

Simulação de Sistema Fotovoltaico com Armazenamento de Energia em Centro de Pesquisa Remoto

Matheus dos Santos Oliveira

Renato Bueno Bovo

Willian Cardoso Galbiati

Professor: Vinicius Dario Bacon

Disciplina: Geração de Energia Elétrica

Introdução

- **Objetivo e justificativas**

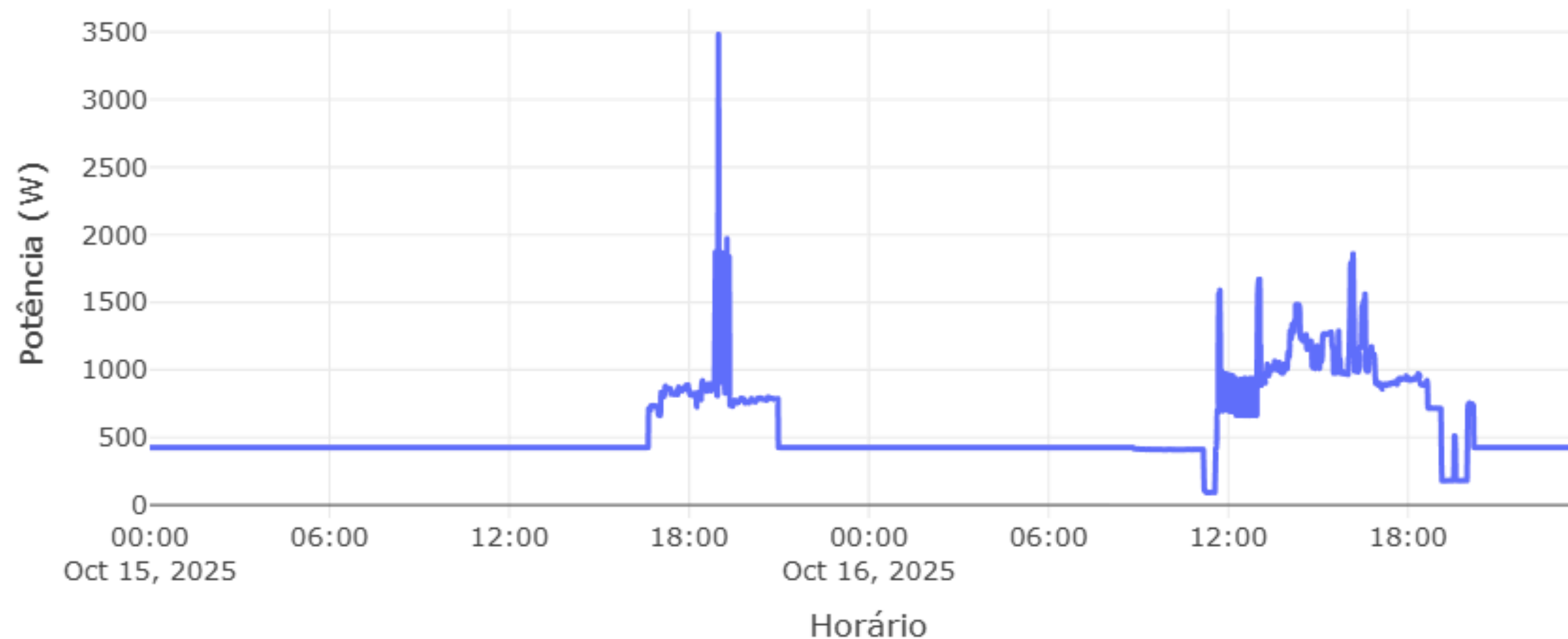
- O objetivo é realizar um estudo de viabilidade de um sistema fotovoltaico com armazenamento para suprir centro de pesquisa remoto;
- O centro de pesquisa se localiza em área remota, onde não há acesso à rede da concessionária;
- Um sistema fotovoltaico com armazenamento permite a geração própria de energia durante o dia e garante o fornecimento ininterrupto pelo uso de baterias.

Introdução

- **Projeto modelo Ilha da Trindade:**
 - Programa Itaipu Mais que Energia;
 - Centro de pesquisa remoto da Marinha;
 - Sistema de geração de energia, com painéis fotovoltaicos, baterias de lítio e gerador de reserva;
 - O objetivo é substituir os geradores a diesel, que são mais caros e poluentes, e exigem complexa logística de transporte do combustível.

