

Análise de um *pack* de baterias LFP: modelo reduzido de um veículo elétrico

Analysis of an LFP battery pack: reduced model of an electric vehicle

Fernando Faria Duarte¹, Walmor Cardoso Godoi², Emilson Ribeiro Viana³

RESUMO

Neste trabalho estudamos o comportamento de um *pack* de baterias LFP sob o contexto de um automóvel elétrico compacto para mobilidade urbana. A ferramenta utilizada para realizar as simulações foi o software *Simulink* da empresa MATLAB, bloco genérico “*Battery*” disponível na biblioteca “*Simscape Electrical*”. A escolha que se justifica pela sua acessibilidade, aplicabilidade e eficácia. A lógica utilizada para modelagem é baseada em quatro subsistemas conectados e complementares: “Corpo do veículo”, “Motor e controlador”, “Driver input” e “*Pack* de baterias”. Tendo esse propósito em vista, fizemos análises de descargas elétricas não-lineares, para que fosse possível estimar o comportamento de um *pack* de baterias em situações paralelas ao que se encontra no uso cotidiano de um veículo elétrico. Foram simuladas, Velocidades Não Lineares, Distâncias percorridas, Estado de carga (SOC), Tensão, e Corrente em função do tempo de descarga. A melhor alternativa para as simulações foi levar em consideração um modelo reduzido de um veículo elétrico, obtendo resultados precisos mesmo utilizando baixo poder de processamento. Dessa forma, podemos simular ciclos de condução urbanos padronizados (como o NBR6601 ou UDDS ou FTP-75) sem grandes dificuldades.

PALAVRAS-CHAVE: mobilidade elétrica; *pack* de baterias; simulação. *Simulink*.

ABSTRACT

In this work, we study the behavior of a pack of LFP batteries in the context of a compact electric car for urban mobility. The tool used to carry out the simulations was the software *Simulink* from the company MATLAB, generic block “*Battery*” available in the library “*Simscape Electrical*.” This choice is justified by its accessibility, applicability, and effectiveness. The logic used for modeling is based on four connected and complementary subsystems: “Vehicle body,” “Motor and controller,” and “Driver input.” It is a “Pack of batteries.” With this purpose in mind, we carried out analyses of non-linear electrical discharges so that it was possible to estimate the behavior of a battery pack in situations parallel to what is found in the daily use of an electric vehicle. They were simulated, Non-Linear Speeds, Distances traveled, State of charge (SOC), Voltage, and Current in the function of discharge time. The best alternative for the simulations was to consider a reduced model of an electric vehicle, obtaining accurate results even using low processing power. This way, we can simulate standardized urban driving cycles (such as NBR6601, UDDS or FTP-75) without major difficulties.

KEYWORDS: electric mobility; battery pack; simulation. *Simulink*.

¹ Bolsista FUNTEF-PR (Projeto Rota 2030). Departamento Acadêmico de Física. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: fernandoduarte@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4240300870018315>.

² Docente no Departamento Acadêmico de Física. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: walmorgodoi@professores.utfpr.edu.br. ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1099680203756198>.

³ Docente no Departamento Acadêmico de Física. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: emilsonjunior@professores.utfpr.edu.br. ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6034855461324993>.

INTRODUÇÃO

A simulação é uma poderosa ferramenta de modelagem computacional que desempenha um papel fundamental em diversas áreas, incluindo o estudo de carros elétricos e aplicação desses em ciclos urbanos. Ela envolve a criação de modelos computacionais que replicam o funcionamento de sistemas reais, permitindo a análise de seu comportamento em cenários controlados e virtuais.

Quando aplicada aos carros elétricos, a simulação oferece vantagens significativas. Em relação aos carros elétricos, por exemplo, permite testar novos designs, baterias e sistemas de gerenciamento de energia sem a necessidade de construir protótipos físicos, economizando tempo e recursos. Além disso, possibilita a avaliação do desempenho em condições variáveis de tráfego urbano, auxiliando no desenvolvimento de veículos mais eficientes e sustentáveis.

