



TECNOLOGIAS E APLICAÇÕES DE BATERIAS DE LÍTIO: PROPOSTA DE ENSINO NOS CURSOS DE ENGENHARIA ELÉTRICA

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6359

Autores: THAYS MARQUES FERREIRA, MARCÍLIO ANDRÉ FÉLIX FEITOSA, JORNANDES DIAS DA SILVA

Resumo: As baterias de íon de lítio desempenham um papel fundamental no cenário tecnológico atual, suprindo eletrônicos portáteis, veículos elétricos e sistemas de armazenamento de energia. Apesar de sua relevância crescente, os programas de Engenharia Elétrica no Brasil ainda carecem de uma cobertura estruturada e abrangente direcionada do tema. Este artigo analisa os currículos das universidades brasileiras e apresenta os resultados de uma pesquisa com alunos e profissionais, confirmando uma notável lacuna educacional. Para abordar isso, propõe uma disciplina eletiva, 'Tecnologias e Aplicações de Baterias de Lítio', combinando fundamentos teóricos com modelagem prática usando ferramentas de simulação. Os tópicos incluem SoC, SoH, gerenciamento térmico e sustentabilidade. A proposta está alinhada com as novas Diretrizes Curriculares Nacionais do Brasil e busca modernizar a educação em engenharia, incorporando tecnologias emergentes essenciais para a transição energética.

Palavras-chave: Baterias de íon de lítio, educação em Engenharia Elétrica, desenvolvimento de currículos

TECNOLOGIAS E APLICAÇÕES DE BATERIAS DE LÍTIO: PROPOSTA DE ENSINO NOS CURSOS DE ENGENHARIA ELÉTRICA

1 INTRODUÇÃO

As baterias de íons de lítio desempenham um papel importante na sociedade moderna, fornecendo energia para dispositivos eletrônicos portáteis e veículos elétricos, além de apresentarem um enorme potencial global em direção à sustentabilidade energética e à redução de emissões de carbono (Zubi *et al.*, 2018).

Este sistema de armazenamento é popular em aplicações veiculares devido às reduções de preço e ao peso leve com alta densidade de potência, mas ainda há desafios no gerenciamento dos processos de carga e descarga, emissões de CO₂, efeitos na saúde e processos de reciclagem e reforma (Hannan *et al.*, 2018). A princípio, esses avanços exigem que os engenheiros estejam cada vez mais familiarizados com os princípios de funcionamento, os desafios técnicos e as aplicações. No entanto, observa-se uma lacuna significativa na formação acadêmica de engenharia elétrica no Brasil quanto ao ensino sobre baterias de lítio.

Embora o tema tenha ganhado relevância nos últimos anos, esta pesquisa indica que, ainda assim, o tema é apenas mencionado superficialmente e não faz parte das ementas centrais de disciplinas tradicionais do curso de engenharia elétrica, como Eletrônica de Potência ou Conversão de Energia. Com isso, o conteúdo é abordado sem a devida ênfase nos aspectos específicos da modelagem, gestão térmica, degradação, estimativa de estado de carga (SoC) e estado de saúde (SoH), que são fundamentais para o entendimento completo do funcionamento dessas baterias.

De fato, é importante ressaltar que, a ausência desse tema nos cursos de engenharia sugere que os currículos ainda não acompanham o ritmo de evolução tecnológica exigido pela indústria e pela sociedade. A falta de preparo técnico sobre baterias de lítio não é apenas uma questão curricular, mas representa um risco de desatualização frente as aplicações energética atuais.

Em paralelo, com base em uma análise de matrizes curriculares de Instituições de Ensino Superior brasileiras e em uma pesquisa aplicada com estudantes e profissionais da área, este trabalho constata o interesse significativo pela inclusão de uma disciplina dedicada ao tema.

Diante desse cenário, este artigo propõe a implementação de uma disciplina eletiva intitulada “Tecnologias e Aplicações de Baterias de Lítio”, com o objetivo de oferecer uma formação técnica atualizada, multidisciplinar e alinhada com as novas Diretrizes Curriculares Nacionais de Engenharia (BRASIL, 2021).

