



**PTI**

Parque Tecnológico  
Itaipu



**FENIBAT.**  
6ª Feira Nacional e Internacional de  
Baterias de Chumbo + Conferência



**FENILITIO**  
2ª Feira Nacional e Internacional de  
Baterias de Lítio + Conferência

# 2ª vida de baterias e outras opções de armazenamento: trabalhos com sódio e hidrogênio de baixo carbono

**Adalberto Tavares**

Pesquisador em Baterias e Hidrogênio

[adalberto.tavares@pti.org.br](mailto:adalberto.tavares@pti.org.br)

OUTUBRO DE 2023

# AGENDA

- O PTI
- Projetos em sistemas eletroquímicos
  - Baterias de sódio
  - Segunda vida de baterias
  - Hidrogênio de baixo carbono





# PARQUE TECNOLÓGICO ITAIPU - PTI BRASIL



**CENTRO DE HIDROGÊNIO**

# Transição energética e o olhar por múltiplas tecnologias

- O papel do PTI e a interação com as indústrias para a reindustrialização
  - Infraestrutura para diversos sistemas eletroquímicos
  - Intersecção entre distintos setores produtivos



Incubação  
de Negócios



Turismo  
Sustentável



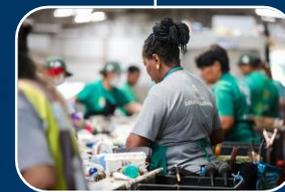
Educação



Segurança de  
Barragens



Gestão  
Energética



Inteligência e Gestão  
Territorial



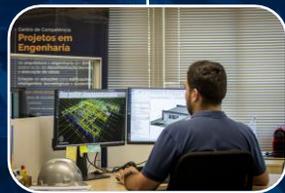
Segurança  
Cibernética



Tecnologias  
Aplicadas



Centro de  
Negócios



Arquitetura  
e Engenharia

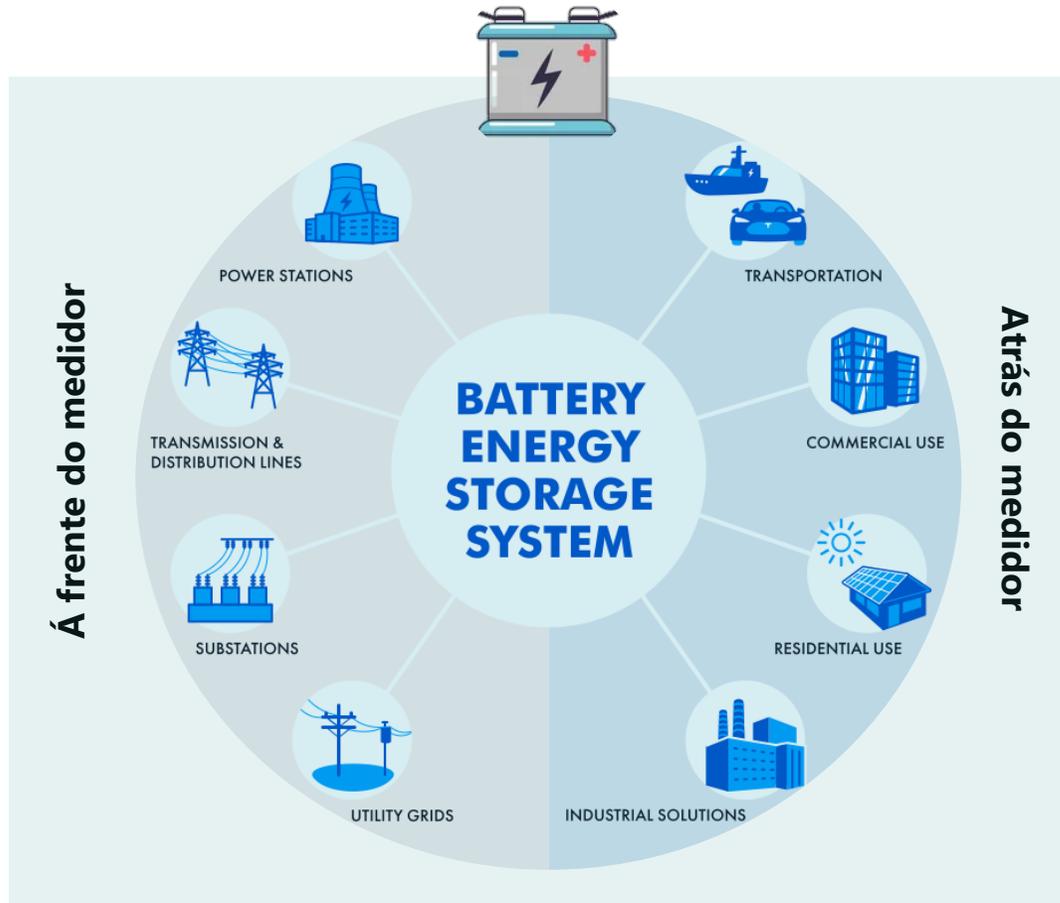


Centro de  
Hidrogênio

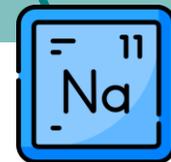
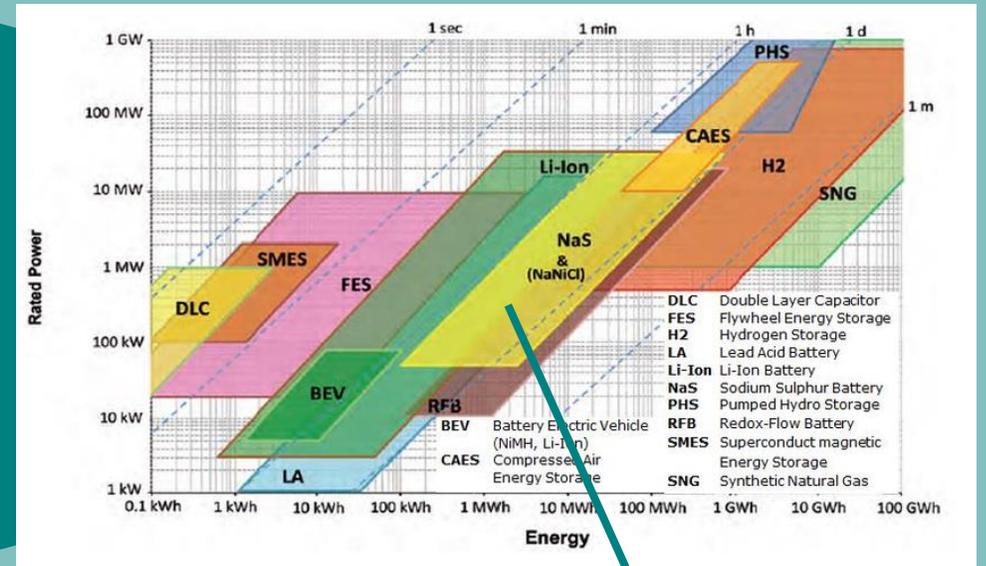


# Universo de Aplicações BESS

## E as Baterias de Sódio



### Formas de armazenamento de energia



# ITAIPU - PTI e o Sódio

2007



Adaptação de veículos para utilizar baterias de sódio comerciais.