MATERIAIS E MÉTODOS

A ferramenta utilizada para realizar as simulações foi o software *Simulink* da empresa Matlab, bloco genérico “*Battery*” disponível na biblioteca “*Simscape Electrical*”, escolha que se justifica pela sua acessibilidade e eficácia. A lógica utilizada para modelagem é baseada em quatro subsistemas conectados e complementares: “Corpo do veículo”, “Motor e controlador”, “*Driver input*” e “*Pack de baterias*”. Algo importante a se considerar acerca do sistema é o seu modo de funcionamento. Os subsistemas relativos ao motor e à bateria são conectados por uma fonte simulada de corrente controlada. O modo como o sistema traduz as exigências de corrente, tensão e estado de carga (SOC) do *pack* de baterias é por meio da corrente exigida para o funcionamento adequado do corpo do veículo conforme determinados parâmetros. Por consequência disso, é inviabilizado o uso do modelo objetivando comparar o tempo de duração da bateria a nível de célula e *pack* (já que a capacidade de uma célula de bateria é igual à capacidade do *pack* em uma associação em série).

CORPO DO VEÍCULO E PNEUS

O primeiro subsistema “corpo do veículo e pneus” é responsável por modelar a parte mecânica do veículo, seus elementos principais correspondem ao corpo do veículo e ao pneu. Na tabela 1 abaixo serão apresentadas as parametrizações mais importantes alteradas conforme os parâmetros utilizados no projeto Rota 2030, pensando num carro compacto. Neste trabalho o carro escolhido foi o Kwid da marca Renault.

MOTOR E CONTROLADOR

O segundo subsistema “motor e controlador” é o mais importante do modelo, pois é nele em que ocorre a conversão de energia elétrica para energia mecânica e o tratamento dos *inputs* de velocidade dados no modelo enviados para o motor. Na tabela 2 serão apresentadas as parametrizações mais importantes alteradas conforme os parâmetros utilizados no projeto Rota 2030.

Tabela 1 – Corpo do Veículo / Pneus

Parâmetro	Valor
Massa	977 Kg
Área Frontal	2,33 m ²
Coeficiente de arrasto	0,3
Densidade do ar	1,225 Kg/m ³
Carga vertical	2763,96 N
Pico de carga	5052,15 N
Raio do rolamento	0,29 m

Fonte: Autoria própria (2023).

Tabela 2 – Motor DC

Parâmetro	Valor
Potência mecânica	48 kW
Tensão nominal de alimentação	288 V

Fonte: Autoria própria (2023).

Ademais, estão presentes os seguintes componentes no subsistema: Ponte-H (responsável por tornar possível o controle do motor, permitindo aplicar aceleração, desaceleração e frenagem), fonte de tensão controlada (permite fornecer a mesma tensão a todos os elementos do circuito), controlador de tensão PWM (usado para controlar a onda PWM vinda do subsistema *input driver*), sensor de corrente (responsável por mensurar a corrente exigida pelo funcionamento do motor em relação ao input de velocidade e estabelecer a transmissão dessa exigência ao *pack* de baterias).

LEITOR DE SINAIS

O terceiro subsistema “leitor de sinais” torna possível a leitura de dados pré-estabelecidos sob perspectiva automotiva, seus componentes são: construtor de sinal (permite gerar um *input* de dados manualmente por meio de pontos cartesianos ou com base em uma tabela de dados externa), condutor longitudinal (recebe o *input* adicionado no construtor de sinal e o trata como dados em contexto automotivo, tais como: velocidade esperada e real, aceleração e frenagem).

BATERIA

O quarto subsistema, “bateria” funciona como fonte de energia de todos os outros sistemas. Na tabela 3 são apresentadas as parametrizações mais importantes alteradas conforme os parâmetros utilizados no projeto Rota 2030.

Tabela 3 – Bateria

Parâmetro	Valor
Tensão nominal	288 V
Capacidade nominal	70 Ah
Capacidade máxima	73,5 Ah
Tensão de corte	225 V
Tensão Máxima	328,5 V
Resistência interna	0,054 Ω

Fonte: Autoria própria (2023).

