



O futuro da energia

no Brasil é
distribuído!

■ **Palestra sobre resultados das simulações na Média e Baixa Tensão**

- Matheus Sabino Viana

Consultor Especialista da MRTS



Avaliação de cenários de penetração de MMGD

Resumo de características das Redes Típicas

Característica		AFNU17	PRRU07	RPID1305	IGA01Z2
Município/Estado		Alfenas/MG	Buritizeiro/MG	Pindamonhangaba/SP	Teresina/PI
Complexidade		Média	Alta	Média	Baixa
Localização predominante		Não Urbana	Não Urbana	Urbana	Urbana
Demanda trifásica máxima		2678 kW	2305 kW	9240 kW	4812 kW
U C s ¹	Σ demandas máximas anuais	4640,6 kW	7900,5 kW	11493,3 kW	9459,4 kW
	Tensão predominante	BT (em potência/quantidade)			
	Classe predominante	Residencial (em potência/quantidade)		Industrial (em potência/quantidade)	Residencial (em potência/quantidade)
M M G D		8,7%	66,6%	4,6%	36,2%
	Σ das potências instaladas	405,5 kW	5260,6 kW	533,6 kW	3428,5 kW
	Tensão predominante	BT (em potência/quantidade)	MT em potência e BT em quantidade	BT (em potência/quantidade)	
	Classe predominante	Urbana MT em potência e Rural BT em quantidade	Rural MT em potência e Residencial BT em quantidade	Industrial BT (em potência/quantidade)	Residencial BT (em potência/quantidade)
	Modalidade predominante	Autoconsumo Local (em potência/quantidade)	Autoconsumo Remoto em potência e Autoconsumo Local em quantidade	Autoconsumo Local (em potência/quantidade)	
Possui reguladores de MT?		Sim			Não

¹ Unidades Consumidoras.

Cenários de penetração de MMGD considerados

Rede Típica de Média e Baixa Tensão		Grau de penetração de MMGD ^(*) do cenário				
		0%	25%	50%	75%	100%
AFNU17	8,7%	✓	✓	✓	✓	✓
PRRU07 ¹	66,6%	✓	☐	☐	☐	☐
RPID1305	4,6%	✓	✓	✓	✓	✓
IGA01Z2 ²	36,2%	✓	☐	✓	✓	✓

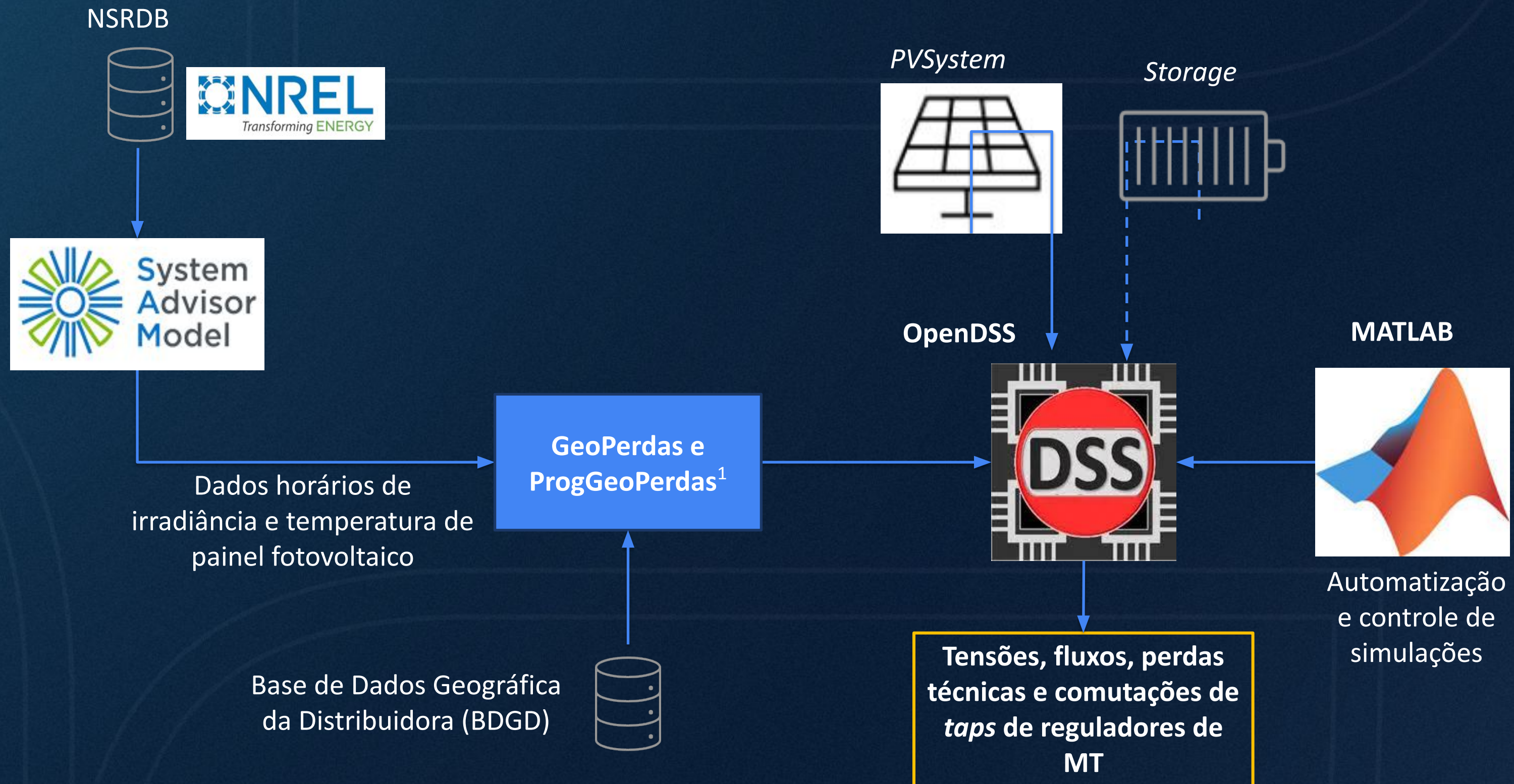
(*) Adota-se o grau de penetração em potência *MMGD_X%* como o percentual *X* de capacidade instalada total de MMGD em relação ao somatório das demandas máximas anuais das UCs, desconsiderando cargas não técnicas