2010

BRASIL - SUÍÇA



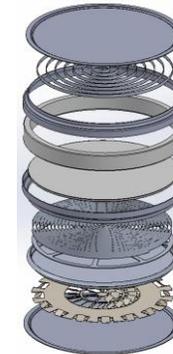
Interesse na tecnologia e busca por parceiras para desenvolvimento de baterias de sódio e transferência tecnológica.

2011 - 2017



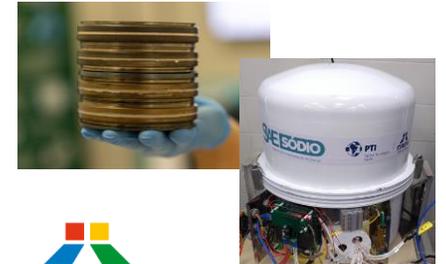
Viabilizar o domínio nacional de conhecimentos relativos à tecnologia.

2018 - 2020



Novo Design para aumentar a densidade energética e reduzir custos visando o mercado de armazenamento de energia estacionário

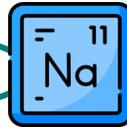
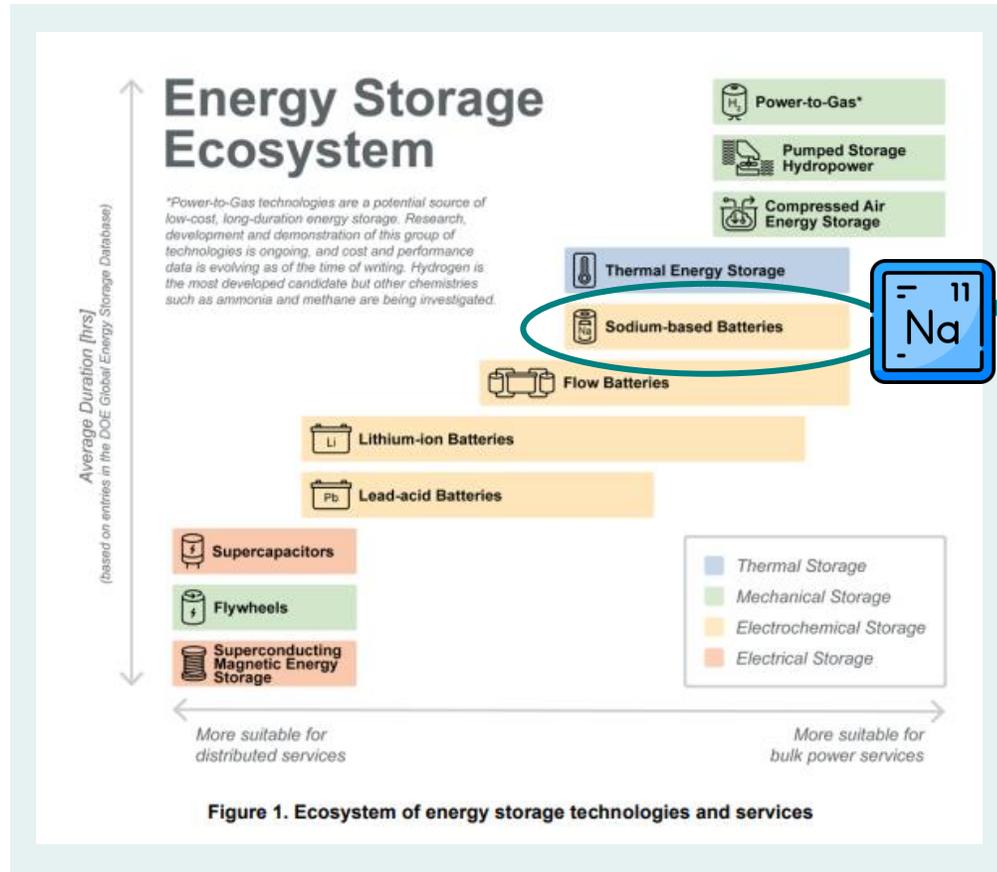
2021-2023



