



Proposta para Cálculo da Capacidade Firme Equivalente para projetos de armazenamento

PD 10733-0222/2023

Pesquisa de aplicação de sistemas de armazenamento de energia de baterias (BESS) no sistema de transmissão.

Equipe

Roberto Brandão Murilo de Miranda Fabio A. Diuana Felipe Gomes

- Quantificar a **capacidade firme** de projetos de **diferentes tecnologias** ou com diferentes configurações. Isto é, mensurar a sua contribuição para a confiabilidade do sistema.
- Mensurar a capacidade firme oferecida por **projetos de armazenamento**.
- Desenvolver metodologias que tornem **comparáveis** projetos distintos em **diferentes aspectos**. Por exemplo, calcular também contribuição para **otimização do despacho** e para a **economicidade da expansão**.
- Fornecer base metodológica para **a contratação de capacidade firme**, seja em leilões abertos a diferentes tecnologias, seja em leilões segmentados.

Há ***diversos métodos*** para a mensuração da capacidade firme de um sistema ou de um projeto:

- Por aproximação (Garver, método Z, etc.)
- Mensuração de confiabilidade, incluindo abordagens estatísticas ou de simulação:
 - Potência convencional equivalente (ECP)
 - Capacidade efetiva de carga (ELCC)
 - ***Capacidade firme equivalente*** (CFE)

- Em sistemas **hidrotérmicos**, as condições de operação do sistema são mais **complexas** do que nos sistemas com predominância térmica em função da incerteza em relação às afluências.
- A contribuição das hidrelétricas para a confiabilidade é **difícil de calcular**, bem como a capacidade firme pelo sistema como um todo.
- Os cálculos necessitam de um **modelo de despacho** do sistema que simule o comportamento do sistema sob **diferentes condições operacionais**.

- O cálculo da capacidade firme de sistemas de **armazenamento** tem dificuldades próprias:
 - São **consumidores líquidos** de energia
 - Impactam fortemente a operação do sistema:
 - Causam o uso mais intenso de **termelétricas** com geração **barata**;
 - **Deslocam da ponta** a geração hídrica e térmicas caras
 - Redução de **curtailment** e **vertimento**.
 - Há necessidade de comparar projetos de armazenamento com **características distintas**:
 - **Tempo** de armazenamento;
 - **Eficiência** (Ex: UHR x BESS).

A Capacidade Firme Equivalente (**CFE**) é calculada pela comparação de um projeto qualquer com um projeto considerado perfeitamente firme, por exemplo, uma termelétrica 100% flexível, imune a indisponibilidades.

Exemplo de cálculo da CFE:

1. Simulação da operação do **caso base**, com cálculo da Energia Não Suprida (**ENS_{CB}**).
2. Simulação da operação do caso base **acrescido do projeto a ser testado** (Exs: Hidro, BESS) para o cálculo da ENS do novo projeto (**ENS_{NP}**).
3. O novo projeto é substituído por um **projeto perfeitamente firme**. São feitas diversas simulações **fazendo variar a potência** do projeto firme até que $ENS_{PF} = ENS_{NP}$
4. A CFE **é igual à potência do projeto firme** no caso em que $ENS_{PF} = ENS_{NP}$

Determinar a capacidade firme equivalente (CFE) de **BESS de 1 GW**.

- Caso base: PEN 2027 em 2027 com + 7GW de UTEs flexíveis;
- BESS com tempos de descarga **entre 2hs e 16hs**;
- ENS do caso base: 26.541 MWh.
- Usina de referência 100% flexível com CVU igual ao CVU mais caro do sistema mais uma unidade 908 R\$/MWh;
- Teste para UTE de CVU compatível ao de UTE GN CA (595,45 R\$/MWh).