Alocação de MMGD em cenários

Nos cenários com MMGD, a MMGD adicional ao *caso_ref* é alocada a cargas que ainda não possuem MMGD

- A ordem de alocação é da classe de consumo de maior para a de menor proporção de MMGD existente (mantendo esta proporção quando possível) e depois da carga de maior para a de menor demanda máxima anual
- A potência instalada de MMGD alocada é igual à demanda máxima anual da carga que recebeu a MMGD
 - Isso considerando o Art. 31. da REN nº 1.000/2021 da ANEEL: "*A potência instalada da microgeração e da minigeração distribuída fica limitada à potência disponibilizada para a unidade consumidora onde a geração será conectada.*"

Metodologia de simulação



Principais resultados

Métrica		AFNU17	PRRU07	RPID1305	IGA01Z2
Fluxo reverso na entrada do alimentador					
Perdas técnicas anuais (proporção em energia)					
Violações	Sobretensões ou subtensões na entrada	-	-	Subtensões de até ≈ 1% (todos os casos)	-
	Sobretensões nas Unidades Consumidoras de Média Tensão (UCMT)	Máximo ≈ 1% (todos os casos)	Máximo ≈ 1%, no <i>caso_ref</i>		-
	Subtensões das cargas em geral (proporção em energia anual)		0,2% (todos os casos)		
	Sobrecargas das linhas e transformadores (proporção em energia anual)				
					Não aplicável


Principais constatações

- Os resultados indicaram **impactos técnicos positivos (em verde)** e **impactos técnicos negativos (em laranja)** do **aumento da penetração de MMGD**, conforme a tabela anterior
- O caso que pode ser considerado **mais crítico** é o do **PRRU07 (Norte de MG)**
 - A proporção de perdas técnicas anuais é 1,2% maior no *caso_ref* do que com $MMGD_{0\%}$
 - Há sobretensões de até $\approx 1\%$ nas UCMT no *caso_ref*
 - Adicionalmente, verifica-se que há sobretensões de até 16% nas Unidades Consumidoras de Baixa Tensão (UCBT) no período com fluxo reverso no *caso_ref*, que não ocorrem no cenário com $MMGD_{0\%}$
 - O n° total de comutações de *taps* de reguladores MT por ano é 65% maior no *caso_ref* do que com $MMGD_{0\%}$
- Os resultados de **fluxo reverso** apresentados **podem ou não** ter **impactos significativos** sobre o **sistema elétrico a montante** dos alimentadores