2 BATERIA DE LÍTIO

Em termos de conceitos e definições, Baterias de Lítio-Íon são dispositivos de armazenamento de energia que possuem alta densidade energética e eficiência, amplamente utilizados em veículos elétricos. As baterias apresentam uma degradação natural ao longo do tempo devido ao ciclo de carga e descarga. Diante disso, o desempenho dessas baterias é influenciado por fatores como SoC, tensão, corrente e temperatura (Patel, 2023; Peters *et al.*, 2016).

Baterias de Lítio-Íon são usadas em eletrônicos portáteis, veículos elétricos e armazenamento de energia em rede (Manthiram, 2017). Como resultado, as baterias de íons de lítio possibilitaram a revolução da eletrônica portátil e agora estão possibilitando a eletrificação de veículos e da indústria de serviços públicos devido à sua maior densidade energética (Manthiram, 2020).

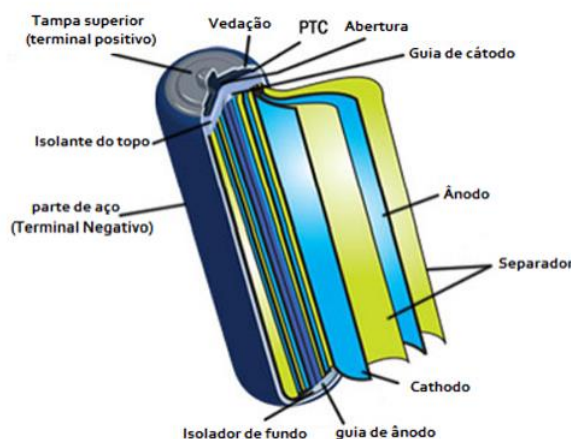
A bateria de lítio possui características técnicas peculiares, como: densidade de energia e tensão, ciclos de vida e comportamento térmico. A respeito da densidade de energia e tensão, ambos são apresentados de forma elevada por célula (Petrovic, 2020). Os ciclos de vida das baterias, alicerçados por processos de carga e descarga, são cruciais para a compreensão da longevidade e do desempenho das baterias. Além disso, a forma como as baterias são carregadas, descarregadas e gerenciadas impacta diretamente a degradação. De fato, pesquisas recentes exploram tanto os mecanismos físicos quanto a modelagem preditiva do ciclo de vida das baterias. (Yang, 2024; Han *et al.*, 2019).

É importante ressaltar que o comportamento térmico influencia diretamente o funcionamento das baterias de lítio, visto que o aumento da taxa de descarga eleva a geração de calor e a temperatura interna, podendo causar gradientes térmicos significativos e, por consequência, afetar a segurança (Liu *et al.*, 2021; Spitthoff *et al.*, 2021).

Um aspecto crucial que não deve ser negligenciado é o SoC e o SoH, ou seja, estado da carga e estado da saúde, respectivamente. Estimar o SoC e o SoH das baterias de íons de lítio é uma tarefa difícil, para garantir a segurança, a confiabilidade e a longevidade das baterias, principalmente nos Veículos Elétricos. Os principais desafios decorrem do comportamento não linear e variável das baterias ao longo do tempo, do acoplamento entre SoC e o SoH e da necessidade de estimativas precisas e em tempo real sob diversas condições operacionais que são diferentes (Chen *et al.*, 2023; Sang *et al.*, 2024).

A bateria de Lítio-Íon é composta por vários componentes principais: um cátodo (geralmente óxidos ou fosfatos de metais de transição como óxido de cobalto de lítio, óxido de manganês de lítio ou fosfato de ferro-lítio), um ânodo (tipicamente grafite, mas também podem ser usados ligas de silício, estanho ou alumínio), um eletrólito líquido (mistura de solventes orgânicos e sais de lítio, como LiPF₆), separadores poliméricos e invólucros metálicos ou plásticos (Huang *et al.*, 2028; Liu *et al.*, 2022), conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Composição da Bateria de Lítio.