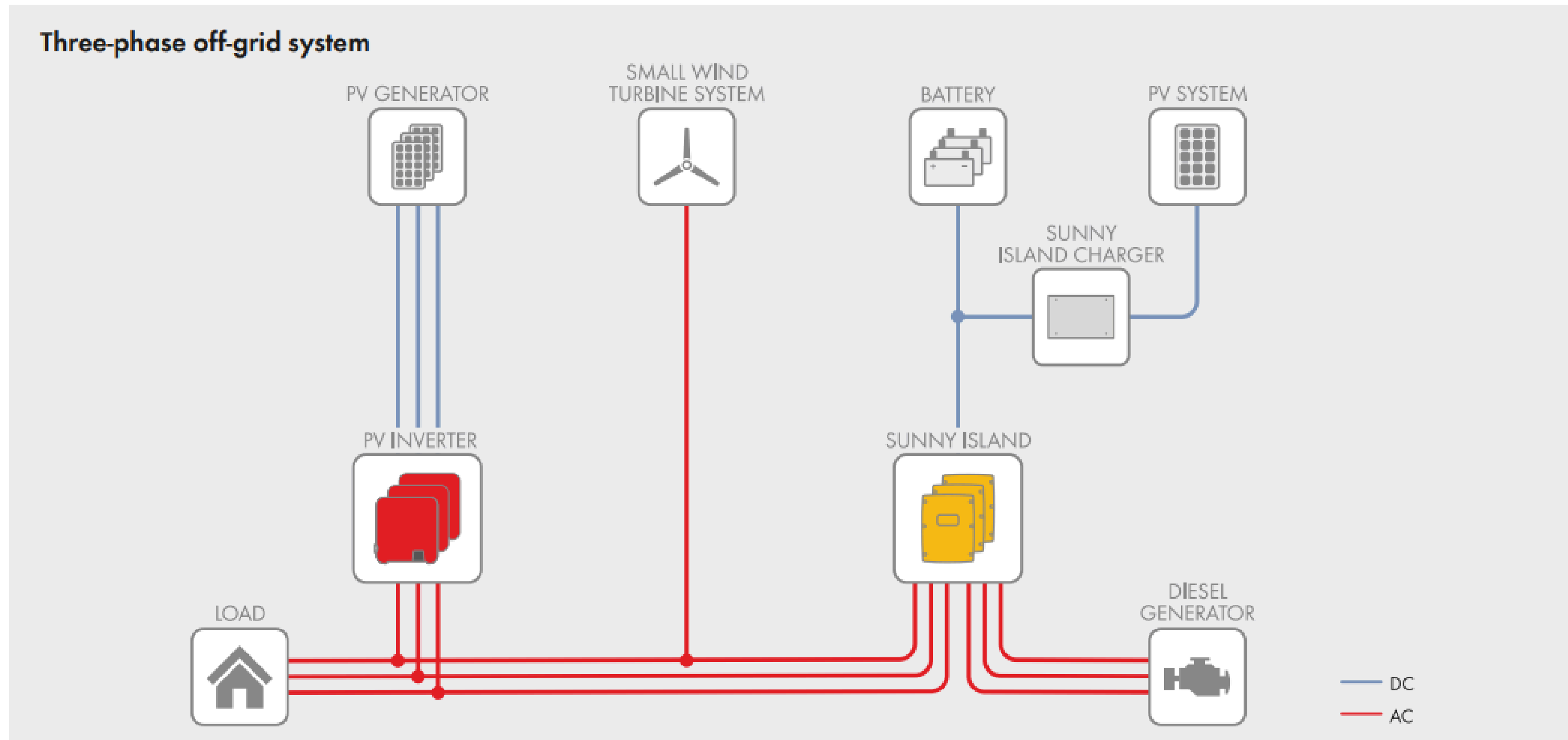
Análise de Demanda

Curva diária de carga LINMET



- Demanda média: 805,6772 W
- Demanda máxima: 3482 W
- Fator de carga: 0,2314
- Consumo anual de energia: 7057.6867 kWh/ano

Sistema proposto



Dimensionamento

- Potência nominal do sistema

$$P_{FV} = \frac{P_{\text{Instalação}} \cdot T_{\text{Utilização}}}{HSP}$$

⇒ Tempo: 8 horas
HSP: 3,7 horas ⇒ 7,5 kWp

- Número de módulos

$$N_{\text{Módulos}} = \frac{P_{FV}}{P_{\text{Módulos}}}$$

⇒ Potência módulos: 440 W ⇒ 18 módulos

Dimensionamento

- Inversor fotovoltaico e inversor de bateria

$$P_{Inversor} = P_{FV} \cdot FDI \quad \Rightarrow \quad FDI: 0.85 \quad \Rightarrow \quad 6,375 \text{ kW}$$

- FDI varia de 0,75 a 0,85.
- Adotou-se o fator de dimensionamento de forma conservadora.

Dimensionamento

- **Banco de baterias**

Cenário 1: Sistema Fotovoltaico Off-Grid com Baterias de Chumbo-Ácido (VRLA).

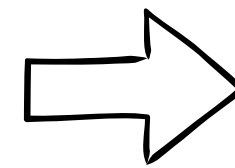
Cenário 2: Sistema Fotovoltaico Off-Grid com Baterias de Íon-Lítio (LFP).

Dimensionamento

Parâmetros nominais dos equipamentos, demanda média da instalação e fator de descarga de 0,9.

