

# MODELAGEM TÉRMICA E IDENTIFICAÇÃO DE PARÂMETROS DE UMA BATERIA DE LÍCIO

Gustavo de Oliveira Silva<sup>1</sup>, Fabrizio Leonardi<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI

gu\_oliveira28@hotmail.com; fabrizio@fei.edu.br

**Resumo:** Este projeto visou modelar a dinâmica térmica de células de íons de lítio 18650 e validar o modelo com testes experimentais. Um túnel de vento foi construído para submeter as baterias a ciclos de descarga com escoamento controlado. Os resultados mostraram que, como esperado, o aumento da corrente de descarga elevou coerentemente a temperatura das células, enquanto uma maior velocidade do fluxo de ar reduziu a temperatura superficial. No entanto, houve discrepâncias entre os valores previstos e medidos na faixa de velocidades do ar entre 5,9 m/s e 6,9 m/s.

## 1. Introdução

Este trabalho teve como objetivo principal contribuir na caracterização de baterias de íons de lítio, com foco específico na célula 18650. A pesquisa aborda a modelagem térmica dessas células, destacando a importância dos mecanismos de transferência de calor e do balanço energético não apenas para a eficiência operacional, mas também para a segurança (Çengel, 2009).

Utilizando uma abordagem que uniu métodos experimentais e técnicas de simulação no software Matlab/Simulink, o estudo almejou modelar termicamente e identificar os parâmetros das células de íons de lítio 18650. Este processo considera variações na taxa de descarga e no fluxo de ar, com o propósito final de desenvolver um controlador eficiente para packs de baterias de lítio.

A execução deste projeto envolve diversas etapas críticas, sendo, o desenvolvimento do modelo propriamente dito, a concepção e implementação de uma bancada de testes, a realização de experimentos para coleta de dados, a identificação de parâmetros por meio da solução de problemas de otimização e a comparação dos dados esperados com os experimentais. A bancada de testes foi composta por uma carga dinâmica para simular ciclos de descarga, um túnel de vento para submeter as células a condições controladas de escoamento, uma ventoinha para realizar a convecção forçada do ar, além de fontes de alimentação, cabos, placas de aquisição de dados e sensores de temperatura (termistores).

O objetivo final foi fornecer um modelo preciso que descreva a dinâmica térmica da célula de íons de lítio 18650, visando aprimorar a eficiência, prolongar a vida útil e garantir a segurança na operação dessas baterias. Dessa forma, este estudo buscou contribuir para o avanço tecnológico e a inovação no campo das baterias de íons de lítio.

## 2. Metodologia

Inicialmente, foi realizada uma revisão abrangente da literatura relacionada ao uso das baterias no cotidiano,

princípio de funcionamento das baterias, características das baterias de íons de lítio e, principalmente, o comportamento e modelagem térmica dessas células em questão. Dentre as referências pesquisadas, adotou-se o artigo de Lamrani *et al.* (2021) como base para a metodologia proposta.

Em seguida, foi desenvolvido um modelo teórico próprio a partir de um balanço energético simples, considerando as condições específicas dos ensaios reais a serem aplicados nas células de bateria por meio de uma adaptação do modelo de Lamrani *et al.* (2021).

O modelo simplificado desenvolvido (Equação 1) foi implementado em simulações no software Matlab/Simulink. Essas simulações permitiram avaliar o comportamento térmico da bateria sob diferentes condições de descarga e fluxo de ar, fornecendo dados valiosos para a validação do modelo.

Posteriormente, foi projetada e montada uma bancada de testes (Figuras 1 e 2) para submeter as baterias de íons de lítio 18650 a ciclos de descarga enquanto expostas a um fluxo de ar controlado em um túnel de vento, com base na proposta de Hernandez *et al.* (2013). Essa etapa foi crucial para a coleta de dados experimentais que foram essenciais para a validação do modelo teórico desenvolvido.

Os dados experimentais coletados foram utilizados para identificar parâmetros do modelo térmico e compará-los com os resultados das simulações no Matlab/Simulink (Figura 3). Essa análise permitiu ajustar o modelo teórico para representar de forma mais fidedigna o comportamento real das baterias.

$$\frac{dT_s(t)}{dt} = \frac{I^2(t) \cdot R - h \cdot A_s \cdot (T_s(t) - T_{amb})}{m \cdot c} \quad (1)$$

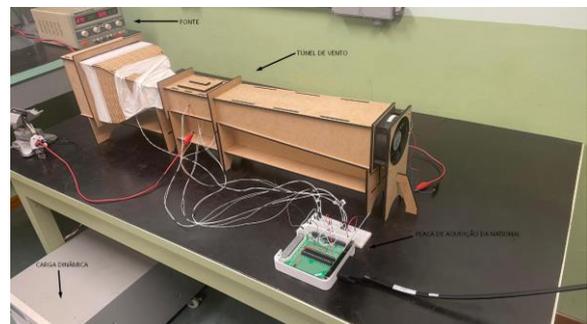


Figura 1 – Bancada de testes.