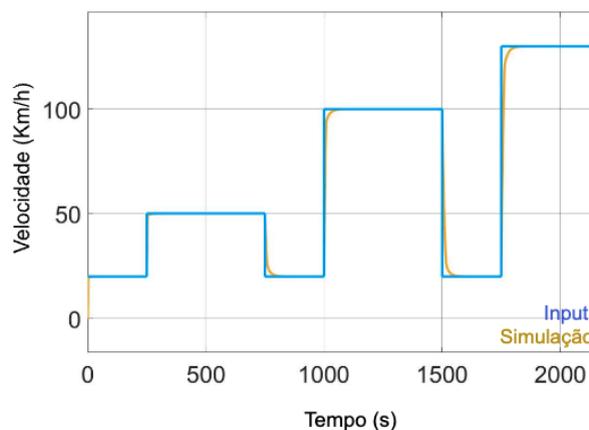
Além dos supracitados, estão presentes os seguintes componentes no subsistema: seletor de sinais (reconhece os sinais de informação da bateria, permitindo a separação dos mesmos para análise individual) e fonte de corrente controlada (capta a corrente oriunda do motor e estabelece a conexão do *pack* de baterias com os demais subsistemas).

RESULTADOS

SIMULAÇÃO NÃO LINEAR

Com a finalidade de averiguar o comportamento do automóvel relativo às partes mecânica e elétrica, ao longo de uma simulação não linear, optou-se por realizar a aplicação de degraus ascendentes de velocidade. Estratégia que possibilita também a geração de dados úteis acerca da velocidade e distância percorridas.

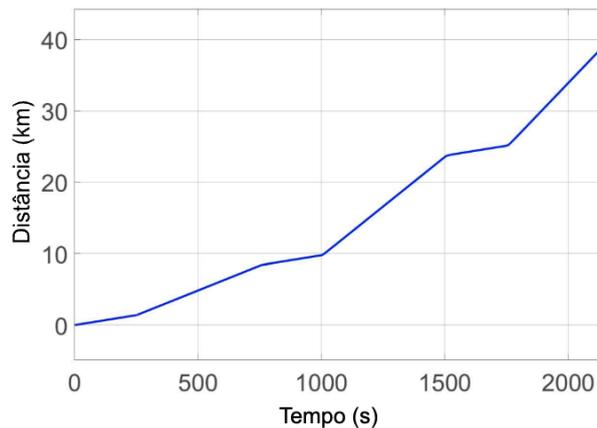
Figura 1 – *Input x Simulação* de uma velocidade não linear em função do tempo



Fonte: Autoria própria (2023)

Assim como o esperado, a diferença entre o *input* e o *output* na figura 1 nos pontos de alteração abrupta evidencia o efeito das forças resistivas na trajetória do veículo simulado. O resultado é coerente, pois a diferença entre o *input* e o *output* aumenta quanto maior a velocidade e também diminui em momentos de frenagem (justifica-se por ser o momento em que as forças resistivas atuam a favor do movimento). Na figura 2, distância percorrida pelo automóvel em função do tempo, pode-se observar claramente a variações de velocidade.

Figura 2 – Distância percorrida em função do tempo



Fonte: Autoria própria (2023).

As variações do estado de carga do *pack* (SOC) são coerentes com os pulsos de velocidade aplicados e ao nível de exigência da bateria. Vale ressaltar que quanto maior é a velocidade requisitada, maior é a queda do SOC em um intervalo menor de tempo. Comportamento que está conforme o esperado.

