INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE RONDÔNIA *CAMPUS* PORTO VELHO CALAMA
ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

ALEX HENRIQUE GOMES DE SOUZA
CARLOS EDUARDO SANTOS SOUZA
WELLITON DA SILVA BELEM

MÓDULO DIDÁTICO PARA ESTIMATIVA DE ESTADO DE CARGA PARA BATERIAS DE LÍTIO-ÍON UTILIZANDO FILTRO DE KALMAN ESTENDIDO

PORTO VELHO
2025

ALEX HENRIQUE GOMES DE SOUZA
CARLOS EDUARDO SANTOS SOUZA
WELLITON DA SILVA BELEM

MÓDULO DIDÁTICO PARA ESTIMATIVA DE ESTADO DE CARGA PARA BATERIAS DE LÍTIO-ÍON UTILIZANDO FILTRO DE KALMAN ESTENDIDO

Artigo entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* Porto Velho Calama, como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel, junto ao Curso Engenharia de Controle e Automação, sob a orientação do professor Me. Kariston Alves Dias.

PORTO VELHO
2025

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

Belém, Welliton da Silva.
Módulo didático para estimativa de estado de carga para baterias de lítio-íon utilizando filtro de Kalman estendido / Welliton da Silva Belém. - Porto Velho, 2025.
20 f. : il.

Orientador(a): Prof. Dr. Kariston Dias Alves.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Porto Velho, 2025.

ISBN 1678-0817

1. Bateria. 2. BMS. 3. Carga. 4. Ferramenta didática. 5. Kalman. I. Alves, Kariston Dias (orient.). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. III. Título.

Bibliotecário(a) Responsável: Miria Santana Veiga, CRB-11/898

ALEX HENRIQUE GOMES DE SOUZA
CARLOS EDUARDO SANTOS SOUZA
WELLITON DA SILVA BELEM

MÓDULO DIDÁTICO PARA ESTIMATIVA DE ESTADO DE CARGA PARA BATERIAS DE LÍTIO-ÍON UTILIZANDO FILTRO DE KALMAN ESTENDIDO

Artigo entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* Porto Velho Calama, como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel, junto ao Curso Engenharia de Controle e Automação, sob a orientação do professor Me. Kariston Alves Dias.

Aprovado em: 17/11/2025 pela banca examinadora.

gov.br Documento assinado digitalmente
EDUARDO ARAUJO DE SOUSA
Data: 25/11/2025 16:05:34-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Coordenador: Eduardo Araujo de Souza

gov.br Documento assinado digitalmente
JOSE DIOGO FORTE DE OLIVEIRA LUNA
Data: 25/11/2025 12:49:37-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Coorientador: Me. José Diogo Forte de Oliveira Luna

gov.br Documento assinado digitalmente
KARISTON DIAS ALVES
Data: 25/11/2025 12:38:21-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Orientador: Me. Kariston Dias Alves

ISSN 1678-0817 Qualis B2

MÓDULO DIDÁTICO PARA ESTIMATIVA DE ESTADO DE CARGA PARA BATERIAS DE LÍTIO-ÍON UTILIZANDO FILTRO DE KALMAN ESTENDIDO

Engenharias, Volume 29 - Edição 152/NOV 2025 / 07/11/2025

DIDACTIC MODULE FOR THE ESTIMATION OF THE STATE OF CHARGE OF LITHIUM-ION BATTERIES USING AN EXTENDED KALMAN FILTER

REGISTRO DOI: 10.69849/revistaft/ra10202511071506

Welliton da Silva Belem[1]
Carlos Eduardo Santos Souza[2]
Alex Henrique Gomes de Souza[3]
Kariston Dias Alves[4]
José Diogo Forte de Oliveira Luna[5]

Resumo

A fabricação de baterias de lítio está em uma crescente devido ao aumento da demanda por carros elétricos, com isso é importante que o estudante de Engenharia de Controle e Automação entenda como é o processo das funcionalidades do Sistema de Gerenciamento de Baterias (BMS). Devido à alta complexidade em obter os parâmetros não mensuráveis da bateria, implementa-se o filtro de Kalman estendido, que usa as matrizes Jacobianas com aproximação de Taylor para obter as

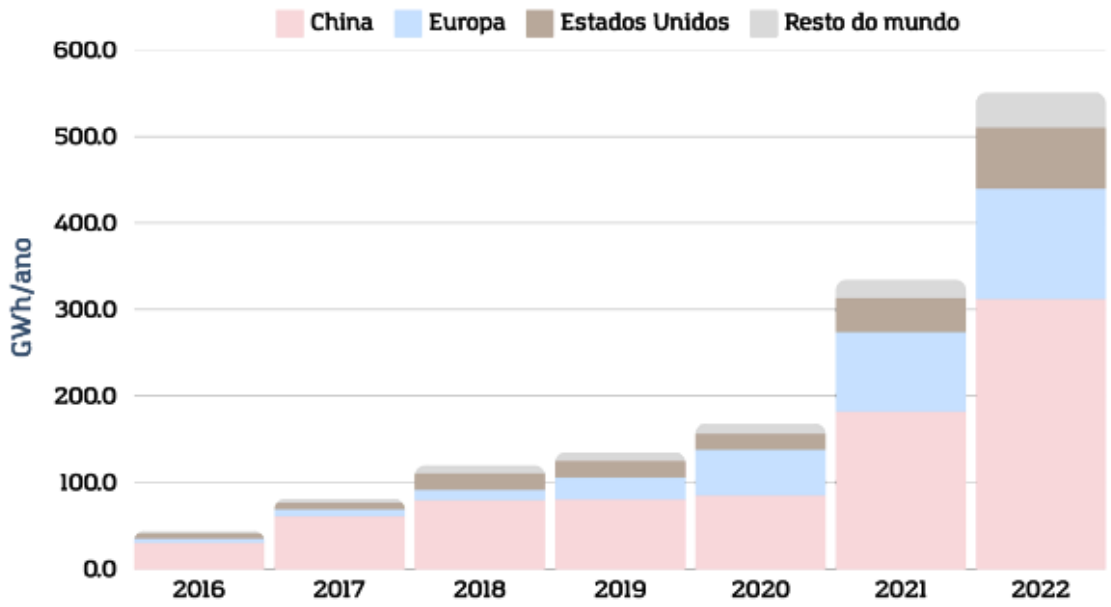
funções não lineares do sistema. Desta forma, é importante os conhecimentos sobre o BMS, tanto teórico quanto prático. Nesse sentido, este artigo apresenta uma proposta de módulo didático para obter a estimação de Estado de Carga com a utilização do filtro de Kalman estendido para que os estudantes tenham a devida capacitação para atuar nos novos conceitos da área. Para a aplicação como ferramenta didática, separou-se em quatro níveis de conhecimento: eletrônica, programação, discretização de sistemas e filtro de Kalman. O módulo apresenta um design simples com identificação dos bornes de entradas da bateria, corrente, tensão e carga que são utilizados junto de um microcontrolador para aquisição dos dados utilizados na estimativa da carga da bateria. Os gráficos apresentam aproximação com os estudos apresentados neste trabalho, portanto, o uso como ferramenta didática é viável e replicável.