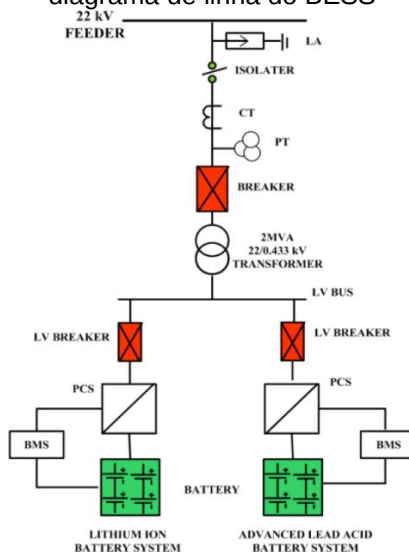
Fonte: Silva (2024).

O desempenho eletroquímico das baterias de lítio depende de vários fatores, incluindo materiais dos eletrodos, eletrólitos, estrutura interna, interações moleculares e convertem energia química em energia elétrica (Amereller; Whittingham, 2004).

Estudos mostram que as baterias de lítio, especialmente as de íon-lítio, apresentam riscos significativos de segurança devido ao potencial de incêndios e explosões, principalmente quando sofrem danos físicos, superaquecimento ou falhas internas, levando ao fenômeno conhecido como *thermal runaway*, ou seja, "fuga térmica" (Chombo; Laonual, 2020). Além dos perigos durante o uso, o descarte inadequado dessas baterias pode causar contaminação ambiental por metais pesados e compostos tóxicos, como cobalto, níquel e chumbo, reforçando a necessidade de políticas rigorosas de reciclagem e descarte (Kang et al, 2013).

Sobre a aplicação deste tipo de bateria nos BESS, a literatura aponta que a mesma é preferível em combinação com a geração fotovoltaica (solar) para enfrentar o desafio da intermitência energética na geração distribuída, especialmente em ambientes residenciais. No Brasil, o crescimento da geração solar distribuída evidenciou a necessidade de soluções de backup confiáveis durante interrupções na rede elétrica. Isso acontece uma vez que em caso de falha do sistema de energia, um BESS pode suprir parte ou a totalidade das necessidades energéticas de uma residência, reduzindo a vulnerabilidade a interrupções na rede ou na geração solar (Nadal et al, 2020).

Figura 2 – Uso de bateria de lítio no diagrama de linha do BESS



Fonte: Mahesh et al. (2020).

3 ENSINO DA BATERIA DE LÍTIO NOS CURSOS DE ENGENHARIA ELÉTRICA DO BRASIL

Durante o curso de graduação de Engenharia Elétrica no Brasil, observa-se que a matriz curricular do curso inclui diversas disciplinas que abordam a configuração, os equipamentos e o funcionamento do sistema elétrico. No entanto, ao analisar diferentes grades curriculares, percebe-se que o tema das Baterias de Lítio segue ausente.

Como objeto de análise, foi realizado um estudo em onze matrizes curriculares do curso de Engenharia Elétrica das seguintes Universidades: UFMG, CEFET-MG, USP, UFRJ, UNICAMP, UFSC, UFSJ, UNB, UFPE, UPE e UFRS. Nessas Instituições de Ensino Superior (IES), os conteúdos relacionados à bateria de lítio são normalmente encontrados nas disciplinas de Eletrônica de Potência e Conversão de Energia. Essas disciplinas, por natureza, abordam tópicos de controle e processamento de energia elétrica, incluindo a integração de

fontes e cargas, conversão de energia e o funcionamento de dispositivos como inversores, retificadores e sistemas de armazenamento, como as baterias de lítio.