Validação e aprimoramento de componentes e processos e aplicações em B2U

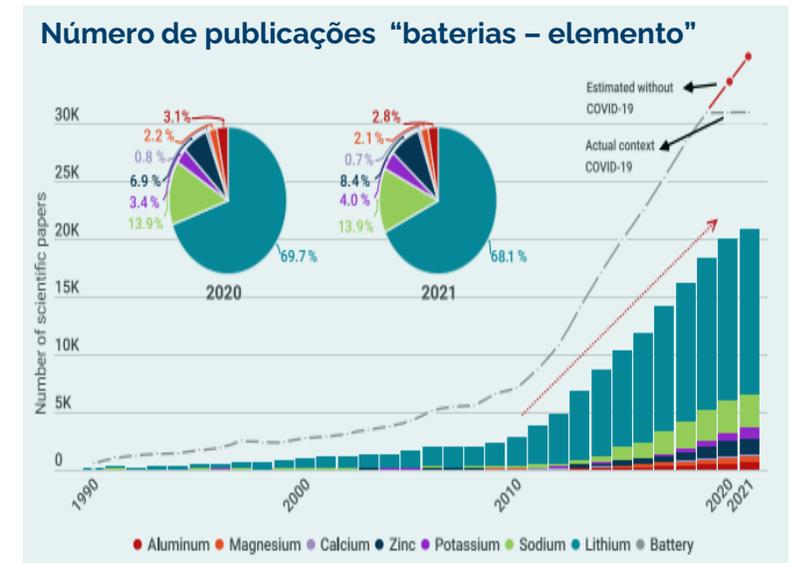


# Oportunidades para o mercado de sódio



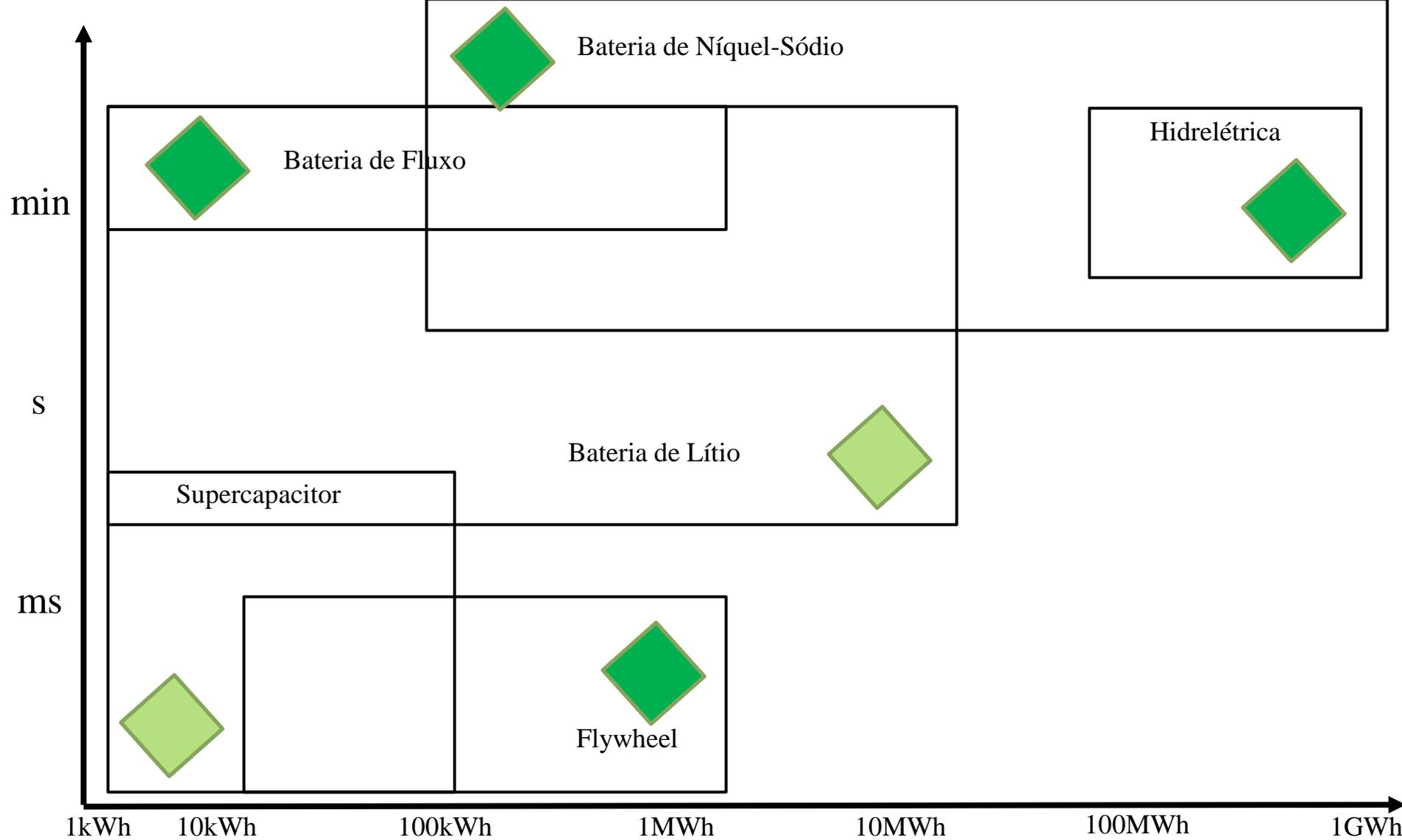
**SÓDIO: 1.000  
VEZES MAIS  
ABUNDANTE**