- Banco de baterias chumbo-ácido

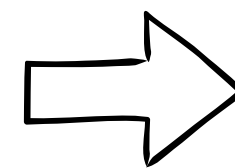
$$N_{Baterias} = \frac{P_{med} \cdot T_{S/ Sol}}{V_{Bat} \cdot I_{Bat} \cdot F D}$$



15 baterias para garantir fornecimento de energia por 48h sem sol

- Banco de baterias íon-lítio

$$N_{Baterias} = \frac{P_{med} \cdot T_{S/ Sol}}{V_{Bat} \cdot I_{Bat} \cdot F D}$$

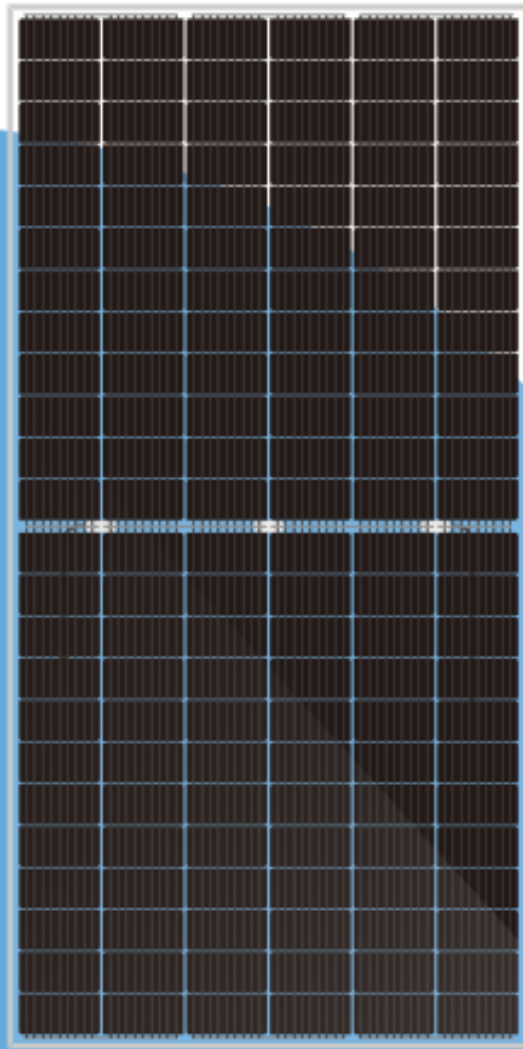


6 baterias para garantir fornecimento de energia por 48h sem sol

Equipamentos selecionados

- Módulo DHM-72L9/BF

440 W



- Inversor trifásico Deye SUN-7.5K-G05

7,5 kW



Equipamentos selecionados

- Inversor Bess SMA Sunny Island SI8.0H-13

6 kW



Equipamentos selecionados

- **Bateria Chumbo-Ácido Estacionária – Moura Solar 12MS234**



- Capacidade energética: 2,64 kWh
- Tensão nominal: 12 V
- Capacidade: 220 Ah
- Ciclos de vida: 1000 ciclos