Avaliação de cenários de inserção de BESS no alimentador PRRU07

Cenários e casos de simulação

 **Cenário *BESS1***
Um único BESS¹ conectado ao alimentador

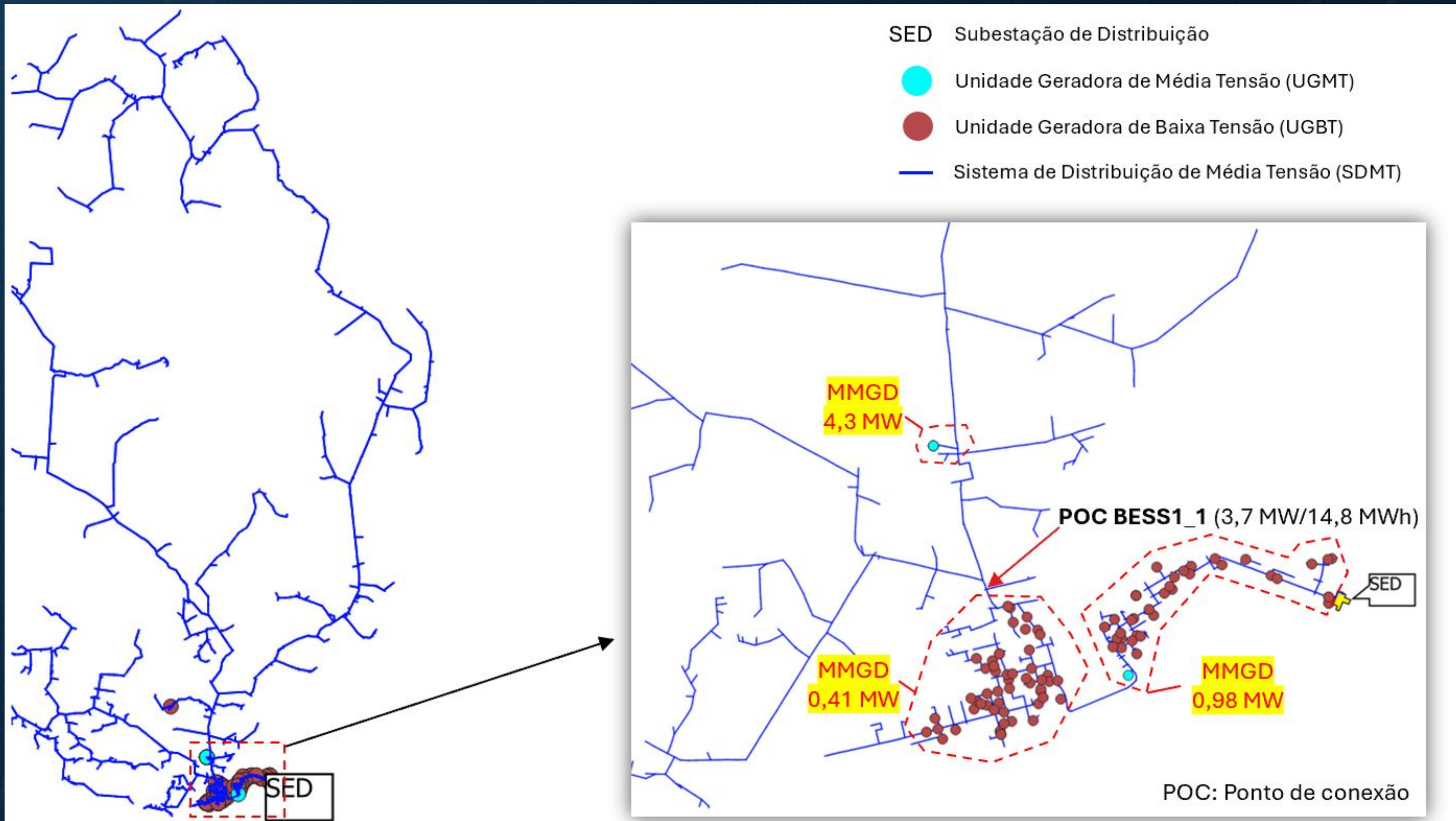
 **Cenário *BESS2***
BESS do Cenário *BESS1* dividido em 3 unidades, conectadas a pontos do alimentador distintos entre si

Caso de Simulação	Comparado com	Notas

¹ Sistema de Armazenamento de Energia em Bateria (do inglês *Battery Energy Storage System*)

