

PREVISÃO COMPUTACIONAL DA EVOLUÇÃO DE PARÂMETROS DE BATERIAS APLICADAS À AVIAÇÃO.

Donato Perricci Chella¹, Renato Aguiar

Centro Universitário da FEI

eng.donato.perricci.chella@gmail.com preraguiar@fei.edu.br

Resumo: Esse projeto de pesquisa propõe, através de métodos computacionais, tal como o filtro de Kalman, realizar a previsão da evolução dos parâmetros ligados às baterias de Íons de Lítio, como Energia Específica, Potência das Células, e Custo. Os parâmetros analisados são os principais gargalos nos projetos futuros de aeronaves elétricas. Com efeito comparativo e métrico, é comparada a previsão contida em alguns periódicos mundiais com o resultado obtido através dos métodos computacionais aqui utilizados.

1. Introdução

As baterias, desde as primeiras baterias de pilha de Volta no final do século XVIII até as mais modernas baterias de Íons de Lítio, possuíram uma grande evolução, tanto nos materiais que foram utilizados, como na forma construtiva, sendo que tais evoluções trouxeram melhorias de desempenho e uma diminuição em seu tamanho [1].

Na aviação, as baterias hoje possuem um papel importante, servindo de reservas de energia para os principais sistemas embarcados e dando uma maior segurança para possíveis falhas dos sistemas geradores de energia [2]. As aplicações da propulsão elétrica na aviação são novas, existem projetos que consideram essa tecnologia, porém esbarram em parâmetros que ainda tornam inviável seu uso para a aviação. A bateria de Li-íon é uma forte candidata a ser utilizada na aviação, sendo que os principais modelos construtivos são: LCO (Óxido de Cobalto e Lítio), LMO (Óxido de Manganês de Lítio), NMC (Lítio Níquel Manganês Cobalto Óxido), LFP (Fosfato de ferro e Lítio), NCA (Lítio Níquel Cobalto e Óxido de Alumínio), LTO (Títanato de Lítio) e alguns modelos futuros como Li-Ion de estado sólido, Lítio Enxofre, Lítio Air [3]. A figura 1 mostra os principais parâmetros das baterias de Íons de Lítio.

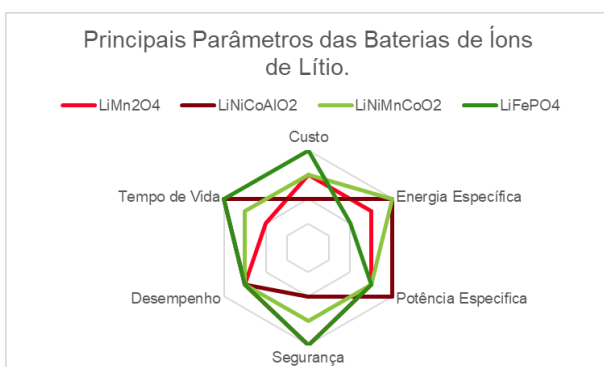


Figura 1 - Principais parâmetros das Baterias de Íons de Lítio.

2. Metodologia

O projeto consiste em um modelamento computacional para os principais parâmetros de uma bateria de Íons de Lítio. Nessa primeira etapa do projeto foi utilizado o filtro de Kalman. Para isso foram levantados os dados dos principais tipos de baterias e, com base nesses dados, foram feitas previsões dos valores obtidos.

Como base para a análise aqui proposta, foram considerados os parâmetros como Energia Específica, Custo e Potência das Células. Como fator comparativo, foi utilizada como base a publicação do estudo realizado em novembro de 2015, por George Crabtree, Elizabeth Kocs e Lynn Trahey, que trouxe o levantamento evolutivo dos principais parâmetros das baterias, representados nas figuras 2 e 3 [4]:

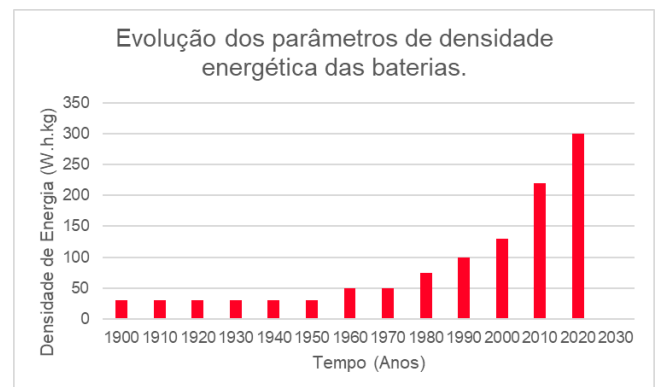


Figura 2 - Evolução dos parâmetros de Densidade Energética das Baterias.

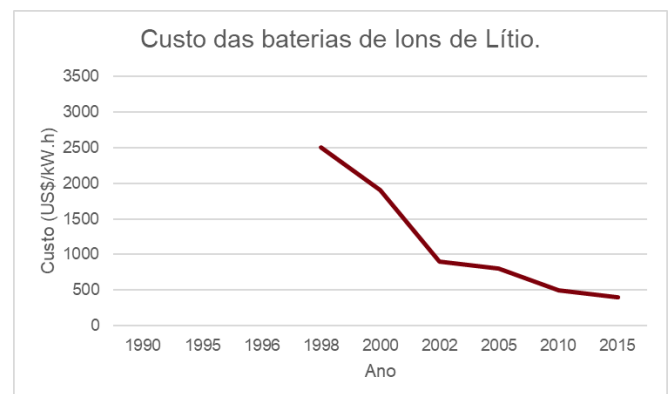


Figura 3 - Evolução nos parâmetros de Custo das baterias de Íons de Lítio.