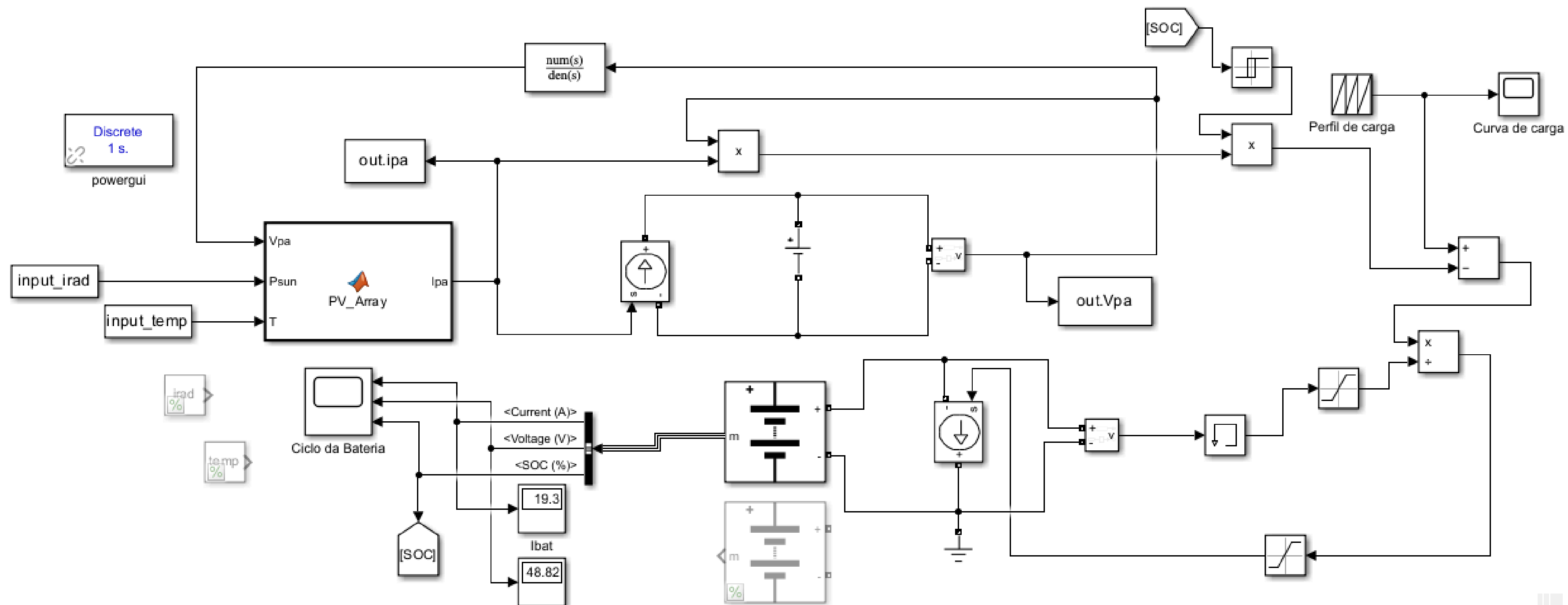
Equipamentos selecionados

- **Bateria Solar de Íon-Lítio – ZTROON ZTS48150P**



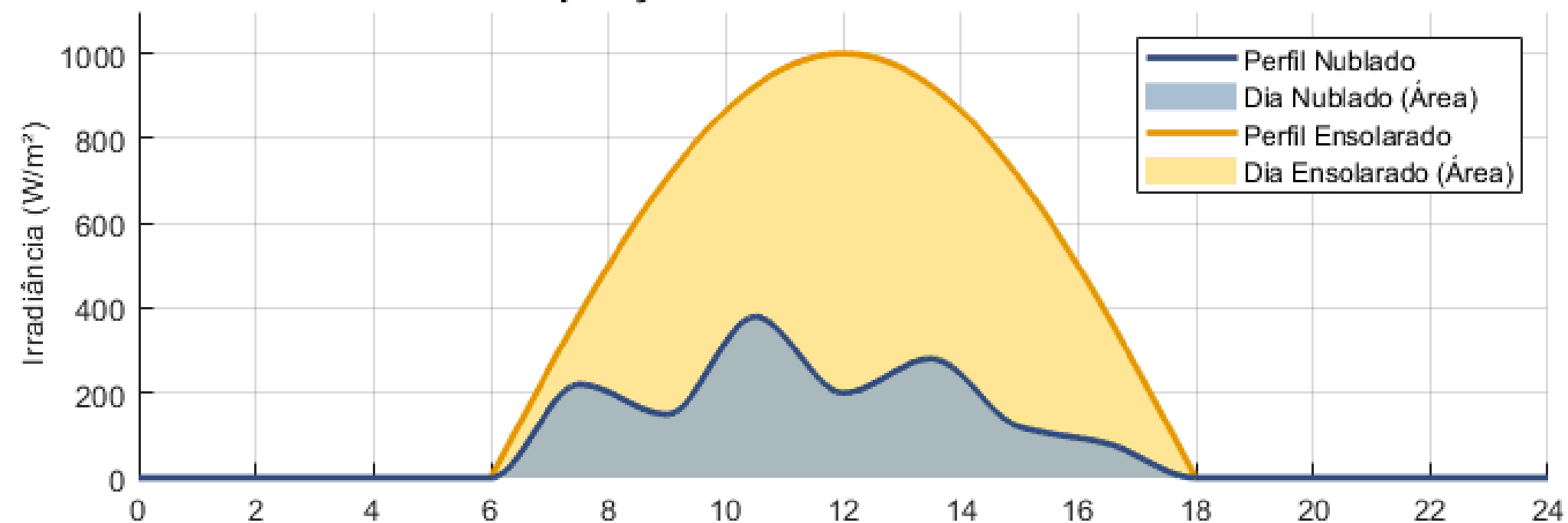
- Capacidade energética: 7,2 kWh
- Tensão nominal: 48 V
- Capacidade: 150 Ah
- Ciclos de vida: 6.000 ciclos