Projeto adicional ao caso base com 1GW

BESS 2hs

BESS 3hs

BESS 4hs

BESS 6hs

BESS 8hs

BESS 16hs

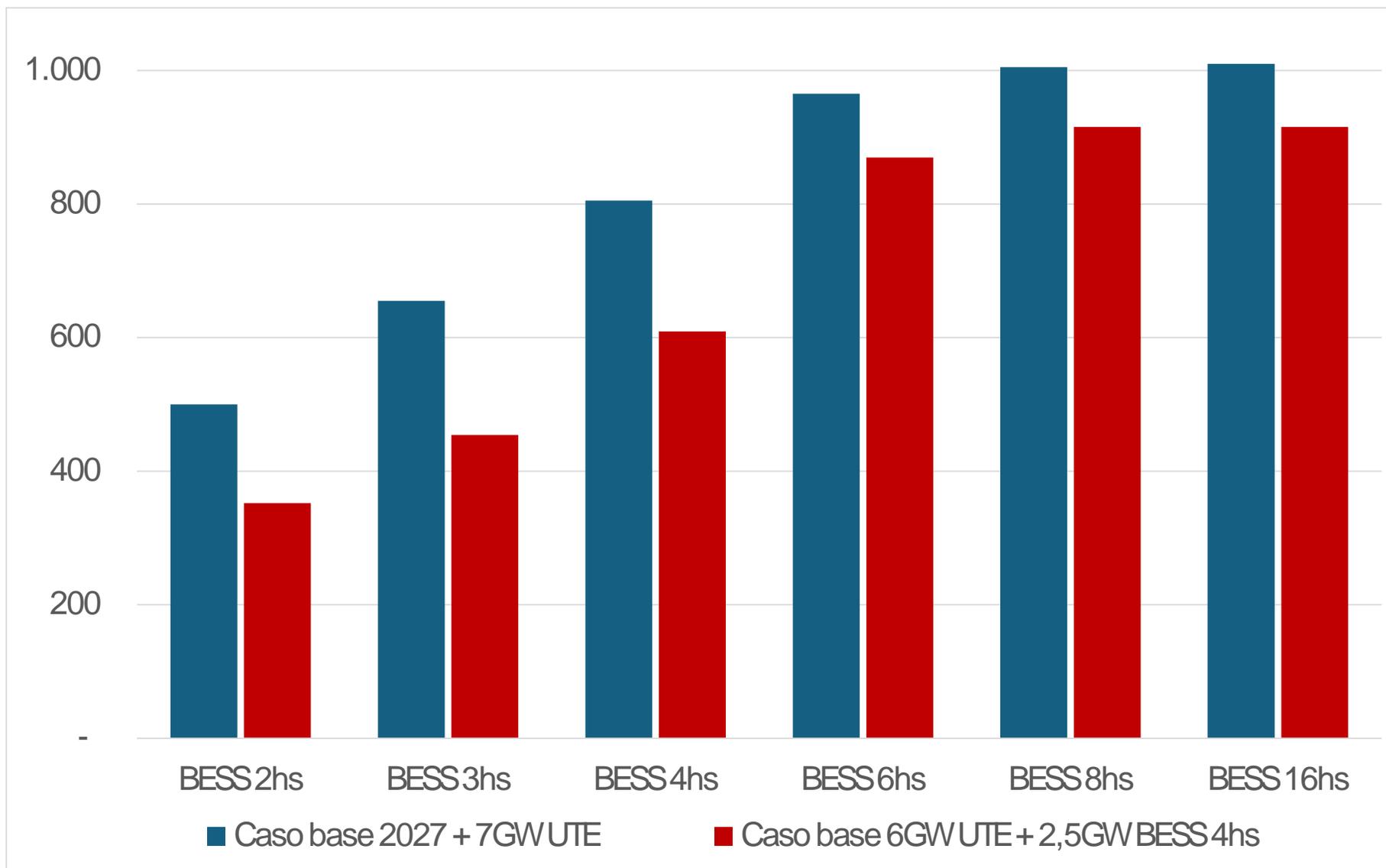
UTE CVU R\$ 908/MWh

UTE CVU R\$ 595,45/MWh

O cálculo CFE é **sensível ao caso inicial** e à evolução do sistema:

- Quando o caso base está com tendência a **déficit de energia** elevado em séries secas, os BESS performam pior em relação a térmicas;
- Quando o caso base já tem **muitos BESS**, as BESS de menor duração têm CFE pior;
- Grandes volumes de geração **solar e eólica** no caso base também parecem favorecer a CFE os BESS em relação a UTEs.

Comparação CFE caso base com e sem BESS



O cálculo da CFE pode ser útil em **dois contextos**:

- Para formatar leilões de capacidade que **selecionem projetos com diferentes características**. Ex BESS de 4hs, 5hs e 6hs.
- Para planejar e justificar a **segmentação dos leilões** de capacidade, a fim de evitar a sobrecontratação em um tipo específico de projeto (Ex: evitar só armazenamento ou só UTE).

A CFE **não deve ser o critério único** de seleção de novos projetos:

- Diferentes projetos têm impacto distinto sobre os **custos operacionais do sistema**. Exemplo: armazenamento com maior tempo de descarga (UHRs, BESS de maior duração) tem maior poder de reduzir custos;
- Diferentes projetos tem efeitos distintos sobre a **economicidade da expansão**. Ex. mais armazenamento, sobretudo de longa duração, favorece a expansão da eólica e da solar, pela redução de *curtailment*.

DEBATE



OBRIGADO!

robertobrandao@gmail.com

*GRUPO DE ESTUDOS DO SETOR ELÉTRICO
GESEL*