**E DE  
20-40%  
MAIS BARATO**



Tempo de resposta

Gestão de Energia



**Eficiência**

-  70% ~ 85%
-  85% ~ 100%

# EXPERIÊNCIAS ASSOCIADAS

2011

2013

2015

2017

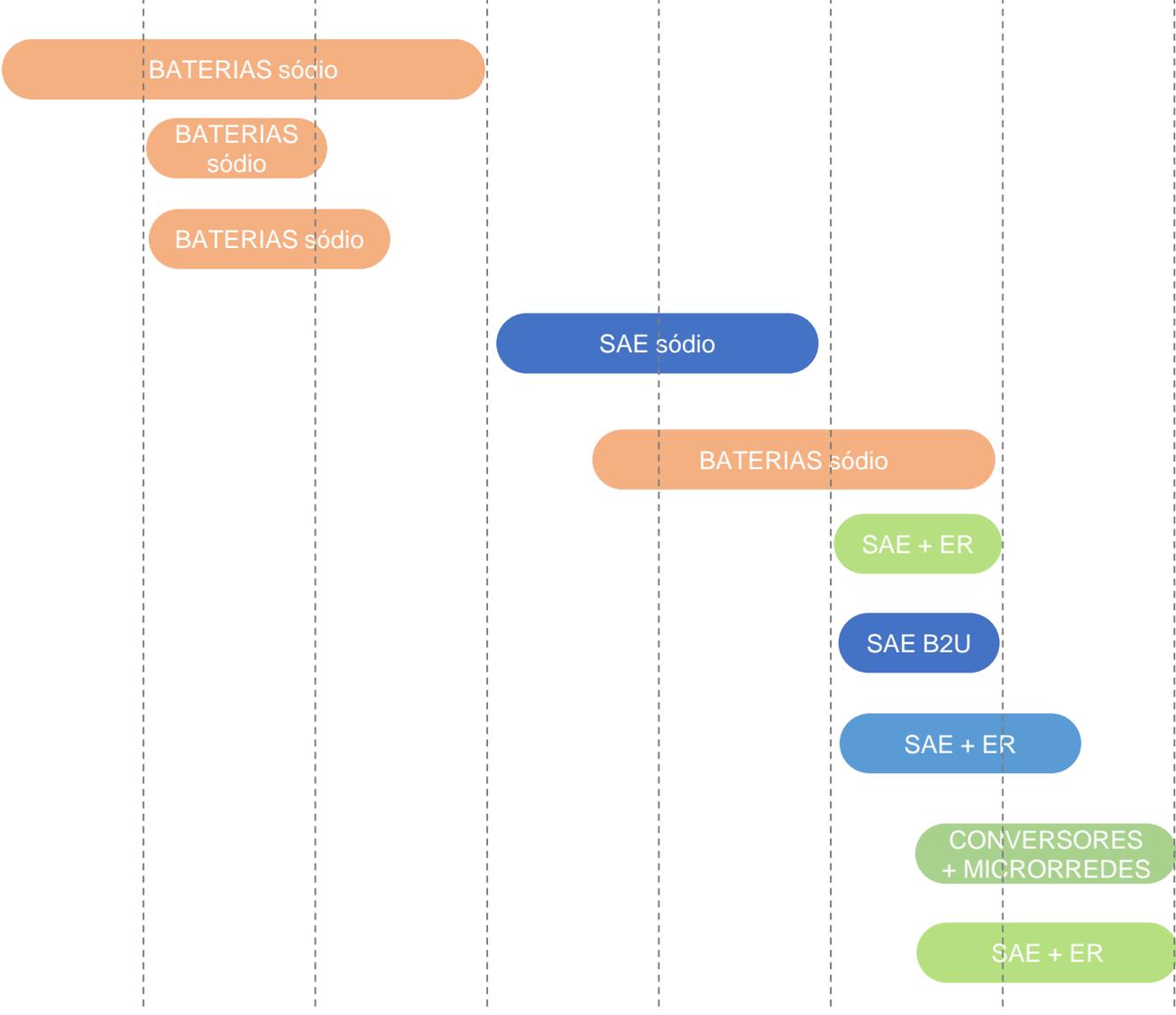
2019

2021

2023

2025

<b>FINEP</b>	(FINEP) - Projeto Absorção e Desenvolvimento de tecnologia de baterias avançadas de sódio (2011-2017)
<b>OUTROS</b>	(Fundação Araucária) - Divulgação e Consolidação da tecnologia de sistemas de baterias de sódio (2013-2015).
<b>CONVÊNIO IB</b>	(Itaipu) - 2ª fase do Projeto Absorção e Desenvolvimento de Tecnologias de Baterias Avançadas Sódio (2013-2016)
<b>P&amp;D ANEEL</b>	(ANEEL-COPEL): Desenvolvimento nacional de sistema de armazenamento padrão de energia com baterias residenciais (Sódio - Níquel) e controle inteligente para o armazenamento distribuído em redes de baixa tensão (2017-2021)
<b>CONVÊNIO IB</b>	(Itaipu) - Projeto Baterias de Sódio com Célula Planar (2018-2023)
<b>CONVÊNIO IB</b>	(Itaipu) - Sistema de Segurança Energética Modular (SSEM) Off-Grid (2021-2023)
<b>CONVÊNIO IB</b>	(Itaipu) - Desenvolvimento de Protótipos de sistemas de Gerenciamento de Bateria (BMS) empregando Células de Segunda vida (2021-2023)
<b>P&amp;D ANEEL</b>	(ANEEL -CHESF) - Arranjo técnico para aumento da confiabilidade e segurança elétrica aplicando armazenamento de energia por baterias e sistemas fotovoltaicos ao serviço auxiliar de subestações 230/500 kV (2021-2024)
<b>P&amp;D ANEEL</b>	(ANEEL - CTG) - Conversor CC-CC Multiportas e Sistema IoT para Gestão Inteligente de Energia - CIGE (2022-2025)
<b>CONVÊNIO IB</b>	(Itaipu) - Segurança e eficiência energética utilizando energias renováveis em ilhas oceânicas brasileiras (2022 - 2025)



# Expertise

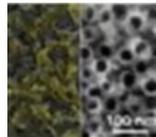
## Átomo

Propriedades Termodinâmicas  
Propriedades de Transporte



## Partícula

Difusão do material  
Conexão física  
Fadiga e deformação de partícula  
Estabilidade estrutural



## Eletrodo

Transporte e balanceamento de carga  
Compósitos presente no eletrodo  
Transporte na fase eletrólita



$10^{-10}$

$10^{-8}$

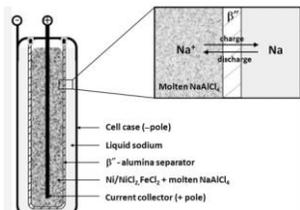
$10^{-6}$

$10^{-4}$

[m]

## Célula

Potencial eletrônico e distribuição de corrente  
Transferência e geração de calor  
Distribuição de pressão



## Módulo

Gerenciamento Térmico  
Controle de segurança  
Configuração térmica/elétrica



## Sistema

Condição de operação do sistema  
Condições ambientais  
Estratégia de controle



$10^{-2}$

$10^0$

$10^1$

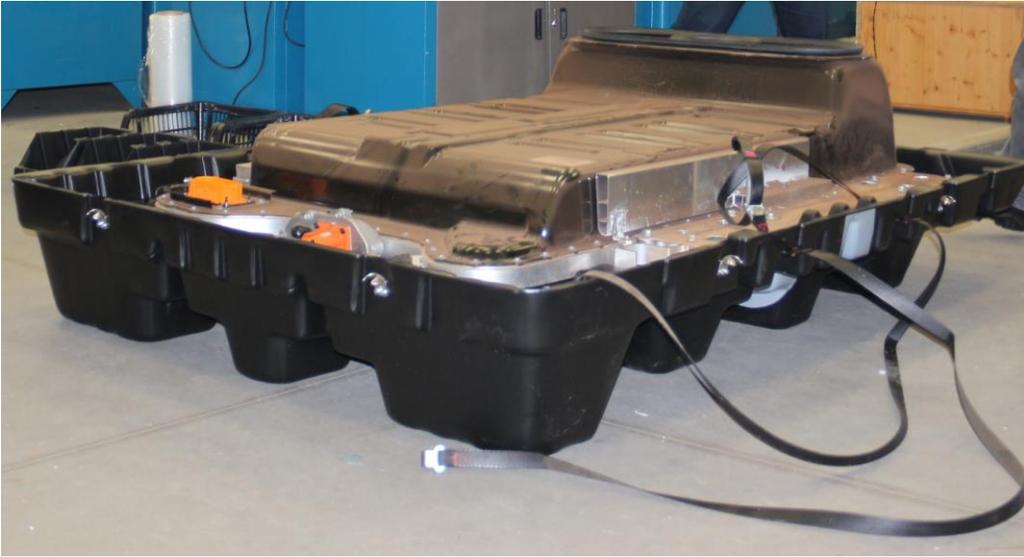
[m]

