

PROJETO E SIMULAÇÃO DE UM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA COM BATERIAS CHUMBO ÁCIDO E LÍTIO – ION PARA UM V.E

Gustavo Soares dos Santos, gustavosoarez@gmail.com¹
Francisco José Grandinetti, fjgrandinetti@hotmail.com¹
Rodrigo Augusto Rocha Alves, rodrigo.rocha.alves@hotmail.com¹

¹Universidade de Taubate – UNITAU, Departamento de Engenharia Mecânica, Rua Daniel Danelli, s/n, Taubaté, SP, Brasil

Resumo: Em meio as questões ambientais levantadas e discutidas nos últimos anos, o tema Veículos Híbridos e Veículos Elétricos (V.E) tem sido amplamente discutido e estudado pela sociedade civil e pela comunidade acadêmica. Este artigo tem como proposta projetar uma arquitetura de armazenamento de energia para veículos puramente elétrico utilizando baterias. Este projeto foi modelado e simulado com base em um veículo convencional adaptado para arquitetura puramente elétrica. Utilizando os softwares MATLAB e ADVISOR os modelos foram simulados e ao final da simulação dos modelos propostos, foram apresentadas a performance e resultados das emissões de gases considerado o veículo no seu estado convencional e uma comparação entre os bancos de baterias propostos para o modelo do veículo elétrico autossustentável em desenvolvimento no Departamento de Engenharia Mecânica da UNITAU.

Palavras-chave: ADVISOR, Armazenamento de energia, Veículos Elétricos, Matlab

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos os veículos elétricos vêm se tornando cada vez mais importantes na sociedade em que vivemos, esta importância se dá principalmente por questões ambientais que tem sido abordadas nos últimos anos. O aquecimento global vem sendo amplamente discutido em todo mundo durante vários encontros e fórum mundiais da ONU e outras organizações de defesa ambiental. Este aquecimento é basicamente causado com liberação de dióxido de carbono quando os combustíveis fósseis são queimados e a partir do aquecimento temos uma série de problemas climáticos desencadeados (Baran, 2010).

Além das questões ambientais, é preciso considerar que as reservas de petróleo deverão durar por mais 40 anos, a escassez é inevitável e poderá resultar em utilização de outros combustíveis fósseis que podem não ser economicamente viáveis. Desta forma, pode-se ter um colapso no quesito abastecimento da frota brasileira (Portilho, 2017). Neste contexto, o veículo puramente elétrico surge como uma opção que deve ser considerada para auxiliar na solução deste colapso. Os VE têm emissões de poluentes bem reduzidas ou até zero, no caso dos veículos puramente elétricos. Os VE têm um custo operacional mais barato quando comparado a um veículo movido à gasolina. Esses veículos utilizam motores elétricos que por sua vez podem ser alimentados por baterias recarregáveis e ultracapacitores; esses armazenadores transformam essa energia química armazenada nas baterias e ultracapacitores em energia elétrica que proporcionam o funcionamento do motor, que por sua vez converte em energia mecânica entregando essa energia de forma direta nas rodas ou através de uma transmissão, possibilitando assim que o veículo se locomova.

2. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

2.1. Concepção do protótipo

O veículo base utilizado no desenvolvimento do protótipo é um Volkswagen Saveiro ano/modelo: 92/92, este veículo é originalmente um veículo de carga compacto com Motor de Combustão Interna (MCI) que utiliza gasolina (E-22) como combustível, transmissão manual de 5 velocidades e tração no eixo dianteiro. A Fig. 1 é um exemplar do veículo na sua configuração original.



Figura 1. Veículo Volkswagen Saveiro

Para a transformação do veículo convencional em um VE a configuração escolhida para ser utilizada no desenvolvimento do protótipo foi a seguinte:

- Máquina elétrica: Motor WEG W22
- Caixa de Transmissão: 5 velocidades manual (Volkswagen).
- Banco de baterias: 25 Baterias Chumbo Ácido (Pb) ou 56 baterias Lítio-íon (Li-íon)
- Inversor de frequência: WEG CFW-11

A Fig. 2 apresenta a configuração que foi adotada para o desenvolvimento deste artigo.