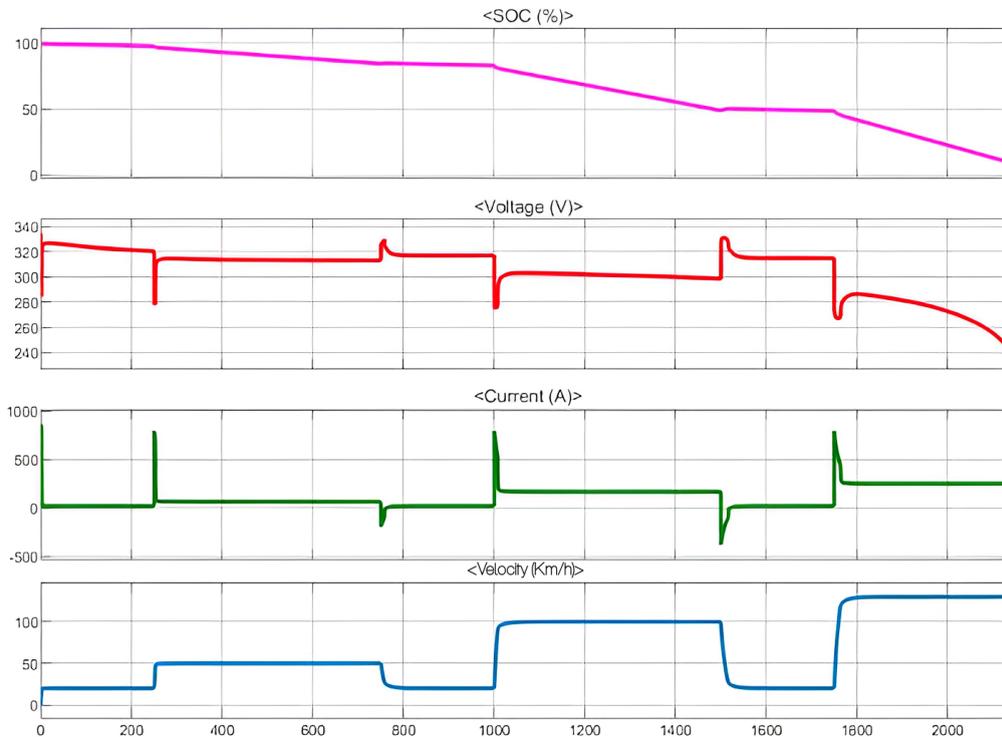
Tendo em vista a tensão máxima parametrizada (328,5V), o comportamento da tensão apresentado (figura 3, curva vermelha) não extrapolou o valor, mantendo-se dentro da faixa de operação desejada.

Observa-se um comportamento levemente alterado nos picos de corrente (figura 3, curva verde) a partir dos instantes em que ocorre uma mudança brusca de velocidade (figura 3, curva azul). Fato que pode ser justificado pela taxa de descarga parametrizada na bateria ser extrapolada exatamente nesses momentos. Entretanto, há uma recuperação nos momentos em que a velocidade se estabiliza, comportamento esperado e satisfatório.

CONCLUSÃO

Podemos concluir que a melhor alternativa para as simulações foi levar em consideração um modelo reduzido de um veículo elétrico, pois obtivemos resultados precisos mesmo utilizando baixo poder de processamento. Dessa forma, podemos simular ciclos de condução urbanos padronizados (como o NBR6601, UDDS ou FTP-75) sem grandes dificuldades.

Figura 3 – Estado de carga (SOC), tensão (voltage), corrente (current) e velocidade (velocity) em função do tempo.



Fonte: Autoria própria (2023).

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pela Chamada Pública Fundep Rota 2030 nº 01/2020, Acordo #27192.03.01/2020.16-00. Agradecimentos a FUNTEF-PR, Renault do Brasil e UTFPR-CT.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

YADAV, Anish. **Electric Vehicle Simulation in Simulink**. Matlab Helper, 2020. Disponível em: <https://matlabhelper.com/blog/simulink/electric-vehicle-simulation-in-simulink/>. Acesso em: 18 set. 2023.

BATTERY. MathWorks, 2023. Disponível em: <https://www.mathworks.com/help/sps/powersys/ref/battery.html>. Acesso em: 18 set. 2023.

ABDAL, A. Sobre regiões e desenvolvimento: o processo de desenvolvimento regional brasileiro no período 1999-2010. Tese (Doutorado em Sociologia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 261. 2015.

XIII Seminário de Extensão e Inovação
XXVIII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR

Ciência e Tecnologia na era da Inteligência Artificial: Desdobramentos no Ensino Pesquisa e Extensão
20 a 23 de novembro de 2023 - *Campus Ponta Grossa, PR*