***B2U***

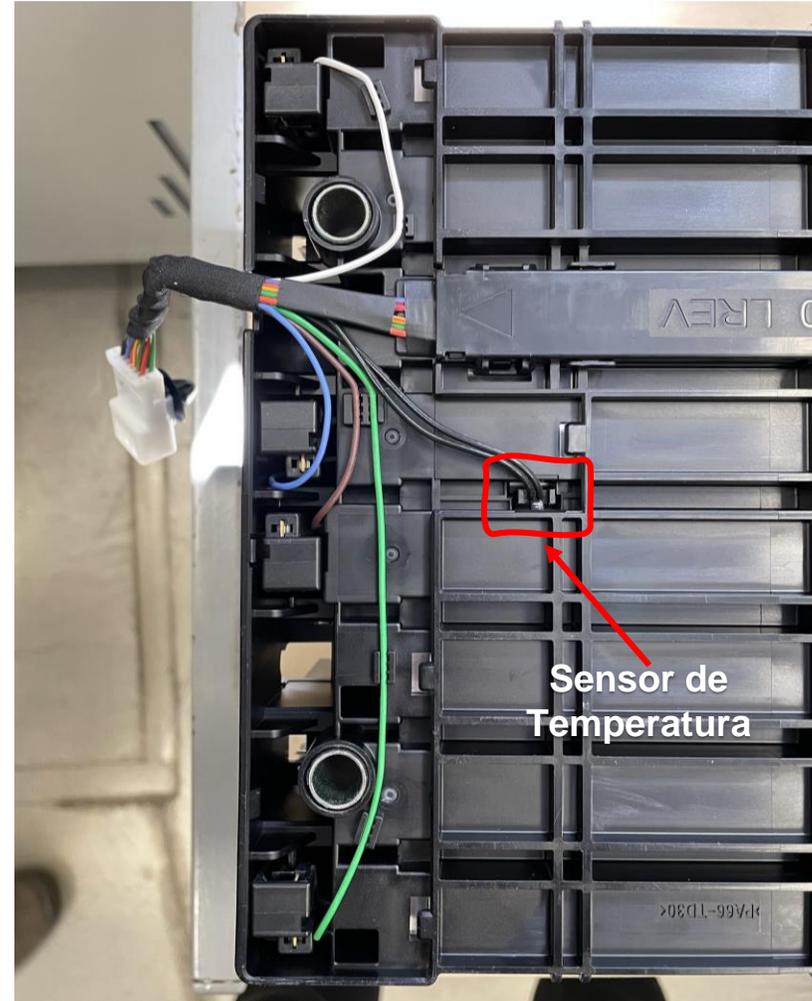
**BATERIAS DE SEGUNDO USO**

**Segunda vida de baterias**

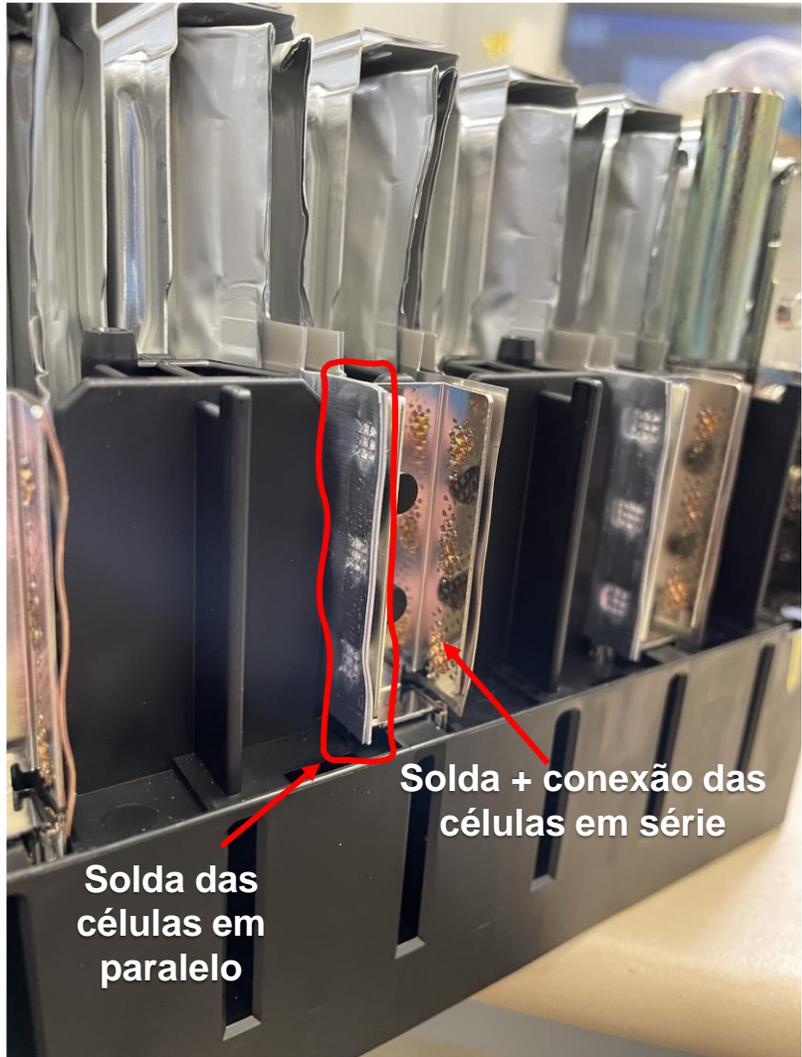
# Desmontagem da bateria do VE: Renault Zoe



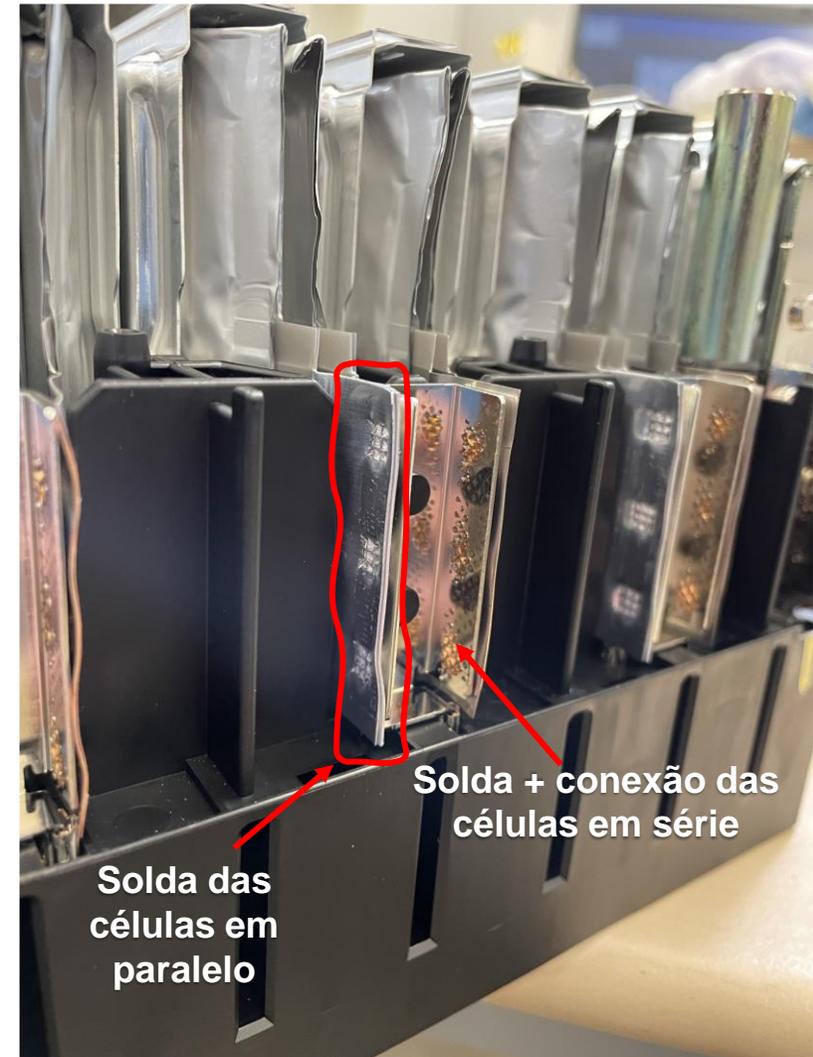
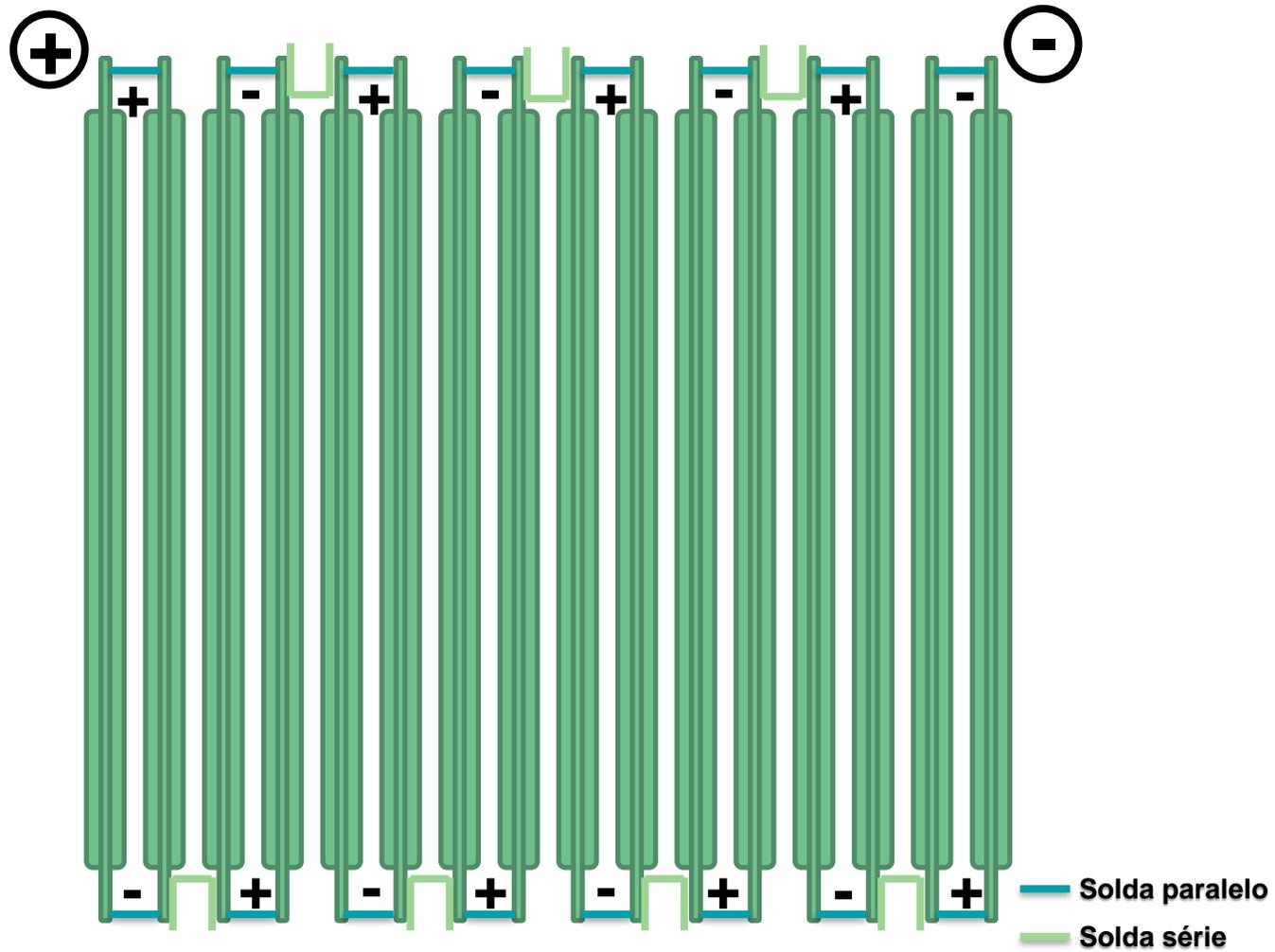
# Desmontagem da bateria do VE: Renault Zoe