Em segunda análise, sendo parte metodológica deste estudo, adotou-se um formulário como ferramenta de pesquisa. No qual estudantes de engenharia e engenheiros puderam registrar as respostas e opiniões nas seguintes perguntas:

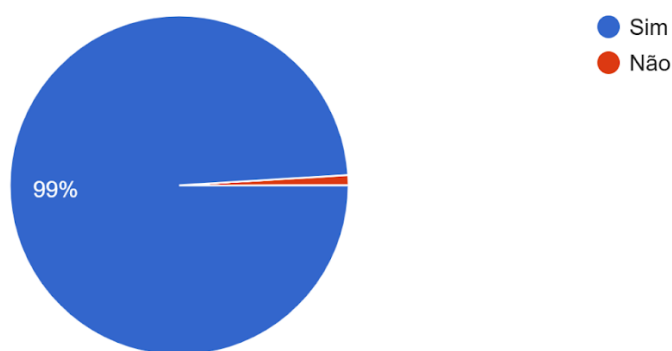
- I) Qual o seu curso de Engenharia?
- II) Em que período você está atualmente? É formado?
- III) Você já ouviu falar sobre baterias de íons de lítio?
- IV) Alguma disciplina do seu curso já abordou esse tema?
- V) Se sim, em qual disciplina esse conteúdo foi abordado?
- VI) Você acredita que o tema "baterias de íons de lítio" é relevante para a formação de engenheiros(as)?
- VII) Você gostaria de ter ou ter tido a opção de cursar uma disciplina eletiva sobre baterias de lítio?

O formulário de pesquisa foi desenvolvido no *Google Forms* devido a facilidade de criação, interação e coleta de dados instantaneamente. Ao todo, 103 pessoas participaram da pesquisa durante 7 dias devido ao curto prazo de decisão da escrita deste trabalho. Com interesse da equipe, o formulário da pesquisa será estendido para a continuidade da pesquisa e análises complementares futuras.

Durante o tempo de coleta de dados para o desenvolvimento deste trabalho, observa-se que 75,7% são formados e 21,4% estão cursando entre o sexto e o décimo período, ou seja, no ciclo profissional de engenharia. Consta-se que o público-alvo da pesquisa foi atingido, visto que setenta e sete entrevistados informaram estudar e terem estudado Engenharia Elétrica, Eletrônica, Telecomunicações e Automação.

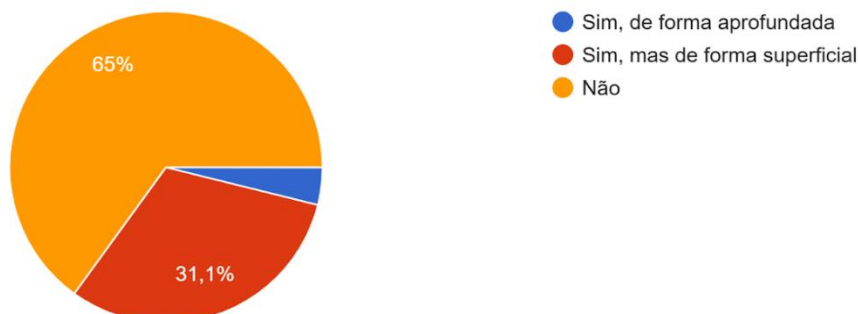
Com as respostas desse recurso, pôde-se constatar também que 99% dos entrevistados já ouviram falar sobre bateria de lítio, porém apenas 3,9% relataram a abordagem do tema de forma aprofundada em alguma disciplina ao longo da graduação, conforme as figuras a seguir.

Figura 3 – Resultados da pergunta III do formulário
(Você já ouviu falar sobre baterias de íons de lítio?).



Fonte: Autor (2025).

Figura 4 – Resultado da pergunta IV do formulário
(Alguma disciplina do seu curso já abordou esse tema?).

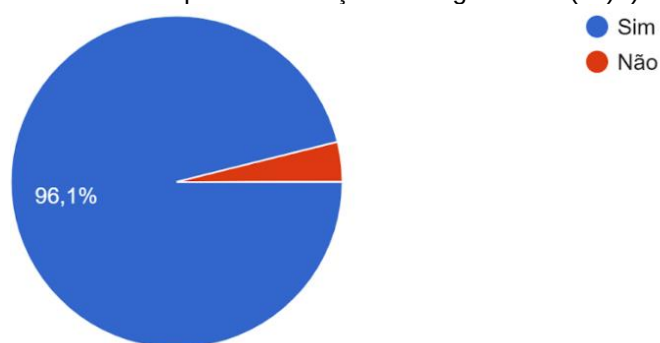


Fonte: Autor (2025).