Palavras-chave: Bateria; BMS; Carga; Ferramenta didática; Kalman.

1 INTRODUÇÃO

As consequências negativas das emissões tóxicas dos motores de combustão interna, segurança energética, mudanças climáticas e custos de energia levaram a uma demanda crescente por fontes de energia limpa na indústria automotiva (Albatayneh et al., 2023). Conforme estudo da Figura 1, estimou-se que a demanda por baterias de lítio aumentou no mundo todo, em torno de 400 GWh/ano no período de 2016 a 2022, devido a queda nos custos, avanço tecnológico e incentivos governamentais (Diamond, 2009).

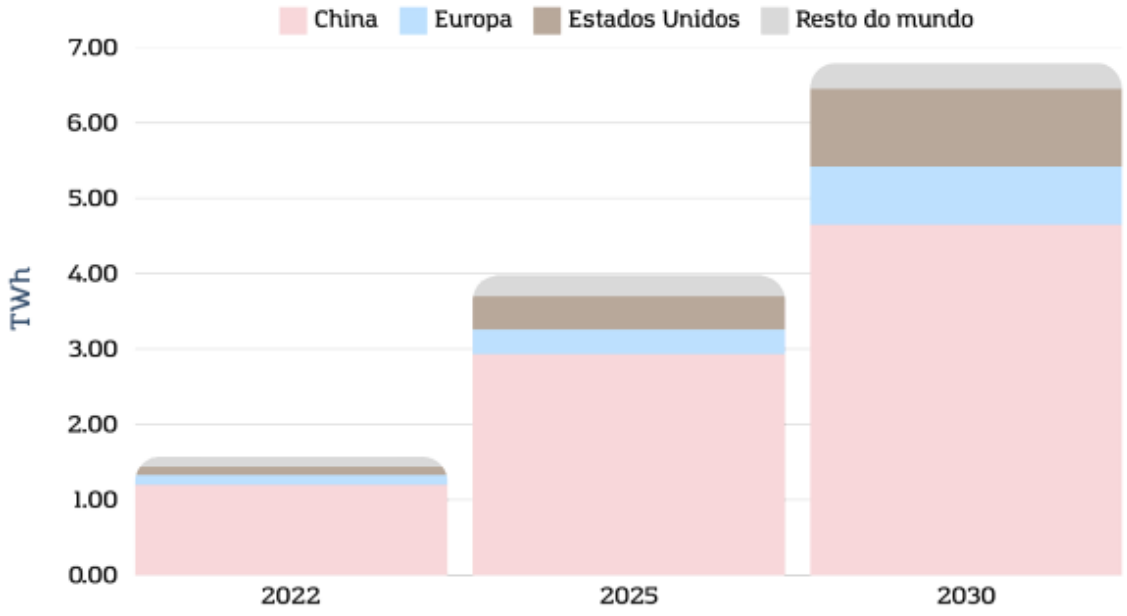
Figura 1 – Demanda de baterias de íons de lítio, por região, em GWh por ano



Fonte: https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/battery-demand-by-region-2016-202

Ao que tudo indica, segundo a agência internacional de energia (International Energy Agency – IEA) a demanda por baterias tende a aumentar com o passar dos anos, chegando a níveis de Terawatts hora (TWh) de energia armazenada em bateria até 2030 (Figura 2).

Figura 2 – Capacidade de fabricação de baterias de íons de lítio de 2022 até 2030



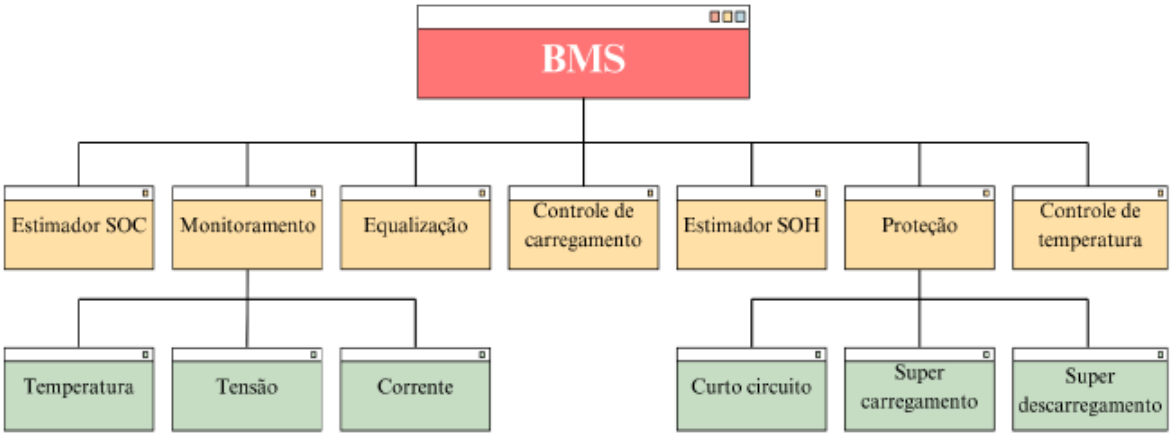
Fonte: https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/lithium-ion-battery-manufacturing-capacity-202 2-2030

Tendo em vista essa demanda crescente é inegável a importância de se trabalhar os conceitos teóricos e aplicações do sistema de estimação de estado de carga para gerar novos profissionais capacitados para lidar com situações em cenário produtivo. Levando em consideração o que diz sobre a qualificação do profissional:

