

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**CRISTIELLEN HEUKO DA SILVA**

**ESTIMATIVA DO ESTADO DE CARGA DE BATERIAS UTILIZANDO REDES  
NEURAIS ARTIFICIAIS**

**PONTA GROSSA**

**2025**

**CRISTIELLEN HEUKO DA SILVA**

**ESTIMATIVA DO ESTADO DE CARGA DE BATERIAS UTILIZANDO REDES  
NEURAS ARTIFICIAIS**

**State-of-Charge Estimation of Batteries Using Artificial Neural Networks**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Elétrica, da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR).

Orientador: Prof. Dr.Hugo Valadares Siqueira.

**Ponta Grossa**

**2025**

versão 11.0 (abr.25)

**CRISTIELLEN HEUKO DA SILVA**

**ESTIMATIVA DO ESTADO DE CARGA DE BATERIAS UTILIZANDO REDES  
NEURAS ARTIFICIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso de  
Graduação apresentado como requisito  
para obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Elétrica, da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 13/junho/2025

---

Hugo Valadares Siqueira  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Marcella Scoczynski Ribeiro Martins  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Rafael Felipe Van Kan  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**Ponta Grossa**

**2025**

versão 11.0 (abr.25)

## RESUMO

SILVA, Cristiellen Heuko da. Estimativa do Estado de Carga de baterias utilizando Redes Neurais Artificiais. 2025. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2025.

Com a crescente demanda por veículos elétricos, tornou-se necessário o desenvolvimento de sistemas inteligentes capazes de monitorar com precisão a funcionalidade e a longevidade das baterias, que representam um dos principais componentes desses automóveis — tanto do ponto de vista técnico quanto econômico. O gerenciamento adequado do Estado de Carga (State of Charge – SOC) é essencial para garantir o desempenho, a segurança e a vida útil das baterias. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo estimar o SOC de baterias do Renault Kangoo, um veículo elétrico com cerca de 10 anos de uso, utilizando técnicas de aprendizado de máquina. Foram implementadas e avaliadas três arquiteturas distintas de Redes Neurais Artificiais (RNAs): o Perceptron de Múltiplas Camadas (MLP), a Memória de Longo-Curto Prazo (LSTM) e a Máquina de Aprendizado Extremo (ELM). O processo envolveu a coleta, pré-processamento e análise de dados reais de operação do veículo, com o intuito de treinar e validar os modelos propostos. Os melhores desempenhos foram obtidos pelas redes ELM e LSTM, com erros quadráticos médios de 0.000023 e 0.000048, respectivamente, demonstrando elevada acurácia na predição do SOC. Os resultados reforçam o potencial das RNAs no monitoramento inteligente de baterias em aplicações veiculares.

Palavras-chave: veículos elétricos; redes neurais artificiais; estado de carga; baterias.

( ) Não autorizo a disponibilização de endereço de correio eletrônico para contato.

(X) Autorizo a disponibilização do seguinte correio eletrônico para contato:

[cristiellensilva@alunos.utfpr.edu.br](mailto:cristiellensilva@alunos.utfpr.edu.br)

## ABSTRACT

SILVA, Cristiellen Heuko da. State-of-Charge Estimation of Batteries Using Artificial Neural Networks. 2025. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2025. Título original: Estimativa do Estado de Carga de baterias utilizando Redes Neurais Artificiais.

With the growing demand for electric vehicles, the development of intelligent systems capable of accurately monitoring the functionality and longevity of batteries has become essential, as they are among the most critical and costly components of these automobiles. Proper management of the State of Charge (SOC) is crucial to ensure battery performance, safety, and lifespan. In this context, the present work aims to estimate the SOC of batteries from the Renault Kangoo, an electric vehicle with approximately 10 years of use, using machine learning techniques. Three distinct Artificial Neural Network (ANN) architectures were implemented and evaluated: the Multilayer Perceptron (MLP), the Long Short-Term Memory network (LSTM), and the Extreme Learning Machine (ELM). The methodology involved collecting, preprocessing, and analyzing real-world operational data from the vehicle to train and validate the proposed models. The best performance was achieved by the ELM and LSTM networks, with mean squared errors of 0.000023 and 0.000048, respectively, demonstrating high accuracy in SOC prediction. The results highlight the potential of neural networks for intelligent battery monitoring in vehicular applications.

Keywords: electric vehicles; artificial neural networks; state of charge; batteries.