A pesquisa registrou que as disciplinas de Eletrônica de Potência e Conversão de Energia foram as mais mencionadas na pergunta “Se sim, em qual disciplina esse conteúdo foi abordado?”. Porém, não foram achados registros do tema “Bateria de Lítio” nas ementas dessas disciplinas nas onze universidades estudadas.

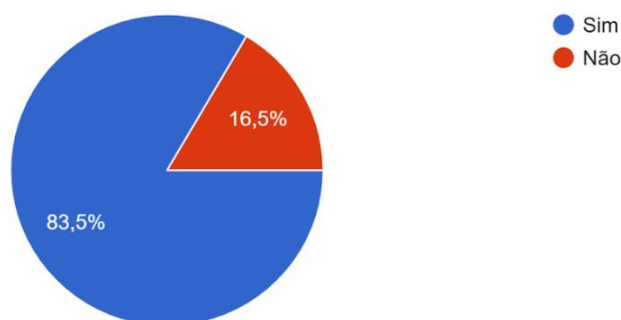
Ao serem questionados sobre “Você acredita que o tema “baterias de íons de lítio” é relevante para a formação de engenheiros(as)?”, 99 entrevistados responderam “Sim” e apenas 4 responderam “Não”, conforme ilustrado na Figura VI. Da mesma forma, como pode ser visto na Figura 5, mais de 80% dos entrevistados relataram que gostaria de ter / ter tido a opção de cursar uma disciplina eletiva sobre baterias de lítio. Essas respostas ratificam a existência de já haver a consciência da necessidade de abordar este tema durante o percurso acadêmico.

Figura 5 – Resultado da pergunta VI do formulário
(Você acredita que o tema “baterias de íons de lítio” é relevante para a formação de engenheiros(as)?).



Fonte: Autor (2025).

Figura 6 – Resultado da pergunta VII do formulário
(Você gostaria de ter ou ter tido a opção de cursar
uma disciplina eletiva sobre baterias de lítio?)



Fonte: Autor (2025).

Esta pesquisa, ainda, registra que 74 dos 77 entrevistados que cursam ou já concluíram os cursos de Engenharia Elétrica, Eletrônica, Telecomunicações e Automação acreditam que o tema "baterias de lítio" é relevante para a formação. Dentro desse espaço amostral de 74 entrevistados, 64 afirmaram, também, que gostaria de ter ou ter tido a opção de cursar uma disciplina eletiva sobre baterias de lítio.

A falta consistente de conteúdos sobre baterias de lítio nos currículos de engenharia pode ser vista como uma continuidade de um modelo educacional que ainda se concentra nos fundamentos tradicionais da engenharia, sem atender completamente às necessidades atuais do setor elétrico e da sociedade. As Baterias de Lítio são essenciais em diversas aplicações da engenharia, e sua ausência nos currículos representa uma deficiência no percurso acadêmico de engenharia.

4 PROPOSTAS DO ENSINO DE BATERIA DE LÍTIO NOS CURSOS DE ENGENHARIA ELÉTRICA NO BRASIL

De fato, incluir o estudo das Baterias de Lítio nos cursos de Engenharia Elétrica é essencial para adaptar a formação acadêmica às demandas técnicas e tecnológicas do setor elétrico contemporâneo. Uma das abordagens mais eficazes para essa integração é o desenvolvimento de uma matéria eletiva dedicada, com uma carga horária de 60 horas, focada exclusivamente no estudo das Baterias de Lítio.

A disciplina voltada a Bateria de Lítio poderia ser incluída no currículo dos cursos de Engenharia Elétrica das instituições, tratando de forma aprofundada tópicos como SoC, SoH, ciclos de vida e comportamento térmico. Um aspecto distintivo dessa proposta é o foco prático, com atividades em ambientes de modelagem e simulação virtual, como o *Simulink*, um software de simulação gratuito para os alunos das universidades.