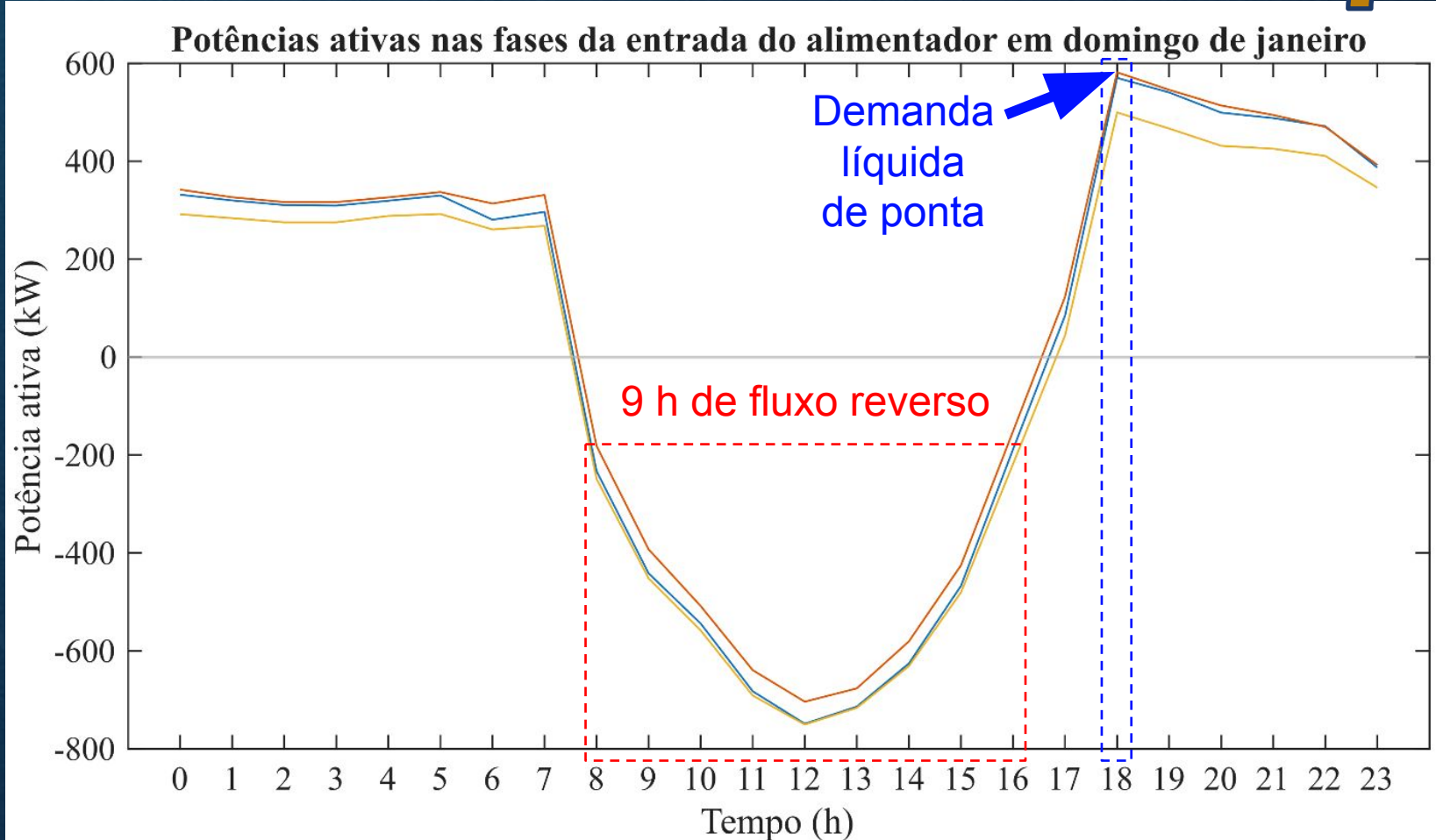
Modelagem do BESS no Caso *BESS1_DO_01* (1/2)