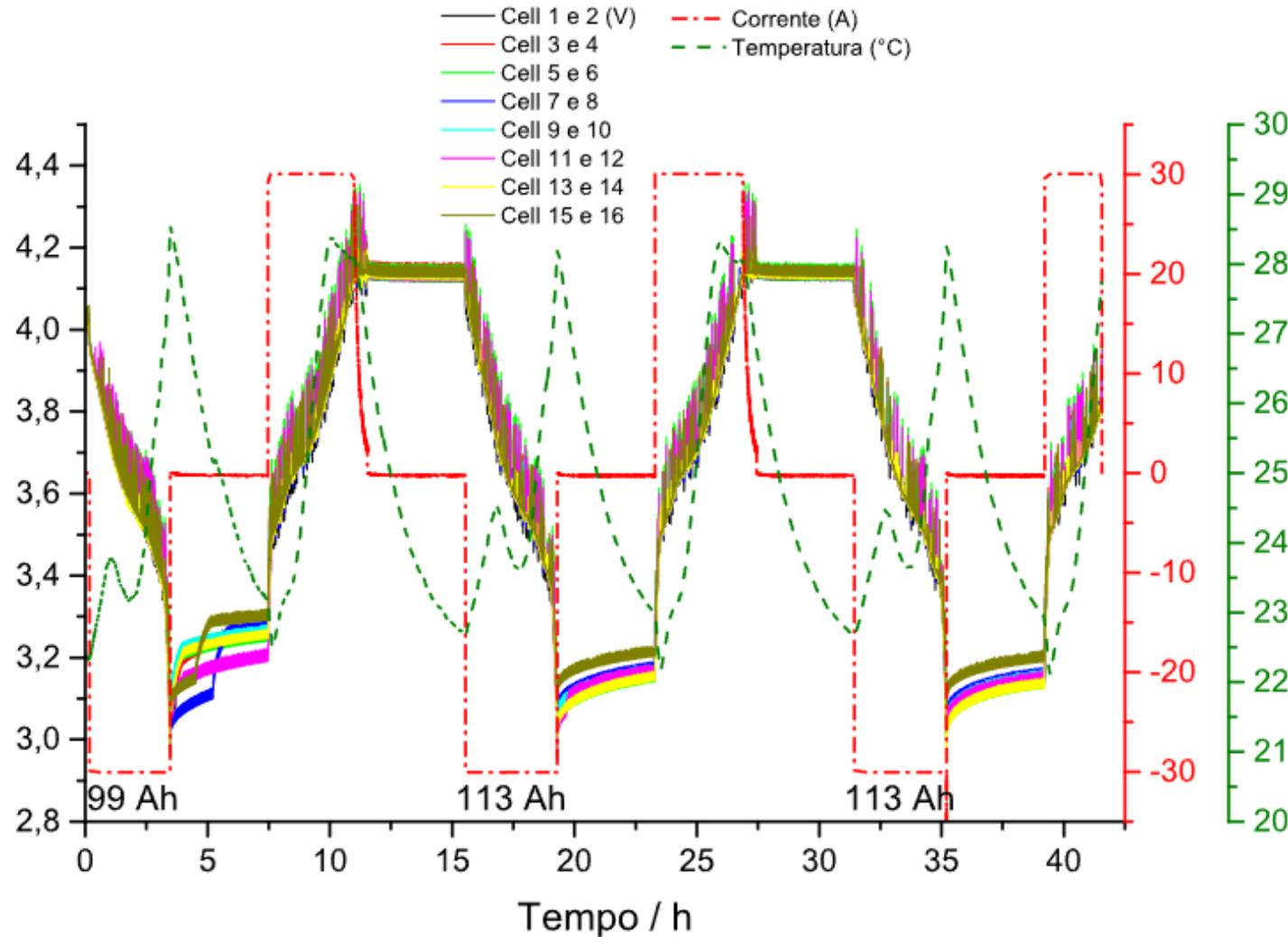
# Desmontagem da bateria do VE: Renault Zoe