Simulação

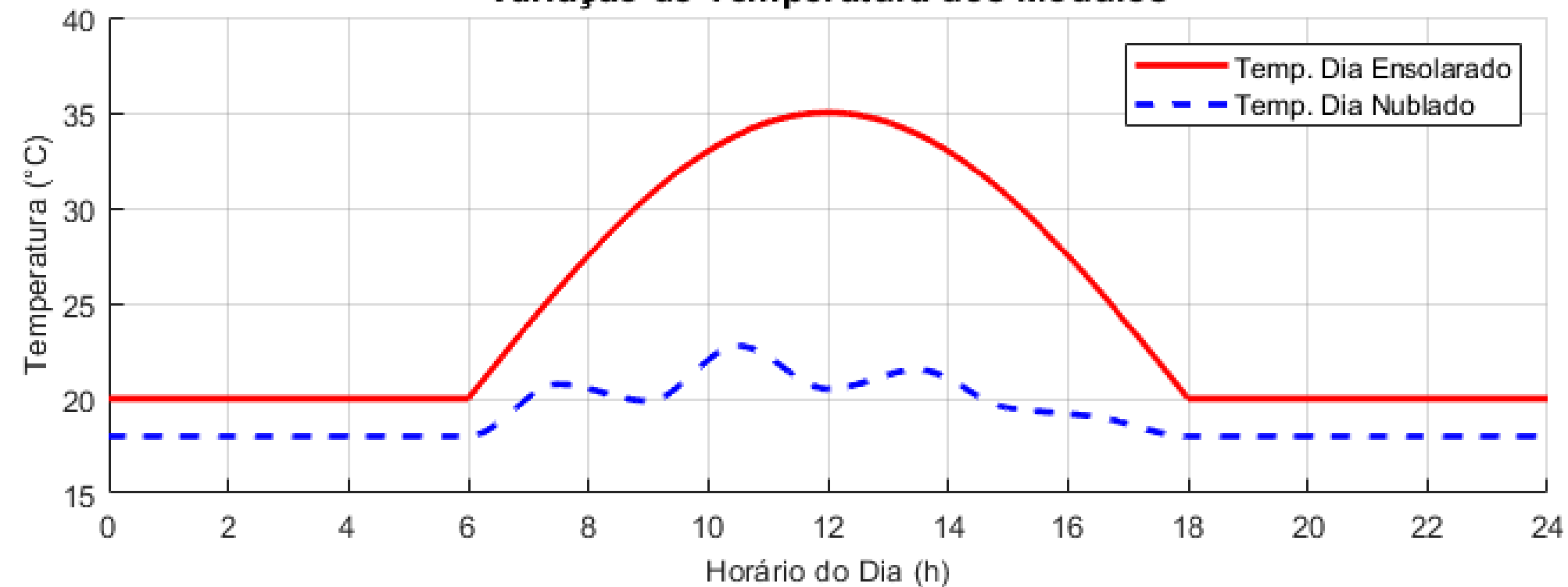


Simulação

Comparação de Perfis de Irradiância Solar

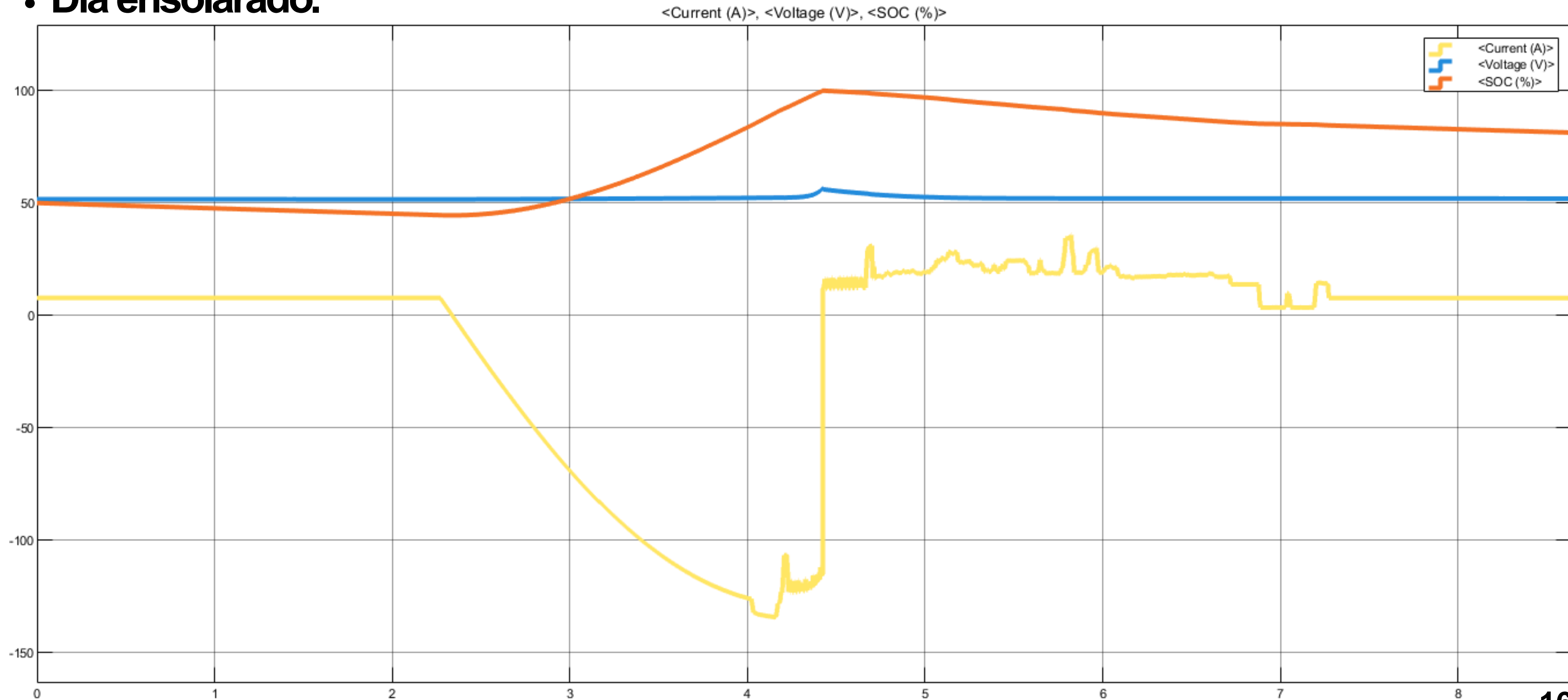