Ponto de conexão do BESS no Caso *BESS1_DO_01*

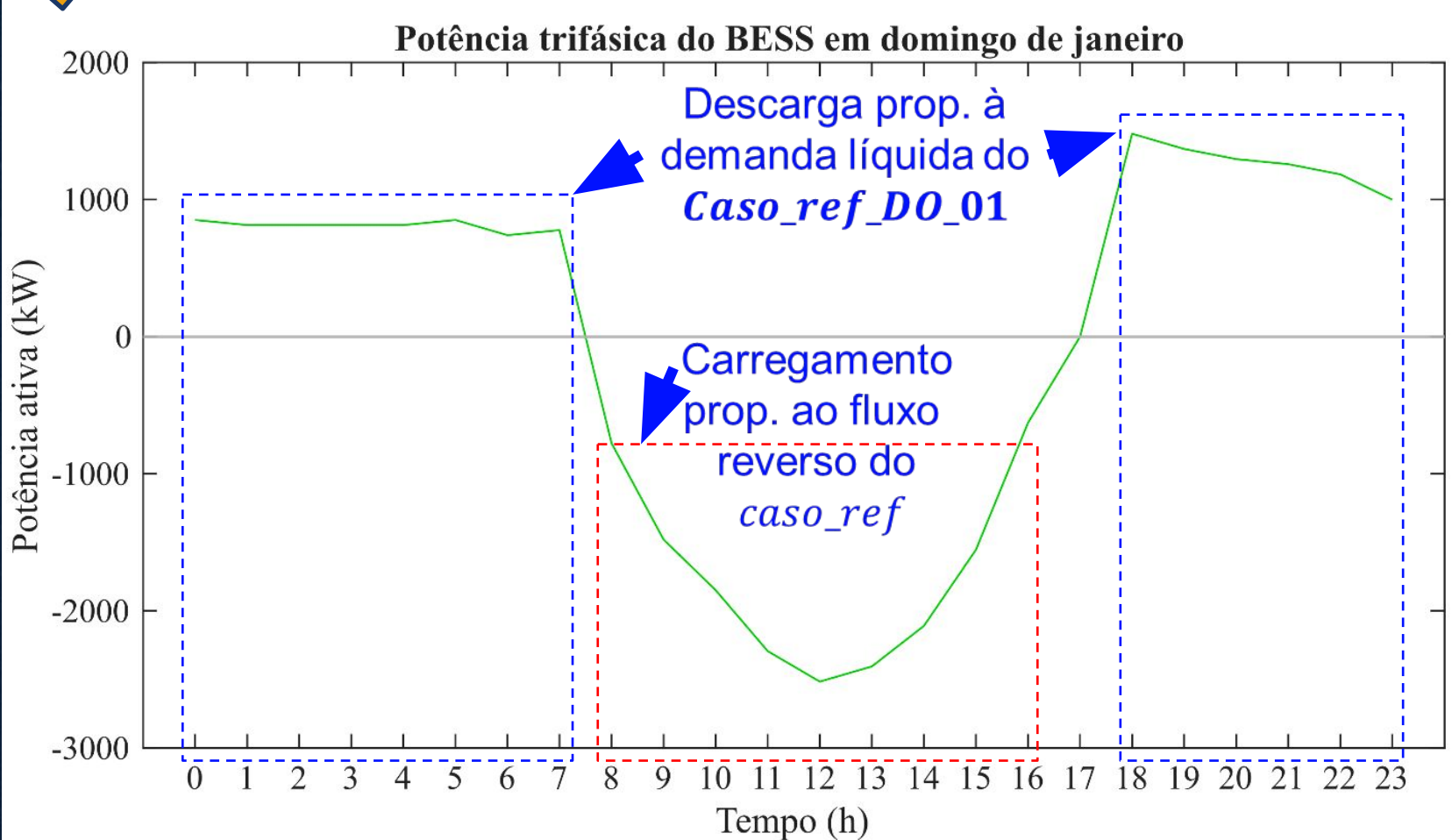


Modelagem do BESS no Caso *BESS1_DO_01* (2/2)

Caso_ref_DO_01 (por fase)



BESS do Caso *BESS1_DO_01* (trifásico)