> *Um currículo de um curso não pode ser definido somente por meio de disciplinas que possuem ementas e pré-requisitos, mas sim definido como uma série de conteúdos programáticos que possuem uma estrita relação ao longo do curso e propiciem, a cada assunto abordado, uma extensão dos assuntos anteriores, transformando esse currículo, não em uma "colcha de retalhos" de conhecimentos, mas sim em uma "teia" de conhecimentos interdependentes (Simoes; Siple; Figueiredo, 2014).*

Dessa forma, é necessário possibilitar uma formação profissional com maior qualificação. O artigo propõe um módulo didático para sistemas de gerenciamento de bateria, exclusivamente focado em adquirir o estado de carga da bateria. O uso de um sistema de gerenciamento (Battery Management System – BMS), onde diferentes sensores, controladores e algoritmos, monitoram, ajustam, protegem e detectam os parâmetros da bateria, estimando seus estados operativos, reportando dados para outros sistemas, realizando o balanceamento das células, assegurando que a bateria ofereça tensão e corrente adequadas aos equipamentos nele conectados (Dang et al., (2022); Motta, (2022); Gao et al., (2022); Yang et al., (2022)) (Figura 3).

Figura 3 – Visão geral do sistema de gerenciamento de bateria e suas principais funcionalidades



Fonte: Adaptado de RAHIMI-EICHI et al., (2013).

O BMS monitora constantemente o SOC da bateria tomando medidas para garantir que ela seja usada de maneira segura e eficiente, evitando sobrecarga, ajudando a prolongar sua vida útil e garantindo um desempenho confiável em aplicações desejáveis (Anwar et al., (2018); Hao et al., (2018); Iurilli et al., (2019); Rosolem et al., (2020); Arsri et al., (2020); Wang et al., (2021)). O desenvolvimento desse sistema envolve uma metodologia complexa (Anwar et al., 2018), que permite a criação de um filtro de Kalman.

O filtro de Kalman é um dos métodos mais utilizados para estimação de dados em geral, devido a sua precisão e capacidade de implementação em microprocessadores embarcados, o filtro se comporta por uma série de equações que geram a estimação do estado não mensuráveis de um sistema (He et al., (2020); Wang et al., (2021)). Como o circuito da bateria apresenta altas características de não linearidade durante os processos de reação, somente o filtro de Kalman não será o suficiente.

Portanto, nesse artigo, para abranger o sistema não linear da bateria de lítio-íon, será utilizado o filtro de Kalman estendido. Como ele utiliza a expansão de Taylor e as matrizes Jacobianas para obter funções não lineares do sistema, o erro da estimativa inicial da bateria diminui

significativamente e obtém uma melhor autocorreção de valores, além de eliminar os erros causados pelos sensores de medição.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA OU REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Módulo Didático

Dos Santos (2024) relata que aprendizagem experiencial e a participação concreta são alavancadas com as metodologias ativas, fundamentais para internalização do conhecimento. Além disso, essas metodologias alinham-se com as demandas contemporâneas por uma educação que prepara os estudantes para desafios ambientais e tecnológico

Assim, segundo Rafaela Samagaia e Luiz O. Q. Peduzzi (2004), a aplicação do módulo didático, permite engajamento dos alunos nas execuções, exposições das atividades e criar situações em que o conhecimento é a chave para a solução de problemas, estimula a trabalhar autonomamente com a transformação desse conhecimento em argumentos convincentes no jogo da vida, deixando-os livres para ter predileção quanto ao pontos mais importantes e fazer com que busquem a informação úteis e relevantes.

Werlang *et al* (2008) dessa forma diz, que o material didático costuma ser dividido em módulos, geralmente com temas relevantes para o assunto da disciplina. Comumente no primeiro momento, é apresentado a problemática ligadas às vivências do aluno no curso. No segundo instante, é realizada uma promoção a organização do conhecimento científico. Até que se tenha base para aplicar esse conhecimento.

2.2. Filtro de Kalman

Grady (2019) relata que o BMS garante que as células de lítio sejam operadas dentro de limites seguros para evitar danos celulares, degradação prematura e perda de capacidade e incêndios ou explosões potencialmente perigosas. Além disso, o BMS serve como interface entre

o usuário e o estado das células, comunicando a carga restante da célula e sua saúde. O estado de carga de uma bateria não pode ser medido diretamente, ele é estimado usando variáveis de estado de características relacionadas, ou seja, a tensão de circuito aberto da bateria e a corrente que sai ou entra na célula. No entanto, nenhum desses métodos é suficiente por si só. Nessa situação, o filtro de Kalman atua.

He, Yang e Cui. (2020) definem o filtro de Kalman é um algoritmo que estima os estados internos de um sistema dinâmico e possui ampla aplicação em diversos campos. Para reduzir o impacto das imprecisões do modelo e dos erros de medição de corrente, obtendo resultados precisos e boa robustez.

3 METODOLOGIA

A metodologia deste projeto baseia-se na construção de um módulo para carregamento de baterias utilizando filtro de Kalman, onde monitora o estado de carga da bateria, tal como observar sua corrente, tensão e porcentagem de carga. As especificações necessárias à construção da PCB, programação via Arduino IDE, montagem dos circuitos elétricos, ensaios via Matlab, amostragem dos dados em um display OLED e aplicação do filtro de Kalman estendido no módulo IP 2312. Para alcançar as propostas citadas nesse artigo foram realizadas pesquisas bibliográficas em artigos científicos com relação ao tema apresentado. As bases de dados eletrônicas como IEEE Xplore e Scopus foram consultadas.

