
Consultant
etonaco@alvarezandmarsal.com

ONSHORE OFFSHORE
ABEEólica
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA E NOVAS TECNOLOGIAS



Marcello Cabral
Director
marcello@abeeolica.org.br



Barbara Duarte
New Business Specialist
barbara.duarte@abeeolica.org.br

A&M INFRA
& CAPITAL PROJECTS
BY ALVAREZ & MARSAL

ONSHORE OFFSHORE
ABEEólica
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA E NOVAS TECNOLOGIAS