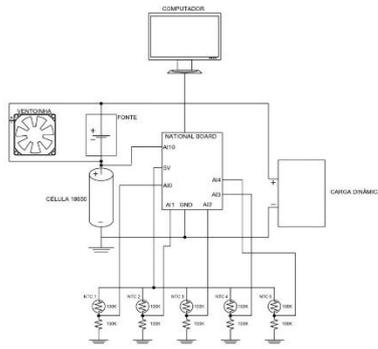


Figura 2 – Diagrama elétrico da bancada de testes.

### 3. Resultados

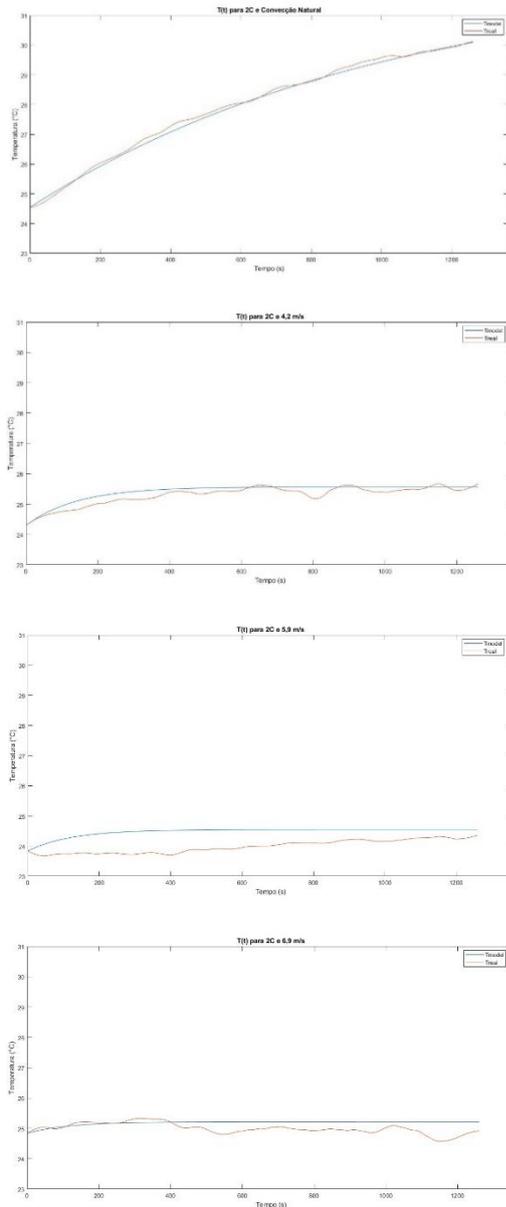


Figura 3 – Resposta da temperatura em função do tempo para dadas condições de descarga.

As curvas apresentadas em laranja foram os resultados obtidos experimentalmente, por sua vez, as curvas em azul são os resultados obtidos através do modelo. Os resultados apresentados consistem em uma

taxa de descarga de 2C e a variação do escoamento, seguindo, convecção natural (ventoinha desligada), 4,2 m/s, 5,9 m/s e 6,9 m/s. A Tabela I resume o desempenho obtido.

Tabela I – Erro máximo e médio cometido pelo modelo.

Teste	Erro Máx.	Erro Méd.
Convecção Natural	1,10%	0,36%
4,2 m/s	2,33%	0,96%
5,9 m/s	3,80%	2,00%
6,9 m/s	4,12%	1,08%

### 4. Conclusões

Os dados reais levantados no estudo mostram uma variação significativa na precisão do modelo térmico, especialmente na faixa de velocidades entre 5,9 m/s e 6,9 m/s. Observamos que, nesta faixa, houve um maior número de discrepâncias entre os valores esperados e os valores reais medidos. Esta discrepância pode ser atribuída a vários fatores, como turbulência do fluxo de ar, geometria do túnel de vento, resistência ao movimento do ar, variações de temperatura e possíveis problemas mecânicos na ventoinha.

Os experimentos indicaram que, em velocidades fora desta faixa crítica, a concordância entre os dados reais e o modelo foi significativamente melhor, sugerindo que a faixa de 5,9 m/s a 6,9 m/s representa uma condição de transição ou instabilidade para o sistema de resfriamento. Esta informação é crucial para ajustar o modelo e melhorar a precisão da gestão térmica.

Apesar dessas limitações, a curva do modelo prevê uma dinâmica coerente com o comportamento real observado.

### 5. Referências

- [1] Lamrani, B., Lebrouhi, B., Khattari, Y., & Kousksou, T. (2021). A simplified thermal model for a lithium-ion battery pack with phase change material thermal management system. *Journal of Energy Storage*, 1–11.
- [2] Çengel, Y. A. (2009). *Transferência de calor e massa* (3rd ed.). 2-39.
- [3] Gonzalez Hernandez, M. A., Moreno Lopez, A. I., A., A., Perales, J. M., Wu, Y., & Xiaoxiao, S. (2013). Design Methodology for a Quick and Low-Cost Wind Tunnel. In *Wind Tunnel Designs and Their Diverse Engineering Applications*. InTech.

### Agradecimentos

À instituição Centro Universitário FEI pela disponibilização dos recursos necessários para análise, simulação e validação experimental do modelo térmico proposto.

<sup>1</sup> Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto PBIC069/23 com vigência de 06/2023 a 05/2024.