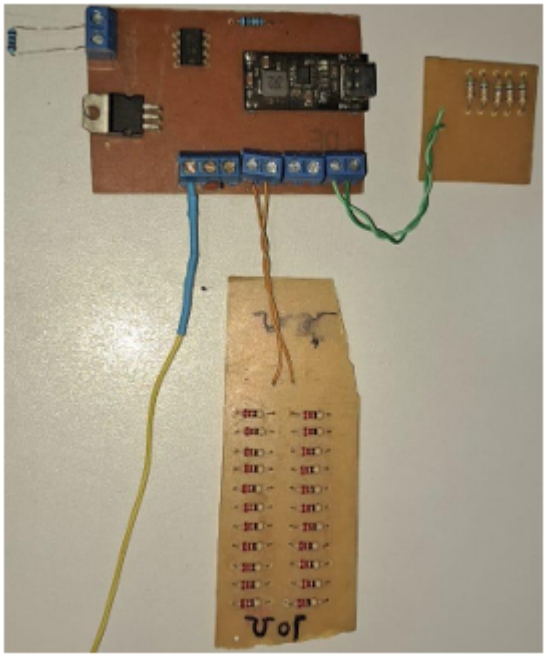
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES OU ANÁLISE DOS DADOS

4.1. Projeto final com sensor de tensão e corrente com shunt

Com o objetivo de aplicar o filtro de Kalman estendido, na Figura 13 observa-se que foi desenvolvida uma placa de circuito impresso (printed circuit board – PCB) onde são realizados todos os testes para a obtenção dos parâmetros internos da bateria e para a aplicação do EKF. A PCB conta com carregador de bateria IP 2312, amplificador não-inversor,

resistores para simular carga sobre a bateria, transistor e capacitor para a filtragem dos dados.

Figura 13 – ligação do sensor de tensão, corrente e *shunt* nos bornes de entradas da placa do carregador

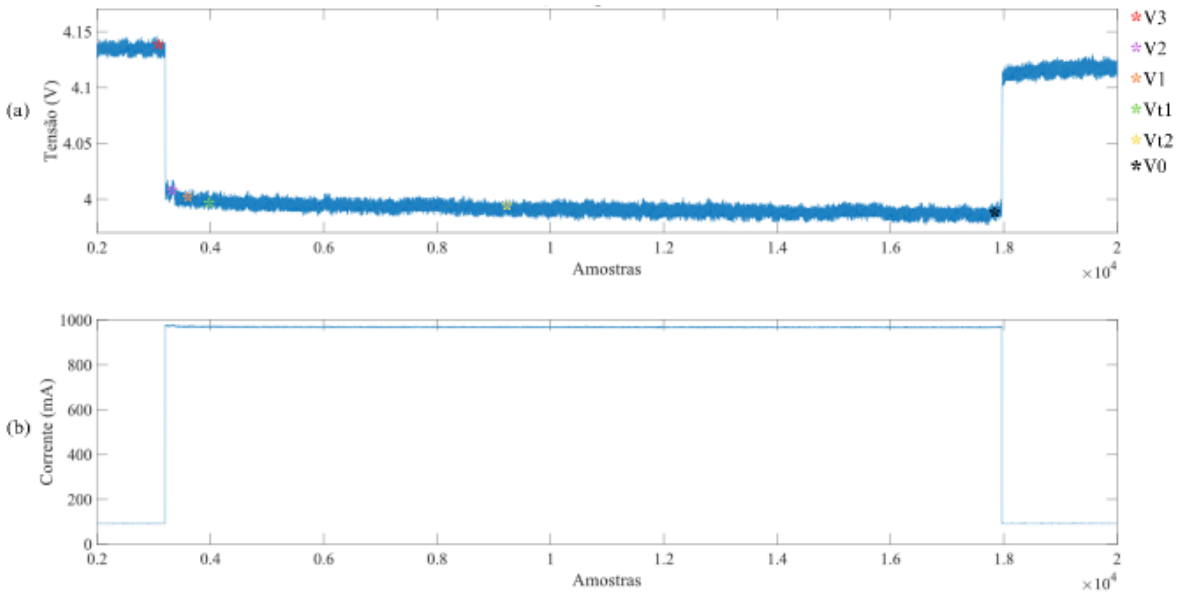


Fonte: Autor

4.2. Parâmetros internos da bateria de lítio-íon

Por fim foram executados os ensaios em conjunto com o *Matlab/Simulink* e o sistema real utilizando *lookup table* para obtenção das curvas características dos componentes internos da bateria descrito pelo modelo equivalente RC de primeira ordem em relação ao SOC. Os gráficos podem ser observados na Figura 15. Na Tabela 2 podem ser observados os valores para os parâmetros encontrados. Todos os testes foram feitos para uma temperatura de aproximadamente 20 ºC.

Figura 14 – Gráfico do ensaio para obtenção dos parâmetros internos da bateria



Fonte: Autor

Observando a Figura 14a tem-se $V_2 = 4,015$, com esse resultado pode-se calcular a resistência R_b através da equação 15

$$R_b = \frac{V_3 - V_2}{I_{dis}} \quad (15)$$

Para a primeira e segunda ramificação tem-se os seguintes valores de tensão $V_1 = 4,00599\,V$ e $V_0 = 3,986\,V$, lembrando que os valores de V_1 e V_2 não podem estar muito distantes, sendo assim calcula-se R_{P1} e R_{P2} através das equações 16 e 17, respectivamente

$$R_{P1} = \frac{V_2 - V_1}{I_{dis}} \quad (16)$$

$$R_{P2} = \frac{V_1 - V_0}{I_{dis}} \quad (17)$$

Encontrados os valores das ramificações, é necessário encontrar, através das equações 18 e 19, os valores das constantes de tempo para cada uma delas

$$\tau_1 = t\left(V_2 - \left(V_2 - V_1\right)\cdot 0,632\right) - t(V_2) \quad (18)$$

$$\tau_2 = t\left(V_1 - \left(V_1 - V_0\right)\cdot 0,632\right) - t(V_1) \quad (19)$$

Com as resistências e constantes de tempo das ramificações, pode-se calcular suas capacitâncias, com as equações 20 e 21

$$C_{P1} = \frac{\tau_1}{R_{P1}} \quad (20)$$

$$C_{P2} = \frac{\tau_2}{R_{P2}} \quad (21)$$

Para uma melhor avaliação dos resultados, na Tabela 1 têm-se os resultados que foram estudados por outro autor (Gonschorowski, 2022).