Variação de Temperatura dos Módulos



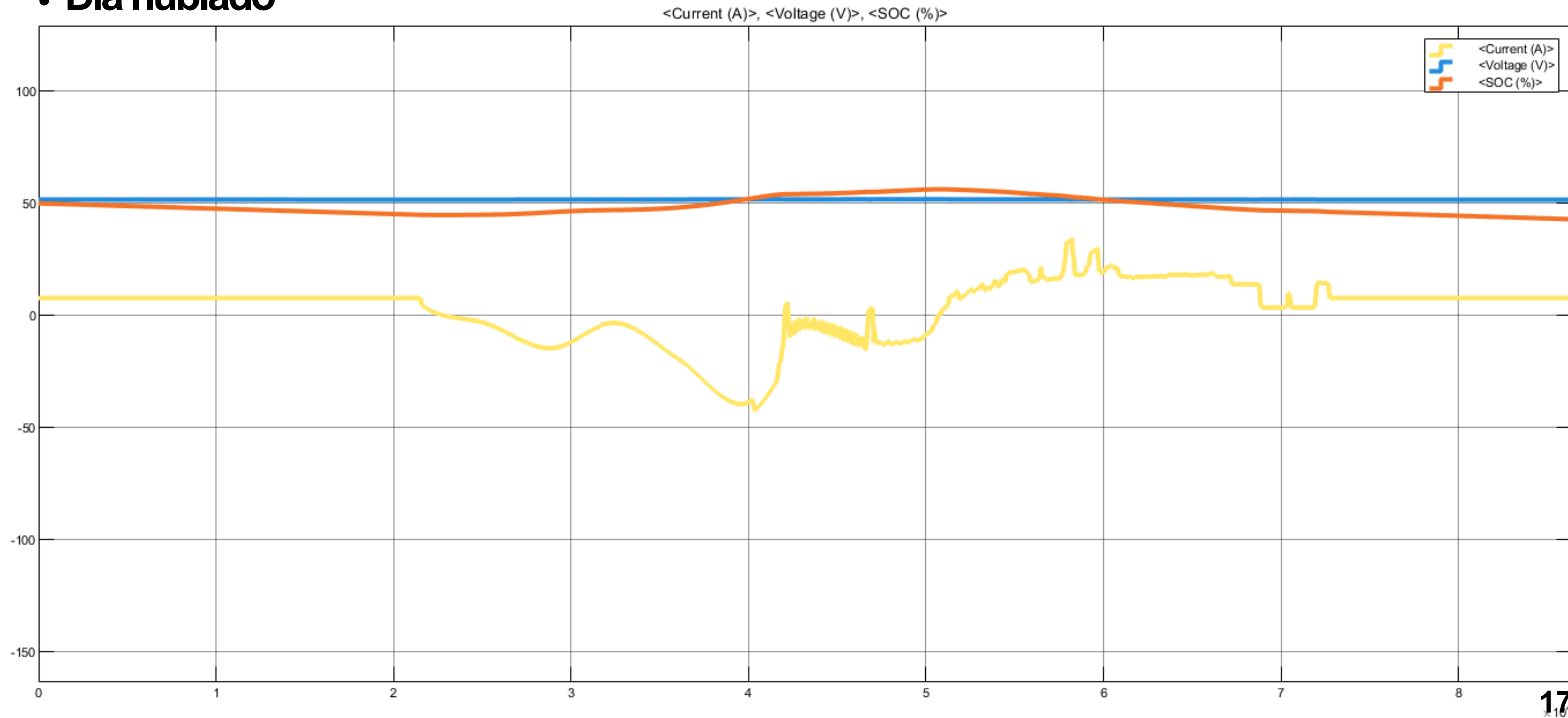
Simulação de bateria de lítio

- Dia ensolarado.