# Organização das Células embarcadas no Módulo



# Resultados



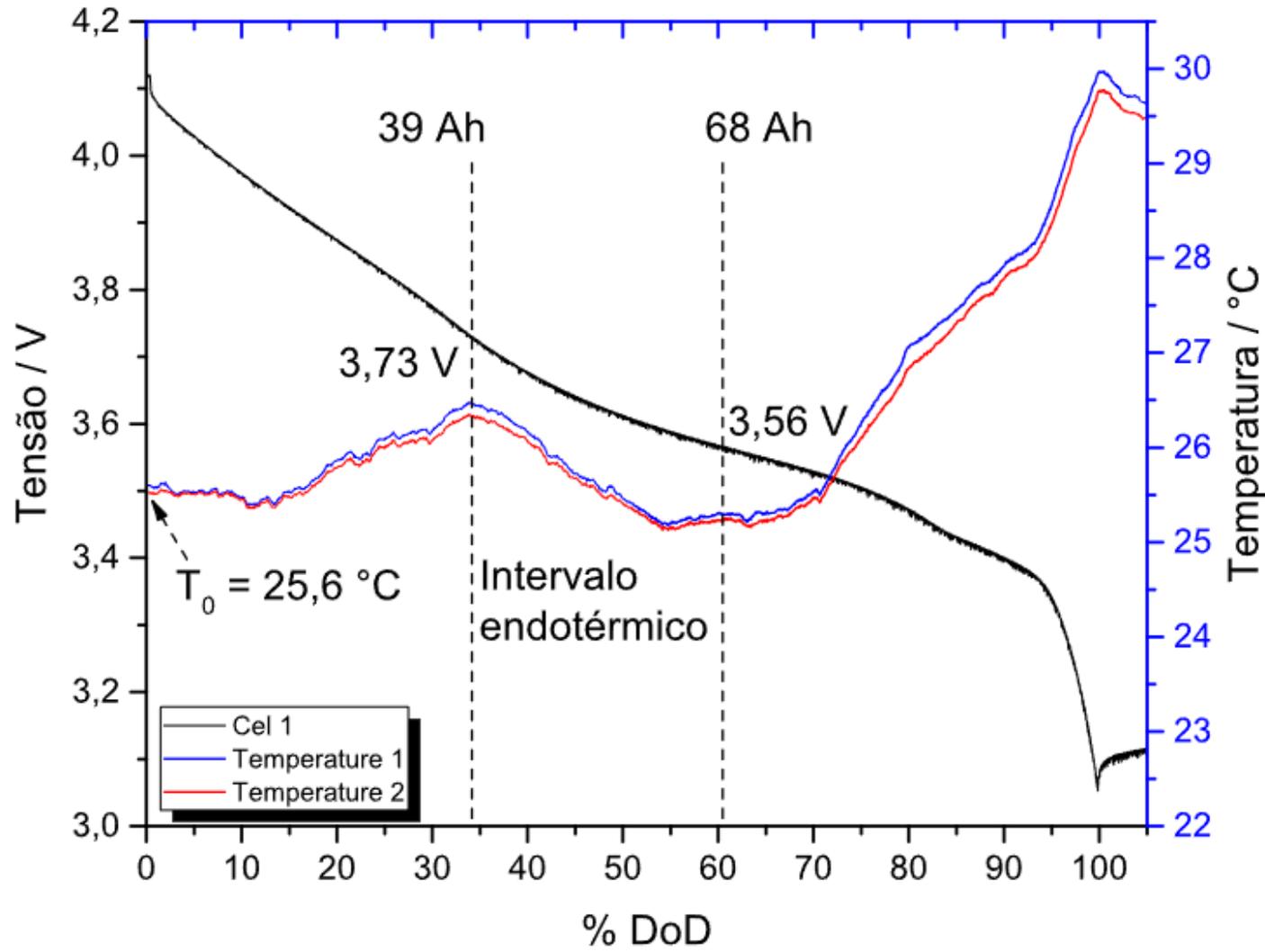
## Ciclagem da Capacidade Real:

- Tensão por Célula;
  - Corrente e Temperatura Vs. Tempo;
- São três descargas a 30 A e 24 V (3V/ Célula);

## Resultado:

- Observa-se que a segunda e a terceira descarga tem a mesma capacidade, de 113 Ah, podendo inferir que o sistema foi estabilizado;
- O módulo foi carregado até meia carga e armazenado.

# Resultados



## Perfil de Temperatura:

- Cargas e Descargas são do tipo exotérmicas;

## Resultado:

- Apesar do perfil usualmente exotérmico, existe uma região de descarga que apresenta um perfil endotérmico, entre 65% e 40% de SoC. Neste intervalo de SoC, o módulo apresenta sua maior eficiência.

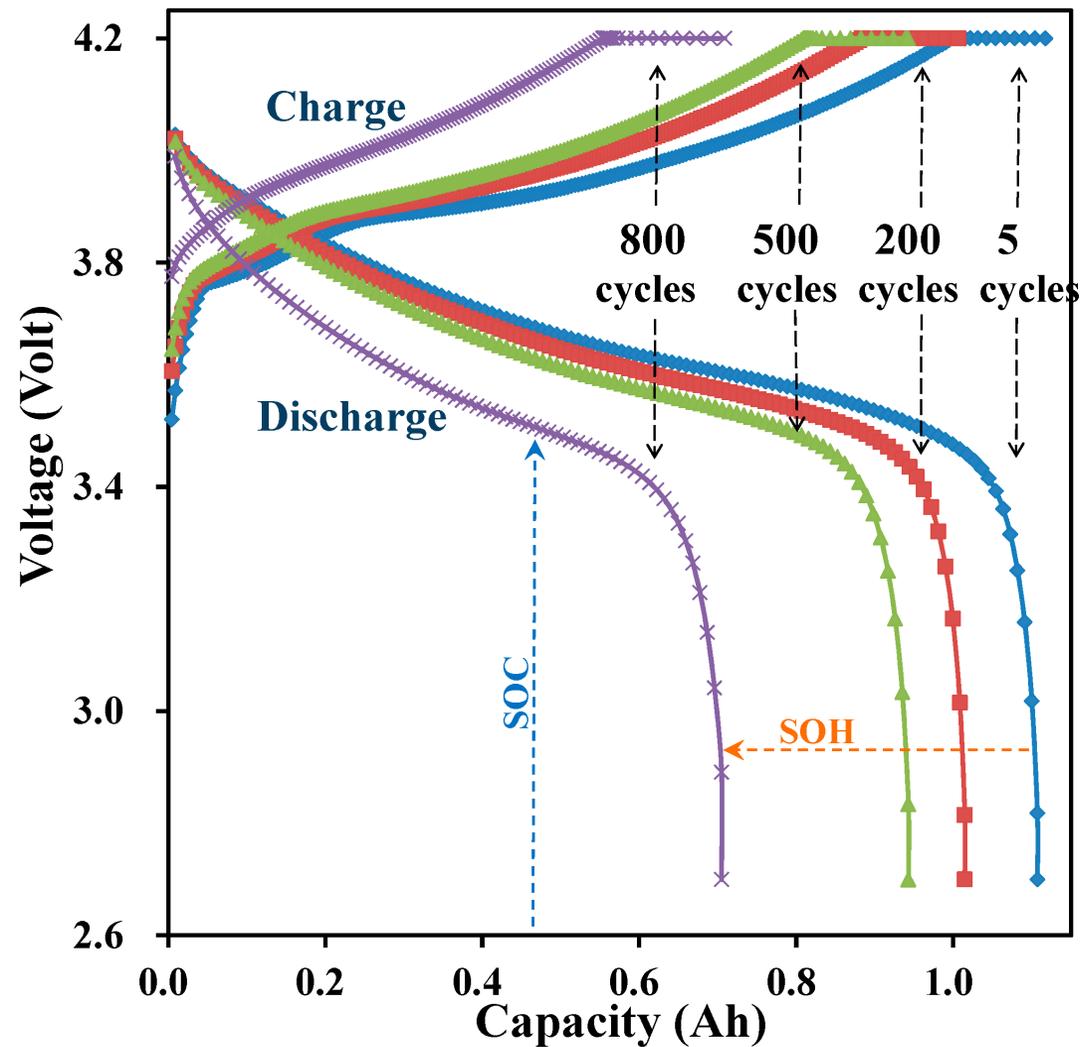
## ESTADO DE SAÚDE (SOH)

O SOH da bateria representa a relação entre o parâmetro real e o nominal do seu estado de saúde.