Quadro 1 - Ementa da disciplina sobre bateria de lítio.

UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
DISCIPLINA: Tecnologias e Aplicações de Baterias de Lítio

NATUREZA: Eletiva

CARGA HORÁRIA: 60 horas

EMENTA

1. Introdução às baterias de íons de lítio: princípios de funcionamento, características e aplicações.
2. Química básica das células de lítio e materiais de eletrodos.
3. Parâmetros de desempenho: capacidade, densidade energética, eficiência coulômbica.
4. Modelagem elétrica de baterias: circuitos equivalentes (Rint, Thévenin, PNGV, DP).
5. Estado de Carga (SoC) e Estado de Saúde (SoH): métodos de estimação.
6. Sistemas de Gerenciamento de Baterias (BMS): arquitetura e funções.
7. Técnicas de carregamento e descarregamento otimizadas.
8. Gestão térmica e segurança em sistemas com baterias de lítio.
9. Aplicações em veículos elétricos, energias renováveis e sistemas de armazenamento estacionário.
10. Modelagem e simulação observando o comportamento do ciclo de carga e descarga e a interação com outros componentes em circuitos interativos.
11. Tópicos especiais: reciclagem, segunda vida e sustentabilidade.

OBJETIVOS

O objetivo deste componente curricular é fornecer ao aluno competência e habilidade sobre as Baterias de Lítio, apresentando desde o princípio de funcionamento até as diferentes aplicações. ferramentas para a análise e aplicações do dispositivo em diferentes casos. O entendimento das diferentes aplicações na engenharia é imprescindível.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

LEBOWITZ, Drew; DALY, Sean; SUNDARAM, Swetha. *The BESS Book: a cell-to-grid guide to utility-scale battery energy storage systems*. [S.l.]: BESS Book, The, 2024. 520 p. ISBN 979-8218447984

MOREIRA, Nathan S.; BOCCHI, Nerilso; ROCHA-FILHO, Romeu C. *Eletromobilidade: estado atual dos veículos elétricos e das baterias de íons lítio*. São Paulo: [s.n.], 2024. e-book. Publicado em 30 de novembro de 2024. ISBN 978-6501334264

SHEN, Huazhen; ZHANG, Kai; LI, Mingyang. *Battery state estimation: methods and models*. London: The Institution of Engineering and Technology, 2022. ISBN 9781839535295.

WU, Yuping (ed.). *Lithium-Ion Batteries: Fundamentals and Applications*. Boca Raton: CRC Press, 2015.

JULIEN, Christian; MAUGER, Alain; VIJH, Ashok; ZAGHIB, Karim. *Lithium Batteries: Science and Technology*. Cham: Springer International Publishing Switzerland, 2015.

Fonte: Autor (2025).

Esta ementa está alinhada com as demandas estabelecidas pelas novas Diretrizes Curriculares Nacionais de Graduação em Engenharia (BRASIL, 2021). O ensino de engenharia no Brasil tem passado por transformações significativas, impulsionadas tanto pela necessidade de formar profissionais capazes de enfrentar desafios de sustentabilidade quanto por diretrizes curriculares nacionais mais recentes (Sigahi; Sznclwar, 2023).

O uso dessa metodologia “teórica-prática” e visando a multidisciplinaridade permite o aperfeiçoamento de habilidades fundamentais para a prática técnica no mercado de trabalho. O universo da engenharia tem se mostrado cada vez mais interdisciplinar e exigido novas competências devido à complexidade crescente de várias aplicações. Dessa forma, incluir o estudo sobre Bateria de Lítio nos currículos de Engenharia visa mitigar um lapso acadêmico.

Para consolidar uma educação em engenharia mais inovadora e sustentável, é necessário o compromisso da alta administração universitária e a integração de ações em diversos níveis institucionais (Sigahi; Sznclwar, 2023).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho retifica a importância crescente das baterias de lítio no cenário tecnológico e industrial contemporâneo, sobretudo no contexto da transição energética. No entanto, apesar de sua relevância, constata-se uma lacuna significativa na formação acadêmica dos futuros engenheiros quanto ao domínio técnico e aplicado dessa tecnologia.