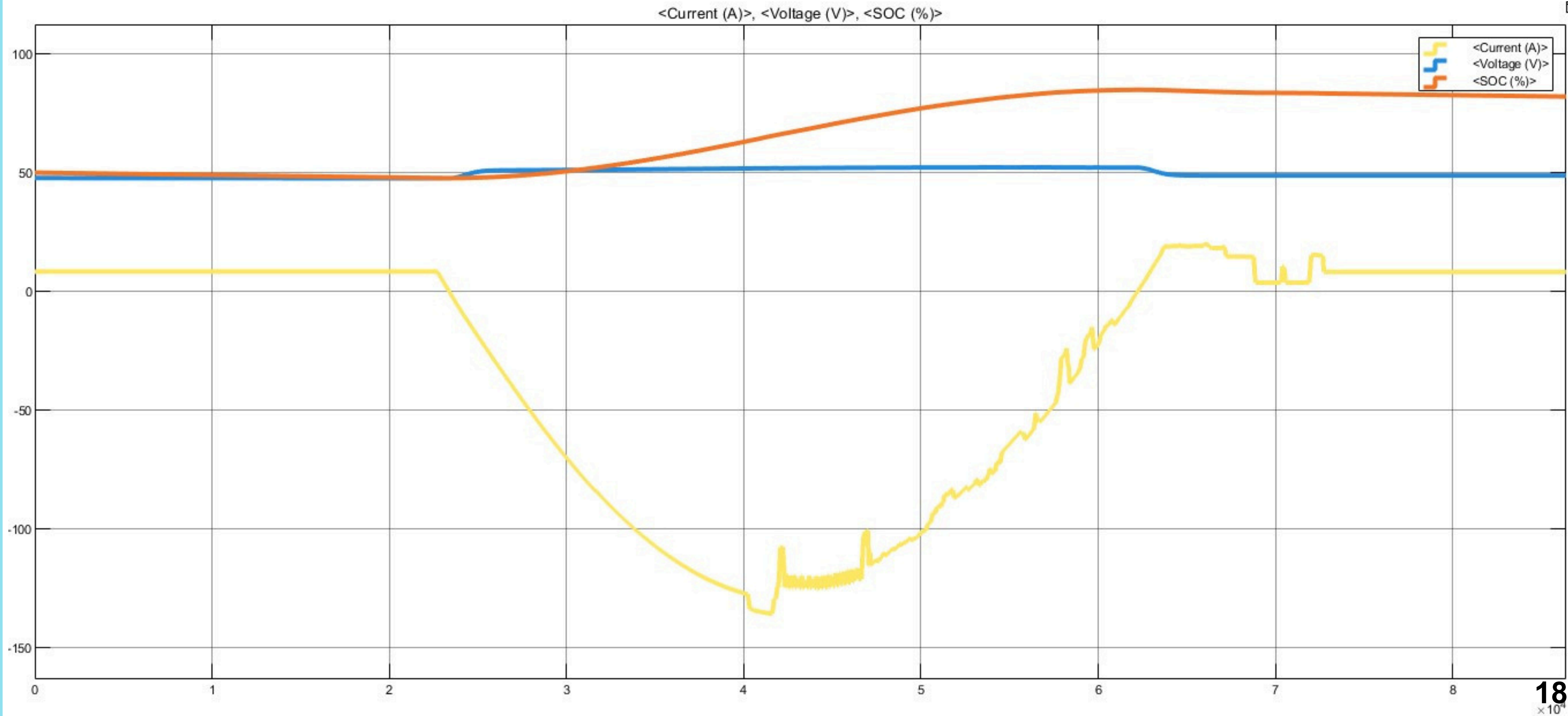
Simulação de bateria de lítio

- Dia nublado



Simulação de bateria de chumbo

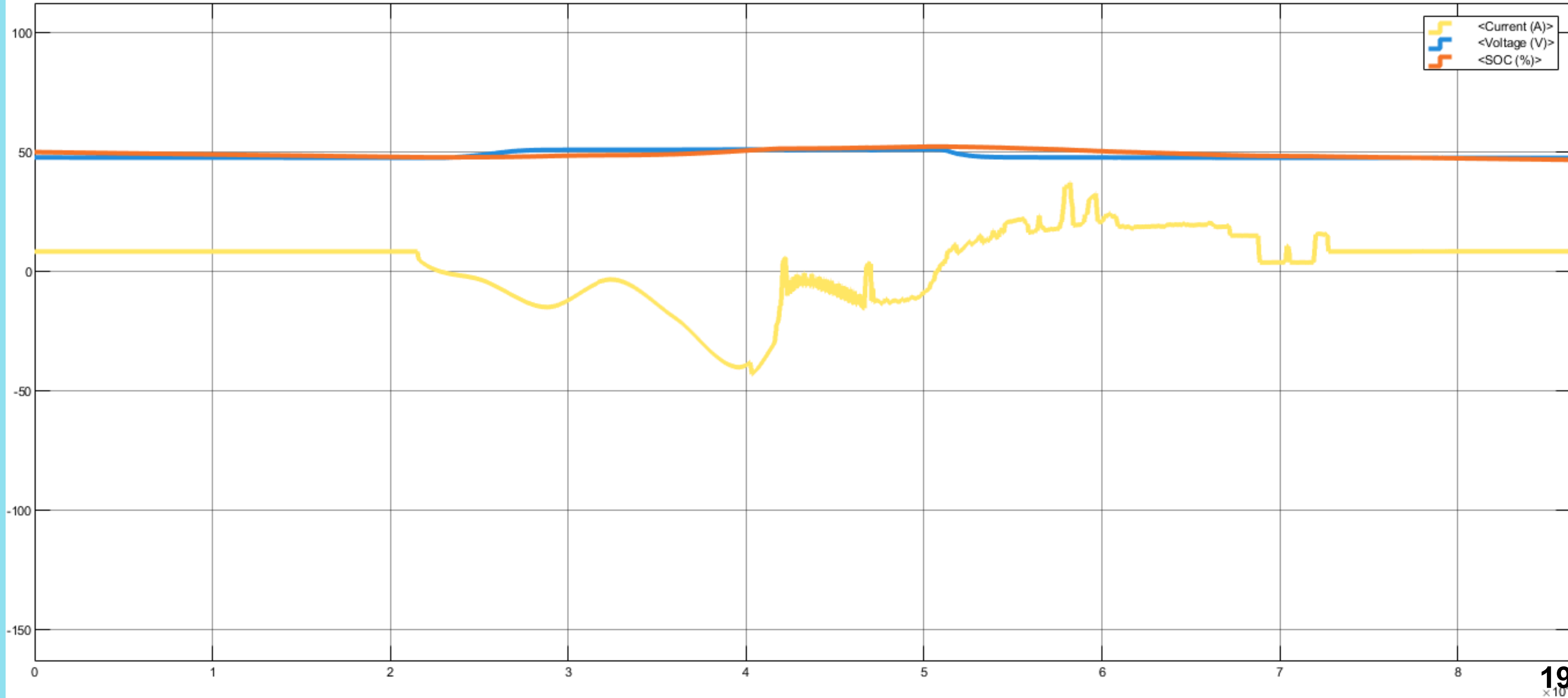
- Dia ensolarado.