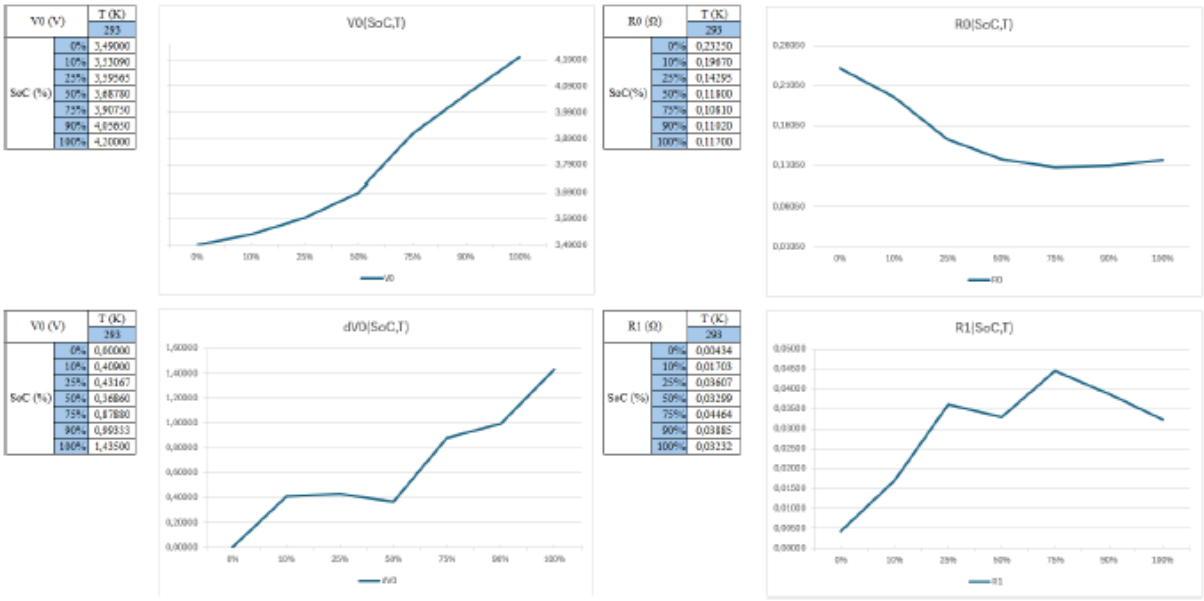
Tabela 1 – Comparação dos parâmetros internos obtidos com os parâmetros estudados pelo autor (Gonschorowski, 2022)

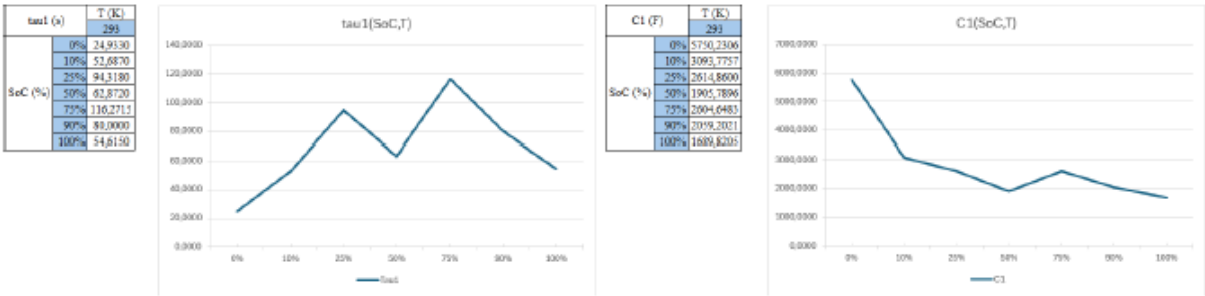
Parâmetros	Símbolo	Valor obtido	Valor base	Unidade
Tensão de circuito aberto	V_{ocv}	4, 13	3, 8	V
Resistência série	R_B	0, 12468	0, 1	Ω
Resistência 1° ramificação	R_{P1}	9, 2841·	0, (	Ω
Resistência 2° ramificação	R_{P2}	0, 02598	0, (	Ω
Capacitância 1° ramificação	C_{P1}	20, 464	30,	F
Capacitância 2° ramificação	C_{P2}	47, 4749	60	F

Fonte: Autor

Por fim foram executados os ensaios em conjunto com o *Matlab/Simulink* e o sistema real utilizando *lookup table* para obtenção das curvas características dos componentes internos da bateria descrito pelo modelo equivalente RC de primeira ordem em relação ao SOC. Os gráficos podem ser observados na Figura 15. Na Tabela 2 podem ser observados os valores para os parâmetros encontrados. Todos os testes foram feitos para uma temperatura de aproximadamente 20 °C.

Figura 15 – Curvas características do modelo da bateria de lítio-íon





Fonte: Autor

Tabela 2 – Parâmetros internos da bateria para o modelo RC de primeira ordem

SOC(%)	V0(V)	dV0(V)	R0(Ω)	R1(Ω)	1(s)	2(s)
0	3,49	0	0,2325	0,00434	24,933	5750,2306
10	3,5309	0,409	0,1967	0,01703	52,657	3093,7757
25	3,59565	0,43167	0,14295	0,03607	94,318	2614,86
50	3,6878	0,3686	0,118	0,03299	62,872	1905,7896
75	3,9075	0,8788	0,1081	0,04464	116,2715	2604,6483
90	4,0565	0,99333	0,1102	0,03885	80	2059,2021
100	4,2	1,435	0,117	0,03232	54,615	1689,8205