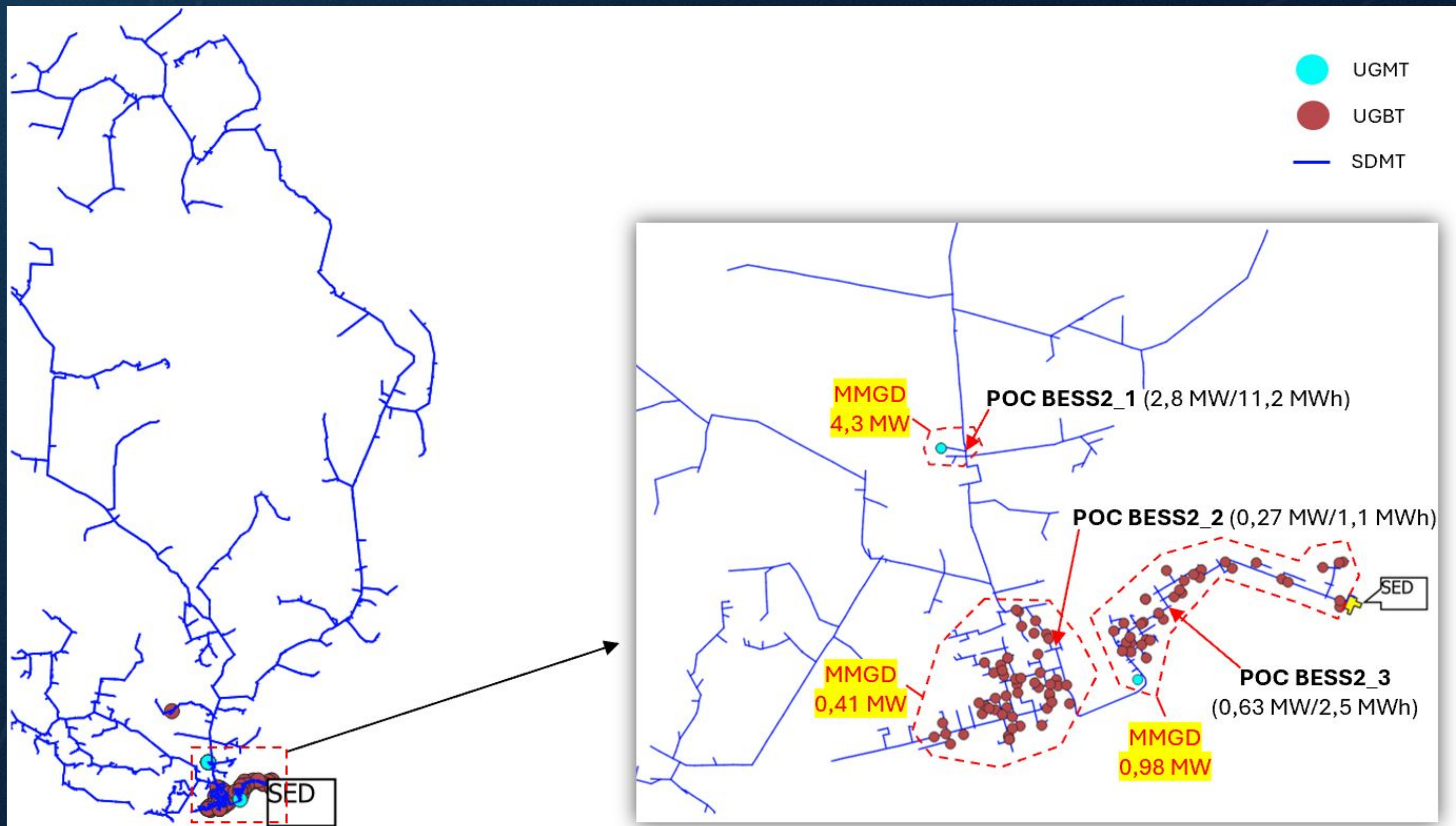


Configuração do BESS modelado

Parâmetro	Valor
Potência nominal de saída (MW)	3,7
Capacidade nominal de energia (MWh)	14,8
Eficiência <i>round-trip</i> (RTE)	90%
Estado de carga (SOC) mínimo	5%