A análise dos currículos de instituições de ensino brasileiras e as informações obtidas por meio de pesquisa com alunos e profissionais do setor expressam a falta de uma abordagem organizada e detalhada sobre baterias de lítio nos cursos de Engenharia Elétrica do Brasil. Embora o assunto possa ser abordado ocasionalmente em matérias como Eletrônica de Potência ou Conversão de Energia, ele não é considerado um conteúdo central, nem é tratado com a profundidade técnica necessária para atender às demandas do mercado de trabalho atual.

Com base nesse contexto, este artigo sugere a criação de uma disciplina eletiva chamada “Tecnologias e Aplicações de Baterias de Lítio”, com enfoque teórico-prático, abrangendo desde os princípios eletroquímicos até as aplicações em sistemas reais até as suas principais aplicações. Essa proposta tem como objetivo ajustar a formação dos engenheiros às necessidades tecnológicas e sociais atuais, incentivando uma educação mais crítica, sustentável e alinhada aos desafios emergentes da engenharia.

Portanto, a adoção da proposta apresentada neste artigo representa um passo importante para uma formação em engenharia mais alinhada às necessidades atuais. A implementação de uma disciplina como esta contribui diretamente para o fortalecimento do ensino multidisciplinar, atendendo também às Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Engenharia (BRASIL, 2021). Além disso, representa um progresso na superação de modelos curriculares convencionais que, em alguns casos, não dialogam com as inovações tecnológicas que já afetam significativamente a prática profissional.

REFERÊNCIAS

AMERELLER, M.; WHITTINGHAM, M. Lithium batteries and cathode materials. **Chemical Reviews**, v. 104, n. 10, p. 4271-4301, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/CR020731C>. Acesso em: 3 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. **Resolução CNE/CES nº 1, de 26 de março de 2021**. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 7 jun. 2021. Disponível em: <https://abmes.org.br/legislacoes/detalhe/3492/resolucao-cne-ces-n-1>. Acesso em: 4 jun. 2025.

CHEN, P.; JIN, X.; HAN, X. Joint estimation of SOC and SOH of lithium ion battery. **Journal of Electrochemical Energy Conversion and Storage**, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1115/1.4062385>. Acesso em: 5 jun. 2025.

CHOMBO, P.; LAOONUAL, Y. A review of safety strategies of a Li-ion battery. **Journal of Power Sources**, v. 478, p. 228649, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2020.228649>. Acesso em: 9 jun. 2025.

HAN, X. *et al.* A review on the key issues of the lithium ion battery degradation among the whole life cycle. **eTransportation**, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.ETTRAN.2019.100005>. Acesso em: 4 jun. 2025.

HANNAN, M.; HOQUE, M.; HUSSAIN, A.; YUSOF, Y.; KER, P. State-of-the-art and energy management system of lithium-ion batteries in electric vehicle applications: issues and recommendations. **IEEE Access**, v. 6, p. 19362-19378, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2817655>. Acesso em: 7 jun. 2025.

HUANG, B.; PAN, Z.; SU, X.; AN, L. Recycling of lithium-ion batteries: recent advances and perspectives. **Journal of Power Sources**, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.JPOWSOUR.2018.07.116>. Acesso em: 10 jun. 2025.

KANG, D.; CHEN, M.; OGUNSEITAN, O. Potential environmental and human health impacts of rechargeable lithium batteries in electronic waste. **Environmental Science & Technology**, v. 47, n. 10, p. 5495-5503, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/es400614y>. Acesso em: 9 jun. 2025.

LIU, S. *et al.* Experimental study on lithium-ion cell characteristics at different discharge rates. **Journal of Energy Storage**, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103418>. Acesso em: 9 jun. 2025.

LIU, Y. *et al.* Research progresses of liquid electrolytes in lithium-ion batteries. **Small**, e2205315, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/smll.202205315>. Acesso em: 10 jun. 2025.