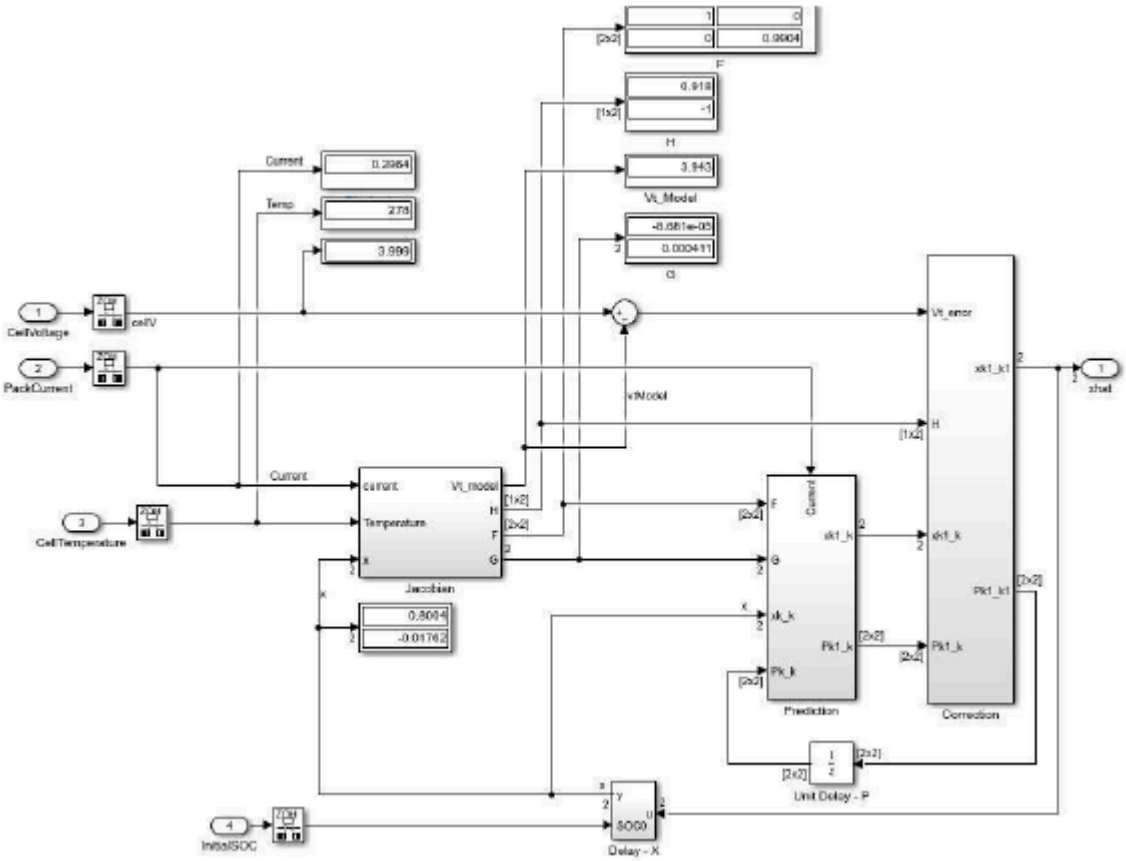
Fonte: Autor

4.3. Aplicação do filtro de Kalman estendido

Prosseguindo com a aplicação do EKF, utilizou-se o *Matlab/Simulink,* como mostra a Figura 16, para realizar as devidas simulações, o que permitiu otimizar e validar os parâmetros que melhor descreviam o sistema dinâmico da bateria. Após os testes, utilizou-se a documentação

do *Matlab* presente no site da *Mathworks* como guia na discretização do código e das variáveis adquiridas, adaptando para sua devida implementação diante o código realizado no Arduino IDE, garantindo uma coerência entre os resultados obtidos das simulações realizadas.

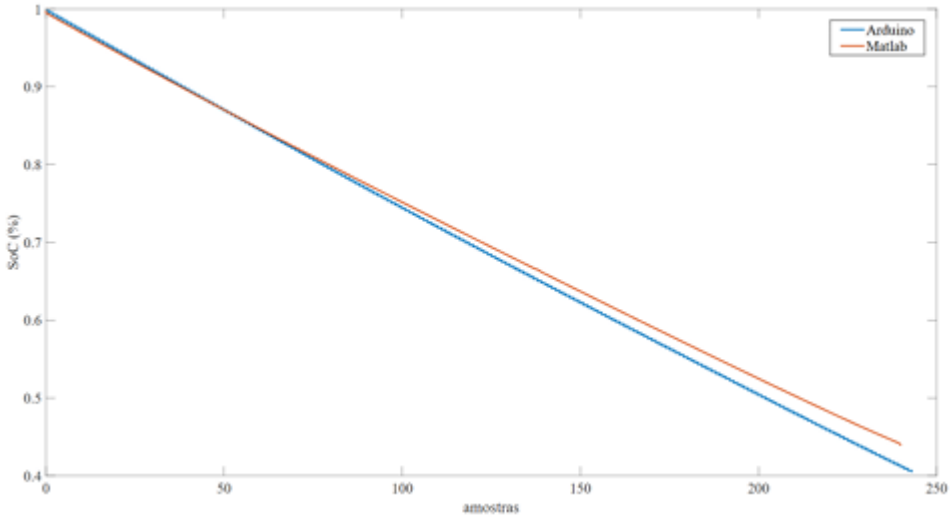
Figura 16 – Modelo final do EKF obtido no *Matlab/Simulink*



Fonte: Autor

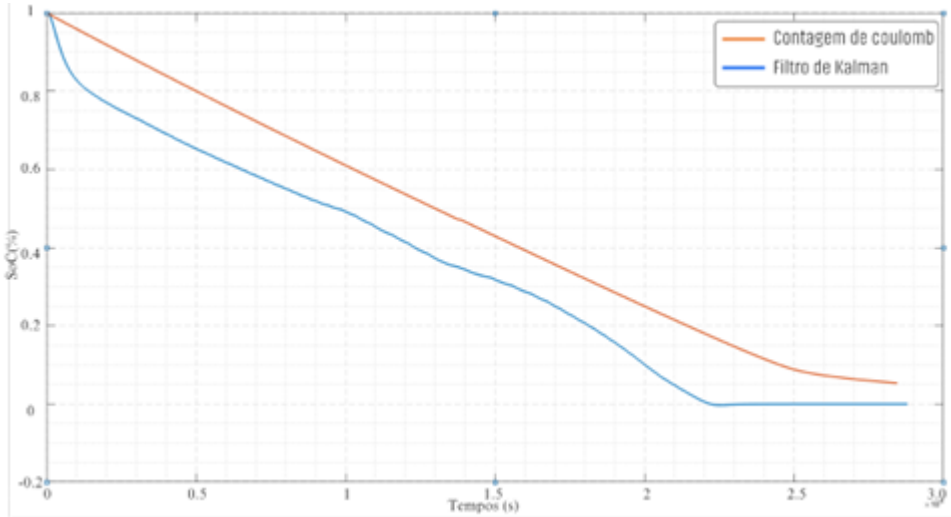
Dando continuidade, foram integrado ao sistema físico e a simulação de todos os dados da Tabela 2 e todos os parâmetros das etapas do EKF, com o intuito de verificação da precisão da estimação do SOC da bateria, pode-se observar na Figura 17 a comparação dos resultados em sistema físico e em simulação e na figura 18 observa-se a avaliação dos resultados do sistema em comparação com o método de medição chamado contagem de Coulomb. Nota-se que na Figura 18 a medição está em amostra e cada amostra tem 50 segundos. Na Figura 19 tem-se a comparação com outros métodos de medição estudados por outro autor (Grady, 2019).