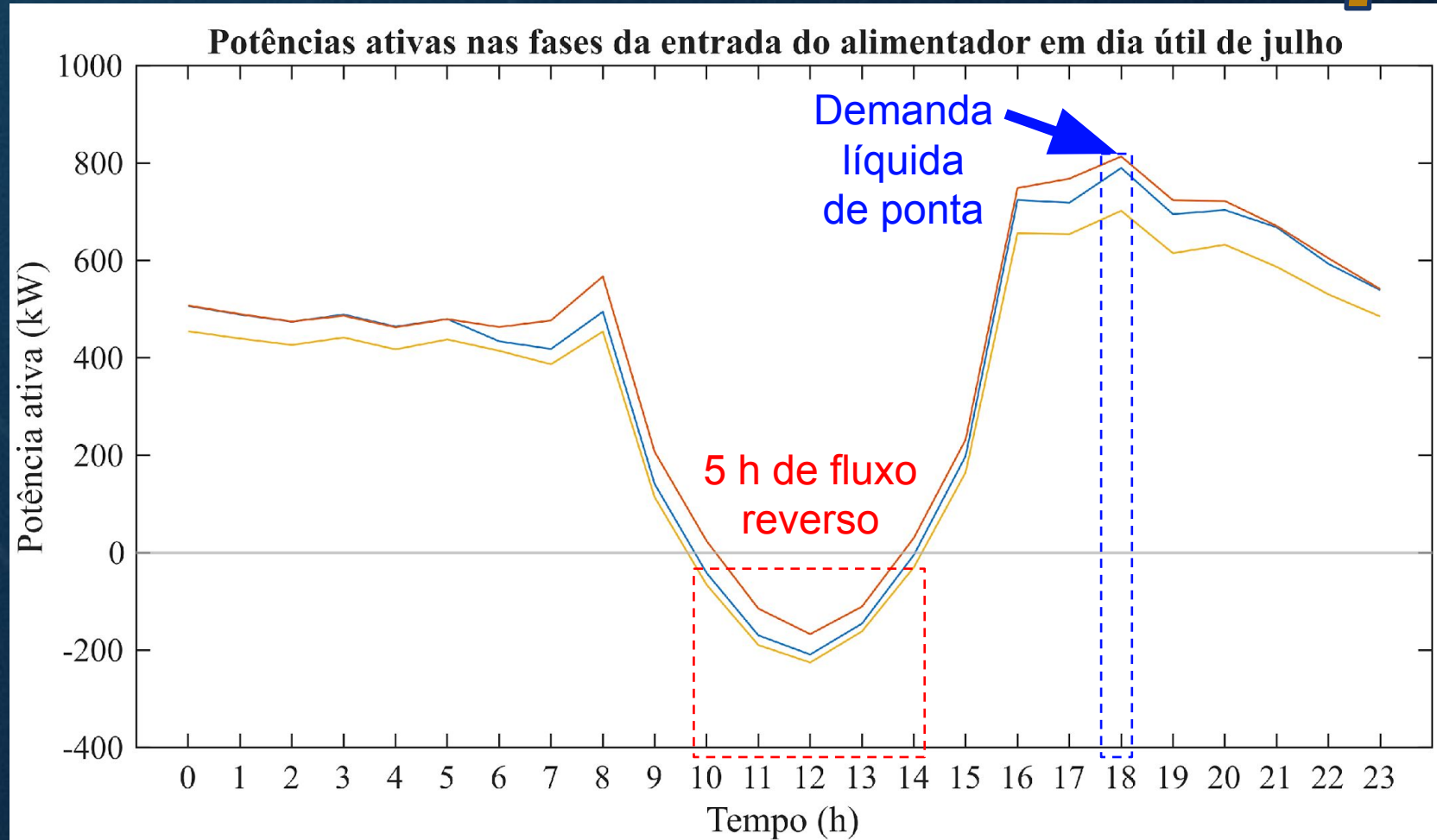
Modelagem dos BESSs no Caso *BESS2_DO_01*