Para realização da análise computacional, utilizou-se o software *Octave* para a simulação e foi então aplicado o filtro de Kalman que produz uma

estimativa de variáveis ocultas com base nas medidas imprecisas e incertas do passado, fornecendo assim uma predição do estado futuro do sistema, com base nas estimativas anteriores [2].

A base de dados para aplicação do filtro de Kalman são mostradas na tabela 1:

Tabela 1 - Dados das Baterias de Íons de Lítio [3].

Química da Bateria	Energia Específica (Wh/kg)	Custo (kWh dolar)	Pot das Células (V)
Li2TiO3	80	1000	2.4
LiFePO4	120	580	3.3
LiMn2O4	150	n/i	3,8
LiCoO2	200	n/i	3,6
LiNiMnCoO2	220	420	3,7
LiNiCoAlO2	260	320	3,6

3. Resultados

Como resultado obtido, foram obtidos três gráficos que utilizam um eixo com o Valor (Dado referente ao parâmetro utilizado) e outro eixo chamado Amostra, referenciando o número de amostras analisadas trazendo um valor futuro. Tais gráficos são mostrados nas figuras 4, 5, 6.

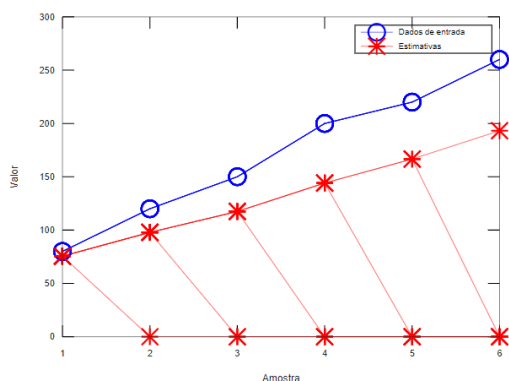


Figura 4- Filtro de Kalman para análise da Energia Específica.

Podemos notar que os valores previstos para Energia Específica ficaram em torno de 200Wh/kg.

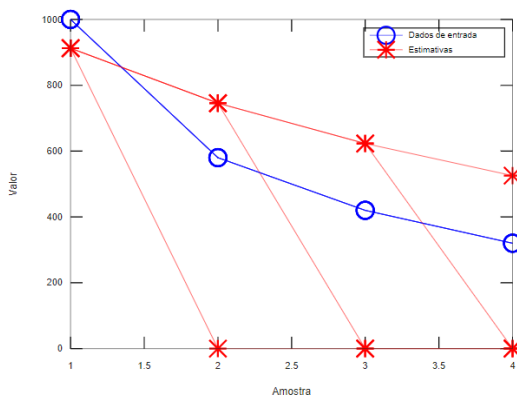


Figura 5- Filtro de Kalman para análise do Custo.

Pode-se notar uma redução nos custos das baterias, chegando a um valor estimado de \$500kWh.

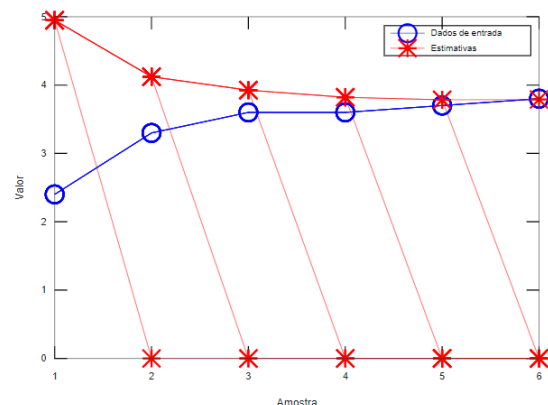


Figura 6- Filtro de Kalman para análise da Potência das Células.

Por fim tem-se um valor de potencial da Célula próximo a 4V. Fator de tensão limitante pelas reações de oxirredução das baterias.

4. Conclusões

Ao se aplicar o filtro de Kalman para a análise aqui proposta, observa-se que os valores previstos em cada um dos parâmetros foram próximos aos valores esperados, tanto ao compararmos com os valores existentes, como ao compararmos com o estudo usado como base. Com isso é possível validar a métrica e o uso do Filtro de Kalman para a previsão dos valores aplicados as baterias de Íons de Lítio, sendo uma possível ferramenta que pode ser utilizada pelas empresas de aviação para validação e projetos futuros.

5. Referências

- [1] M. Hepperle, “Electric Flight - Potential and Limitations,” German Aerospace Center, p. 30, 22 Outubro 2012.
- [2] “KALMAN FILTER. Filtro de Kalman,” [Online]. Available: https://www.kalmanfilter.net/PT/default_pt.aspx.. [Acesso em 30 Abril 2023].
- [3] I. Buchmann, “Battery University,” 2022. [Online]. Available: <https://batteryuniversity.com/>. [Acesso em 18 02 2023].
- [4] E. K. & L. T. George Crabtree, “The energy-storage frontier: Lithium-ion batteries and beyond,” Mature Applications, 27 Novembro 2015.

Agradecimentos

À instituição FEI pela oportunidade de desenvolvimento de trabalho científico, ao meu orientador, pelo qual foi possível adquirir muito conhecimento e também a Embraer por todo suporte dado até aqui.

¹ Aluno de IT do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 02/23 a 01/24.