Figura 17 – SOC estimado no sistema físico em comparação com o simulado



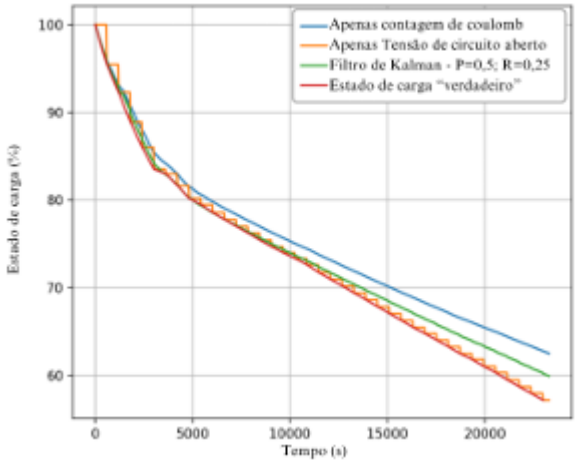
Fonte: Autor

Figura 18 – Comparação do EKF com a contagem de *Coulomb*



Fonte: Autor

Figura 19 – Comparação com outros métodos de medição estudados por outro autor



Fonte: adaptado de (Grady, 2019)

Diante dos resultados é possível admitir que os experimentos realizados com o sistema físico desenvolvido são próximos dos resultados encontrados com os modelos simulados, com isso pode-se afirmar que os resultados são consistentes e que o sistema é funcional. Tomando como base a comparação entre a contagem de Coulomb e o filtro de Kalman estendido tem-se que o EKF é bem mais consistente à realidade do SOC da bateria, tornando-o assim um algoritmo com maior eficácia em termos de estimação de resultados não mensuráveis da bateria de lítio-íon com parte não linear.

5 CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o constante avanço tecnológico, a demanda por fabricação de baterias de lítio-íon tende a aumentar, o que gera muita preocupação em relação ao gerenciamento de baterias. Visando esse avanço e buscando incrementar o estudo do estado de carga das baterias na carga horária de cursos da engenharia de controle e automação, este artigo abordou a estimativa de estado de carga para as baterias de lítio utilizando filtro de Kalman estendido. Com base no modelo elétrico de Thévenin os parâmetros internos da bateria são obtidos junto ao sistema físico implementado e utilizando o *Matlab/Simulink* foi possível obter as curvas características da bateria. Com isso foram realizados os devidos cálculos para obter se a parametrização para as etapas do filtro de Kalman estendido e pôde ser efetuado os devidos ensaios para obter a

comparação entre o modelo real e o modelo simulado. Para uma avaliação mais clara dos resultados, foi realizada a comparação com outro método de medição de estimativa e com isso foi possível corroborar que o filtro de Kalman é um estimador com alta eficácia e com alta precisão para obter o valor do estado de carga da bateria.

REFERÊNCIAS

ALBATAYNEH, A.; JUAIDI. A.; JARADAT M.; AGUGLIARO F. M. Future of Electric and Hydrogen Cars and Trucks: An Overview. **Energies**, v. 16, n. 7, p. 3230, 3 abr. 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/en16073230.

ANWAR, M.;ASHIDQI, M.D.;KALEG, S.;ADRIYANTO F.;CAHYONO, S.I.; HAPID, A. State of charge monitoring system of electric vehicle using fuzzy logic. In: **2018 International Conference on Sustainable Energy Engineering and Application (ICSEEA)**. IEEE, 2018. p. 34-38. DOI: 10.1109/ICSEEA.2018.8627131.

ARSRI, S. W.; ANWAR, M.; FARISI, F.A.; PRATAMA, J.A.; IFTADI, I.; KALEG, S.; HAPID, A.; CAHYONO, S.I.; DIHARJO, K. Analytical study of temperature effect on current and voltage of battery at charging and discharging condition on electric vehicle. In: **AIP Conference Proceedings**. AIP Publishing, 2020. DOI: https://doi.org/10.1063/5.0000779.

CAMARGO, I.C. Gestão de resíduos sólidos de equipamentos eletroeletrônicos: da produção aos danos causados ao meio ambiente. 2023. Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Química) **Instituto Federal Goiano**. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/4039. Acesso em 02 de junho de 2024.

DANG, L.; HUANG, Y.; ZHANG, Y.; CHEN, B. Multi-kernel correntropy based extended Kalman filtering for state-of-charge estimation. **ISA transactions**, v. 129, p. 271-283, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.isatra.2022.02.047.

DE PAULA, D.D.; FERREIRA, A.S.R.; EVALD, P.J.D.O.; MELLO JUNIOR, C.D.; AZZOLIN, R.Z. Projeto experimental de uma placa de condicionamento de sinal para um sensor de corrente diferencial tipo Bobina de Rogowski. **ForScience**, v. 8, n. 2, p. e00797-e00797, 2020. DOI: https://doi.org/10.29069/forscience.2020v8n2.e797.

DIAMOND, D. The impact of government incentives for hybrid-electric vehicles: Evidence from US states. **Energy Policy**, v. 37, n. 3, p. 972–983, mar. 2009. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.09.094.

DOS SANTOS, Antonio Nacilio Sousa et al. "Luz e aprendizagem": integrando energia solar e educação ambiental no ensino por metodologias ativas com células fotovoltaicas. **Cuadernos De Educación Y Desarrollo**, v. 16, n. 8, p. e5133-e5133, 2024.

GAO, Y.; LIU, C.; CHEN, S.; ZHANG, X.; FAN, G.; ZHU, CHONG. Development and parameterization of a control-oriented electrochemical model of lithium-ion batteries for battery-management-systems applications. **Applied Energy**, v. 309, p. 118521, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.118521.

GRADY, J. State of Charge Estimation with a Kalman Filter. Disponível em: https://www.jackogrady.me/battery-management-system/state-of-charge. Acesso. 01 abril 2024.