Alocação dos BESSs no Caso *BESS2_DO_01*

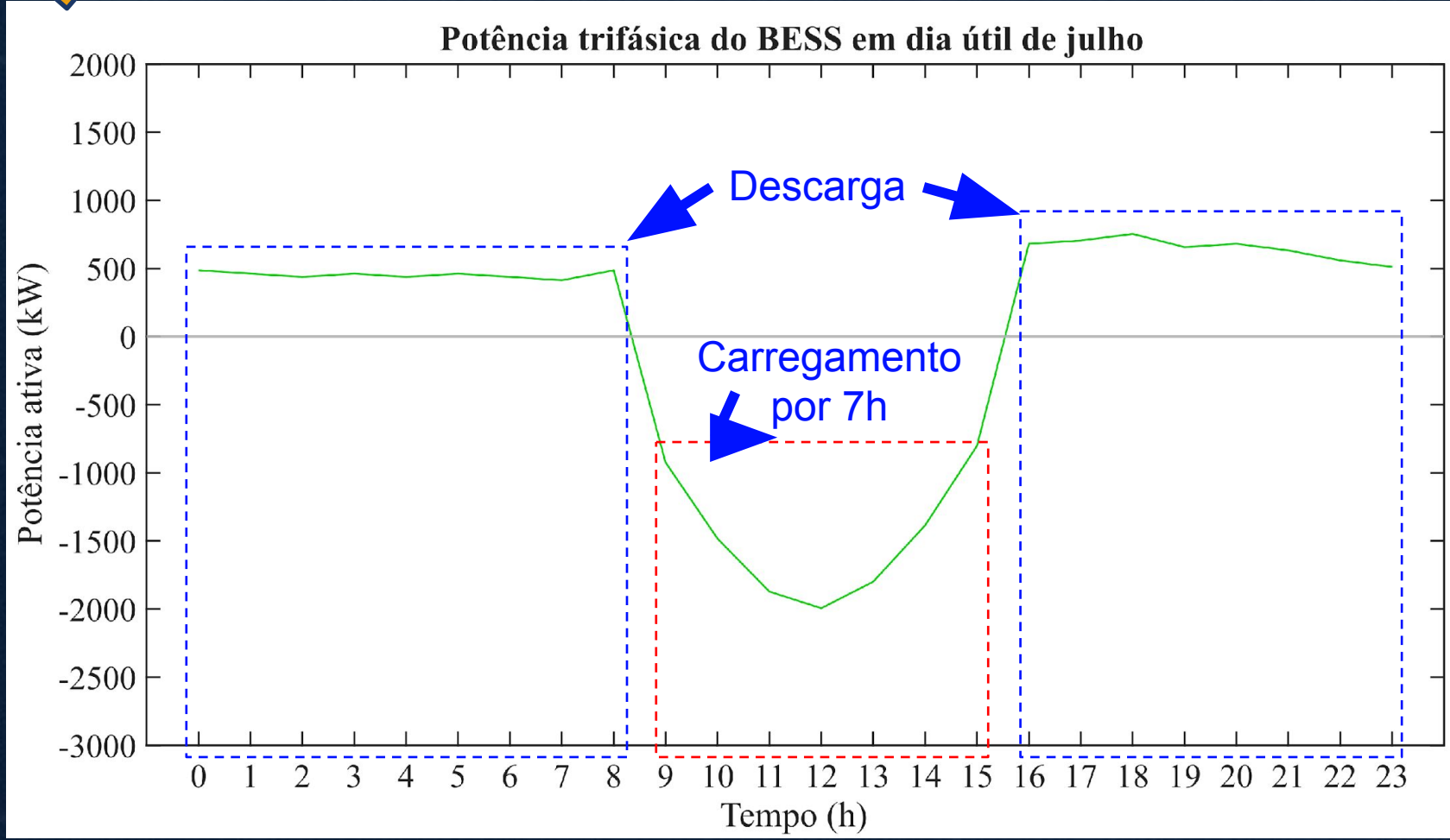


Modelagem do BESS no Caso *BESS1_DU_07*

Caso_ref_DU_07 (por fase)



BESS do Caso *BESS1_DU_07* (trifásico)



Principais resultados

- Os **resultados apresentados** indicam que houve **pouca diferença** entre os **cenários BESS1** e **BESS2**, indicando que a **alocação do BESS** no cenário **BESS1** foi feita de forma **eficiente**
- **Impactos positivos dos casos com BESS em relação ao caso de referência**
 - **Reduções de 98% e 100%** no **fluxo reverso máximo** por fase em **DO_01** e **DU_07**, respectivamente
 - **Reduções de 79% e 31%** na **demanda líquida de ponta** em **DO_01** e **DU_07**, respectivamente
 - **Redução de 100%** em **sobretensão** nas **UCMT** em **DO_01** e **DU_07** (embora fosse sobretensão leve)
 - **Redução de 2%** na **sobretensão máxima** nas **UCBT** em **DO_01** e **DU_07**
 - **Redução de 1%** na **subtensão máxima** nas **UCBT somente** no **Caso BESS1_DO_01**
 - **Reduções no n ° total de comutações de taps** dos **reguladores de MT**: **74%** no **Caso BESS1_DO_01**; **72%** no **Caso BESS2_DO_01**; e **56%** em **DU_07**
- **Impacto negativo de casos com BESS em relação ao caso de referência**
 - **Aumento de 7%** na **subtensão máxima** nas **UCBT** em **DU_07**
- **Ponto técnico de atenção dos casos com BESS versus respectivos casos de referência**
 - **Aumento das perdas técnicas em relação à energia consumida pelas cargas** (da rede ou de MMGD): **4,6%** no **Caso BESS1_DO_01**; **4,4%** no **Caso BESS2_DO_01**; e **2,2%** em **DU_07**

Considerações

- A viabilidade de implantação de BESS na distribuição dependeria de evoluções regulatórias (incluindo modelos de negócios, sinal de preço, alocação de custos etc.) e análises técnico-econômicas aprofundadas de projeto
- Conforme apresentado, adotaram-se como valores típicos para simulação eficiência *round-trip* 90% e SOC mínimo 5% para BESS com baterias de lítio-íon. Os resultados podem variar de acordo com estes valores, bem como com o(s) POC(s) do(s) BESS(s), as características da rede e sua localização
- Outras tecnologias como armazenamento de longa duração (LDES, do inglês *Long-duration Energy Storage*) poderiam, eventualmente, ser consideradas para este tipo de aplicação
- O armazenamento pode trazer benefícios adicionais para a qualidade de energia (fora do escopo deste estudo)

Obrigado!