Modelo empírico.

Modelo físico.

Métodos baseados em dados.



## 2ª vida baterias de sódio

---

O SOH da bateria representa a relação entre o parâmetro real e o nominal do seu estado de saúde.

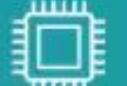
Modelo empírico.

Modelo físico.

Métodos baseados em dados.

# Células de Baterias de Sódio-Cloreto Metálico

Áreas de Expertise

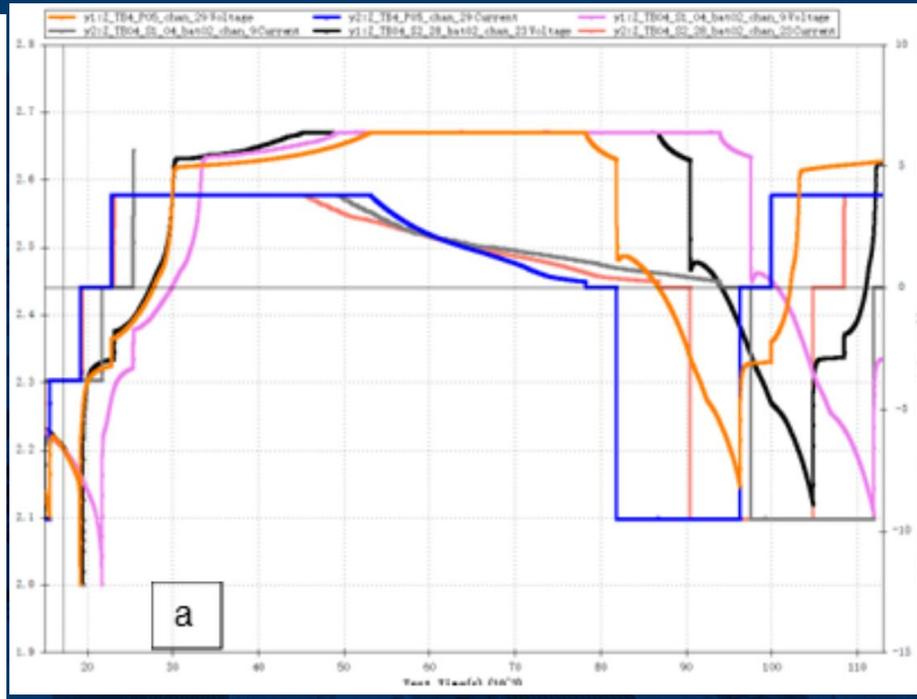
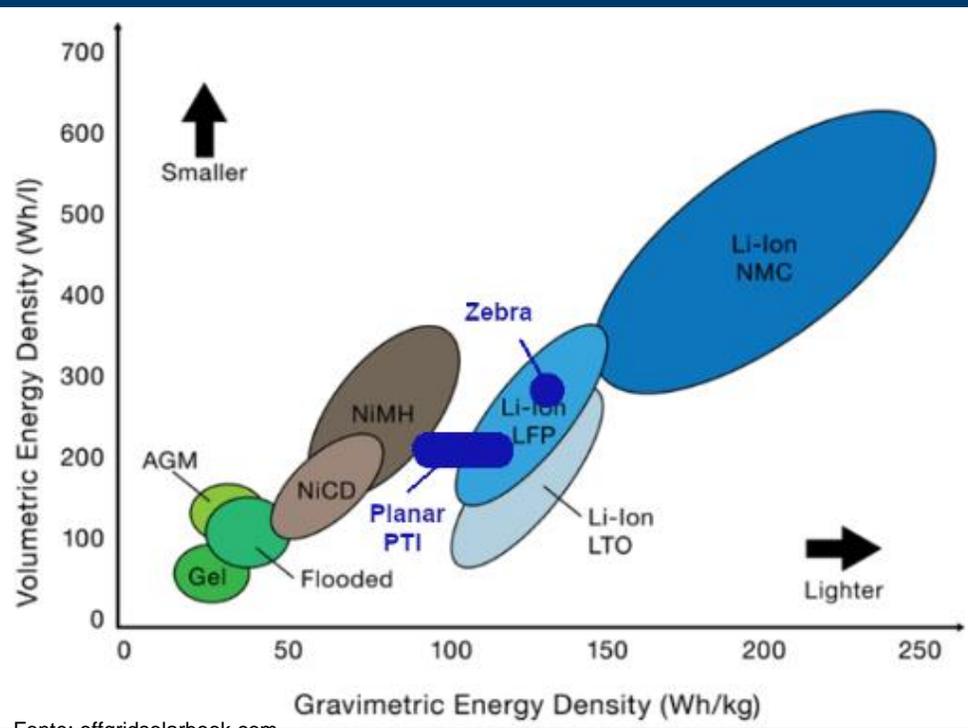
- Armazenamento de Energia Sustentável – Bateria de Sal 
- Gerenciamento e controle de células e baterias (BMS) 
- Econômica Circular: Baterias de Segunda Vida / Reciclagem 

Como produzir baterias de alta energia?  
O olhar e o fazer “da bateria pra dentro”

Qual a importância e a melhor forma de controlar essas fontes de energia?

O olhar e o fazer, HW e SW.

Baterias degradam, envelhecem, “viciam” e já não servem mais?  
O olhar e o fazer da sustentabilidade.



# Nossa História

## +10 anos de experiência

Produção de H<sub>2</sub>  
ITAIPU BINACIONAL

2011

2012

2014

2015

2016

2023

Integração de  
Tecnologias

Tecnologias de H<sub>2</sub>

Serviços  
Customizados

Estabelecendo conhecimento  
e expertises em O&M

Aplicação do Hidrogênio

Novos Desenvolvimentos



Planta de Geração



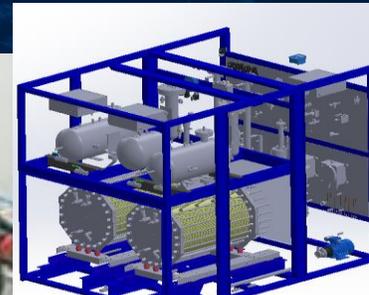
Armazenamento



Aplicação



H<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>  
Combustíveis



Modelagem



Protocolos

# Planta Tecnológica

## Espaço Físico



Demonstração Experimental



Pesquisa Aplicada





PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DE  
HIDROGÊNIO VERDE

**BIO-SYNCRUDE**



**CIGE**



**NUPHI**



**Gas2Power**



**H2-Salino**



**H2-Estratégico**



**H<sub>2</sub> como vetor  
na descarbonização**

# PARQUE TECNOLÓGICO ITAIPU

*Um legado para o futuro!*

Obrigado.

 [www.pti.org.br](http://www.pti.org.br)

     /PTIBrasil



# PTI

Parque Tecnológico  
Itaipu