GONSCHOROWSKI, E. Carregador de bateria de li-ion com sistema de equalização de carga. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – **Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco,** 2022. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/30515. Acesso. 01 abril 2024.

HAO, W.; XIE, J.; WANG, F. The indentation analysis triggering internal short circuit of lithium-ion pouch battery based on shape function theory. **International Journal of Energy Research**, v. 42, n. 11, p. 3696-3703, 2018. DOI: https://doi.org/10.1002/er.4109.

HE, Z.; YANG, Z.; CUI, X.; LI, E. A method of state-of-charge estimation for EV power lithium-ion battery using a novel adaptive extended Kalman filter. **IEEE Transactions on Vehicular Technology**, v. 69, n. 12, p. 14618-14630, 2020. DOI: 10.1109/TVT.2020.3032201.

HENTUNEN, A.; LEHMUSPELTO, T.; SUOMELA, J. Time-domain parameter extraction method for thévenin-equivalent circuit battery models. IEEE Transactions on Energy Conversion, 2014. DOI: 10.1109/TEC.2014.2318205.

HINZ, H. Comparison of lithium-ion battery models for simulating storage systems in distributed power generation. **Inventions**, MDPI, 2019. DOI: https://doi.org/10.3390/inventions4030041.

IBRAHIM, H.; ILLINCA, A.; PERRON, J. Energy storage systems – characteristics and comparisons, **Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews,** Quebec, Janeiro, 2007. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2007.01.023.

IBRAHIM, M.H.; ROSADI, R.A.; RAMELAN, A.; APRIBOWO, C.H.B. Design and development of PC-based smart programmable power supply for battery charging system. In: **AIP Conference Proceedings**. AIP Publishing, 2020. DOI: https://doi.org/10.1063/5.0000628.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Battery demand by region, 2016-2022. Disponível em: https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/battery-demand-by-region-2016-2022. Acesso em: 09 mar. 2025.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Lithium-ion battery manufacturing capacity, 2022-2030. Disponível em: https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/lithium-ion-battery-manufacturing-capacity-202 2-2030. Acesso em: 09 mar. 2025.

IURILLI, P.; BRIVIO, C.; MERLO, M. SoC management strategies in battery energy storage system providing primary control reserve. **Sustainable**

Energy, Grids and Networks, v. 19, p. 100230, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.segan.2019.100230.

MATHWORKS. SOC Estimator (Kalman Filter). Disponível em: https://www.mathworks.com/help/simscape-battery/ref/socestimatorkalmanfilter.html. Acesso em: 09. mar. 2025.

MOTTA, T.T. Sistema de gerenciamento de baterias de íons de lítio: BMS com aplicação em veículo elétrico. 2022. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Eletrônica) **Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Engenharia Eletrônica.** Disponivel em: https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/239766. Acesso em 06 de junho de 2024.

RAHIMI-EICHI, H., OJHA, U., BARONTI, F., CHOW, M.Y. Battery Management System: An Overview of Its Application in the Smart Grid and Electric Vehicles. **IEEE Industrial Electronics Magazine**, 7(2), 4–16. DOI: 10.1109/MIE.2013.2250351.

ROSOLEM, M.F.N.C.; BECK, R.F.; ARANHA, J.C.M.S.; NASCIMENTO, T.C.; MARQUES, F.L.R.; CORSO, V.; CONTIN, G.M.; FIGUEIREDO, R.S.; MORARI, H.B. Desenvolvimento de Bateria de Lítio-Íon para Serviços Ancilares. In: **Anais Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS**. 2020. DOI: https://doi.org/10.59627/cbens.2020.910.

SAMAGAIA, Rafaela Rejane. **Uma experiência com o projeto Manhattan no ensino fundamental: Interdisciplinaridade e ação em sala de aula**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação.

SILVA, J. d. et al. Laboratório real de geração hidrelétrica – Proposta metodológica de utilização de bancada de ensaio de turbina hidráulica no curso de engenharia de energia. In: **XLI Congresso Brasileiro De Educação em Engenharia**, 2013, Rio Grande do Sul. Anais. Gramado, 2013.

SIMÕES, R.; SIPLE, I. Z.; FIGUEIREDO, E. B. Aplicação da integral na determinação de características geométricas de seções planas de estruturas em barras. 2014.

WANG, Z.; GLADWIN, D.T.; SMITH, M.J.; HAASS, S. Practical state estimation using Kalman filter methods for large-scale battery systems. **Applied Energy**, v. 294, p. 117022, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117022.

WERLANG, Rafhael Brum; SCHNEIDER, Ruth de Souza; SILVEIRA, Fernando Lang da. Uma experiência de ensino de física de fluidos com o uso de novas tecnologias no contexto de uma escola técnica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, p. 1503.1-1503.9, 2008.

YANG, F.; SHI, D.; LAM, K. Modified extended Kalman filtering algorithm for precise voltage and state-of-charge estimations of rechargeable batteries. **Journal of Energy Storage**, v. 56, p. 105831, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105831.

← Post anterior

Post seguinte →

RevistaFT

A RevistaFT têm 29 anos. É uma **Revista Científica Eletrônica Multidisciplinar Indexada de Alto Impacto e Qualis "B2".** Periodicidade mensal e de acesso livre. Leia gratuitamente todos os

Contato

Queremos te ouvir.
WhatsApp: (21) 99451-7530
WhatsApp: (21) 99217-2623
e-Mail:

Conselho Editorial

Editores Fundadores:
Dr. Oston de Lacerda Mendes.
Dr. João Marcelo Gigliotti.

artigos e publique o seu também clicando aqui,

contato@revistaft.com.br

ISSN: 1678-0817

CNPJ: 48.728.404/0001-22

Fator de impacto FI= 5.397 (muito alto)

Turismo Acadêmico

Editor Científico: Dr. Oston de Lacerda Mendes

Jornalista Responsável: Marcos Antônio Alves MTB 6036DRT-MG

Orientadoras: Dra. Hevellyn Andrade Monteiro Dra. Chimene Kuhn Nobre

Revisores: Lista atualizada periodicamente em revistaft.com.br/expediente Venha fazer parte de nosso time de revisores também!

Copyright © Revista ft Ltda. 1996 - 2025

Rua José Linhares, 134 - Leblon | Rio de Janeiro-RJ | Brasil