Simulação de bateria de chumbo

- Dia nublado

<Current (A)>, <Voltage (V)>, <SOC (%)>



Análise Econômica

- **A análise econômica do projeto pode ser dividida em duas categorias de custos do sistema:**
 - CAPEX: que engloba equipamentos (módulos, inversores e baterias) e materiais auxiliares (estrutura, cabeamento, disjuntores).
 - OPEX: que engloba despesas de operação e manutenção ao longo da vida útil da instalação.

Análise Econômica - CAPEX

- A análise econômica com Sistema com baterias de chumbo:

Equipamento	Valor unitário	Quantidade	Valor total
Módulo DHM-72L9/BF	R\$ 820,00	18	R\$ 14.760,00
Inversor Deye SUN-7.5K-G05	R\$ 2.474,50	1	R\$ 2.474,50
Inversor Bess SMA Sunny Island SI8.0H-13	R\$ 19.251,00	1	R\$ 19.251,00
Bateria Estacionária Moura Solar 12MS234 (220Ah)	R\$ 1.610,00	15	R\$ 27.285,00
Instalação (R\$/kWp)	R\$ 115,00	7,5	R\$ 862,50
<i>Custo total do projeto</i>			R\$ 61.498,00

Análise Econômica - CAPEX

- A análise econômica com Sistema com baterias de íon-lítio:

Equipamento	Valor unitário	Quantidade	Valor total
Módulo DHM-72L9/BF	R\$ 820,00	18	R\$ 14.760,00
Inversor Deye SUN-7.5K-G05	R\$ 2.474,50	1	R\$ 2.474,50
Inversor Bess SMA Sunny Island SI8.0H-13	R\$ 19.251,00	1	R\$ 19.251,00
Bateria Solar Lítio 7,2KWh - ZTROON ZTS48150P - 150Ah 48V/6000 ciclos	R\$ 9.200,00	6	R\$ 55.200,00
Instalação (R\$/kWp)	R\$ 115,00	7,5	R\$ 862,50
<i>Custo total do projeto</i>			R\$ 92.548,00

Análise Econômica - OPEX

- A análise econômica com Sistema com baterias de chumbo:
 - O custo total de operação e manutenção (OPEX) ao longo da vida útil de 25 anos do sistema é estimado em 12% do investimento inicial (CAPEX).

Custo de 12% do CAPEX	Custo de 8 trocas de baterias	Custo total
<i>R\$ 7.755,96</i>	<i>R\$ 218.280,00</i>	<i>R\$ 226.035,96</i>

Análise Econômica - OPEX

- A análise econômica com Sistema com baterias de íon-lítio:
 - O custo total de operação e manutenção (OPEX) ao longo da vida útil de 25 anos do sistema é estimado em 12% do investimento inicial (CAPEX).

Custo de 12% do CAPEX	Custo de 1 troca de baterias	Custo total
<i>R\$ 11.105,76</i>	<i>R\$ 55.200,00</i>	<i>R\$ 66.305,76</i>

Energia total produzida

$$E_{\text{anual}} = P \cdot HSP \cdot d \cdot \eta \quad \Rightarrow \quad 364.605,9 \text{ kWh}$$

- A energia total produzida estimada para os 25 anos de operação.
- Degradação do rendimento dos módulos de 0,75 % anualmente.

Custo de energia

$$CE = \frac{\text{CAPEX} + \text{OPEX}}{E_{total}}$$

Cenário	Custo (R\$/kWh)
Baterias de Chumbo-Ácido	0,79
Baterias de Íon-Lítio	0,44

Considerações finais

- O projeto se mostrou como uma alternativa viável para locais sem acesso a rede da concessionária;
- As baterias de lítio se mostraram mais viáveis a longo prazo.

Obrigado!