MAHESH, M.; BHASKAR, D. V.; REDDY, T. N.; SANJEEVIKUMAR, P.; HOLM-NIELSEN, J. B. Evaluation of ancillary services in distribution grid using large-scale battery energy storage

systems. **IET Renewable Power Generation**, v. 14, n. 19, p. 4216–4222, 28 dez. 2020. DOI: 10.1049/iet-rpg.2020.0169

MANTHIRAM, A. An outlook on lithium ion battery technology. **ACS Central Science**, v. 3, p. 1063-1069, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acscentsci.7b00288>. Acesso em: 9 jun. 2025.

MANTHIRAM, A. A reflection on lithium-ion battery cathode chemistry. **Nature Communications**, v. 11, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15355-0>. Acesso em: 5 jun. 2025.

Nadal, Z. *et al.* Resiliency Analysis in Residential Consumer with Photovoltaic Generation and Battery Energy Storage System, 2020. Acesso em: 16 jun. 2025.

PATEL, T. A comparative study of lithium-ion and sodium-ion batteries: characteristics, performance, and challenges. **Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU)**, 2023.

PETERS, J.; BUCHHOLZ, D.; PASSERINI, S.; WEIL, M. Life cycle assessment of sodium-ion batteries. **Energy & Environmental Science**, v. 9, n. 5, p. 1744-1751, 2016.

PETROVIC, S. Lithium Batteries. In: *Battery Technology Crash Course*. Cham: **Springer**, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-57269-3_6. Acesso em: 8 jun. 2025.

SANG, B.; WU, Z.; YANG, B.; WEI, J.; WAN, Y. Joint estimation of SOC and SOH for lithium-ion batteries based on dual adaptive central difference H-infinity filter. **Energies**, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en17071640>. Acesso em: 6 jun. 2025.

SIGAHI, T.; SZNELWAR, L. From isolated actions to systemic transformations: exploring innovative initiatives on engineering education for sustainable development in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135659>. Acesso em: 9 jun. 2025.

SILVA, Willian Conterato da. **Projeto e simulação de um carregador de baterias de lítio**. Orientador: Felipe Bovolini Grigoletto. 2024. 99 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Pampa, Curso de Engenharia Elétrica, Alegrete, 2024.

SPITTHOFF, L.; SHEARING, P.; BURHEIM, O. Temperature, ageing and thermal management of lithium-ion batteries. **Energies**, v. 14, p. 1248, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/EN14051248>. Acesso em: 5 jun. 2025.

YANG, M. *et al.* Predict the lifetime of lithium-ion batteries using early cycles: a review. **Applied Energy**, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.124171>. Acesso em: 9 jun. 2025.

ZUBI, G.; DUFO-LÓPEZ, R.; CARVALHO, M.; PASAOGLU, G. The lithium-ion battery: state of the art and future perspectives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2018.03.002>. Acesso em: 8 jun. 2025.

TECHNOLOGIES AND APPLICATIONS OF LITHIUM BATTERIES: TEACHING PROPOSAL IN ELECTRICAL ENGINEERING COURSES

Abstract: *The lithium-ion batteries play a key role in the current technological landscape, being essential in portable electronics, electric vehicles, and energy storage systems. However, despite their growing industrial and environmental relevance, academic training in Electrical Engineering in Brazil still lacks structured and in-depth content on this topic. This paper presents a curricular analysis of several Brazilian universities and the results of a survey conducted with students and professionals in the field, confirming a significant gap in lithium battery education. In response, the paper proposes the implementation of an elective course titled "Technologies and Applications of Lithium Batteries", which integrates theoretical foundations and practical modeling using simulation tools. The course aims to address topics such as state of charge (SoC), state of health (SoH), thermal management, and sustainability. This initiative aligns with the new National Curriculum Guidelines for Engineering and seeks to modernize engineering education by including emerging and multidisciplinary technologies that are critical to the energy transition and sustainable development.*

Keywords: *Lithium-ion batteries, Electrical Engineering education, Curriculum development.*