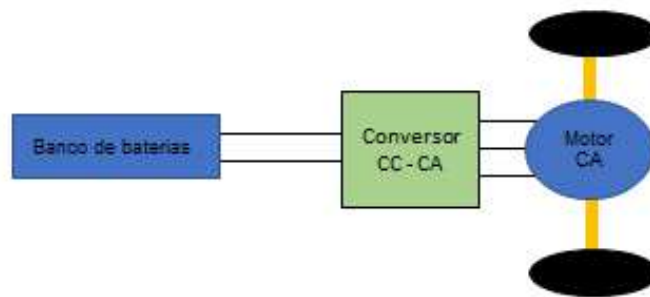


Figura 2. Modelo VE utilizado para desenvolvimento do protótipo

2.2. Modelagem e características dos bancos de baterias

Os modelos propostos neste trabalho são baseados em baterias com características de baterias Chumbo Ácido (Pb) e baterias de Lítio - íon (Li-íon), a criação dos modelos tiveram como objetivo prever o desempenho de cada uma das opções propostas, considerando as variáveis: máquina elétrica adotada no projeto do veículo, tipo de veículo, ciclo de rodagem adotado como referência e etc. Os modelos propostos neste trabalho são baseados no circuito equivalente apresentado na Fig.3.

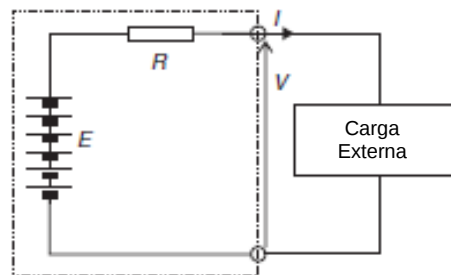


Figura 3. Circuito equivalente para modelagem de baterias

No circuito equivalente da Fig. 3 temos os seguintes componentes: E é a tensão de circuito aberto, R é a resistência interna, I é a corrente e V é a tensão de alimentação. Este circuito apresenta valores de E e R não constantes.

A tensão no circuito aberto é o primeiro parâmetro a ser estabelecido, pois esta tensão é diferente para cada um dos dois tipos de baterias propostos; esta variação de tensão se dá em função do número de células “ n ” e da profundidade de carga DoD. A tensão para baterias Chumbo Ácido está expressa na Eq. (1), nesta equação foi considerado que DoD é 0 para bateria carregada e 1 para bateria descarregada (Kroeze, 2008; Larminie, 2012).

$$E = n \times (2,15 - \text{DoD} \cdot (2,15 - 2,00)) \quad (1)$$

O estado de carga SoC é apresentado como a capacidade atual da bateria, e pode ser entendido como a diferença da máxima carga possível na bateria (100%) e a descarga considerada. Para efeito de cálculos na simulação neste trabalho, foi considerado que uma bateria carregada apresenta SoC de 100% e totalmente descarregada um SoC de 0%. A Eq. (2) apresenta o estado de carga SoC.

$$\text{SoC} = 1 - \text{DoD} \quad (2)$$

Para as baterias de Lítio - íon a tensão E varia em função do estado de carga da bateria SoC a Eq. (3) apresenta a tensão no circuito para este tipo de bateria (Kroeze, 2008; Larminie, 2012).

$$E = n \times \left(-108,97 \times \text{SoC}^6 + 355,88 \times \text{SoC}^5 - 453,54 \times \text{SoC}^4 + 284,33 \times \text{SoC}^3 - 90,038 \times \text{SoC}^2 + 13,433 \times \text{SoC} + 3 \right) \quad (3)$$

A resistência interna R para baterias chumbo ácido é considerada constante e para as baterias Lítio - íon tem variação em função do estado de carga SoC e é apresentada na Eq. (4) (Kroeze, 2008; Larminie, 2012).

$$R = n \times \left(-0,049 \times \text{SoC}^5 - 0,1297 \times \text{SoC}^4 + 0,4965 \times \text{SoC}^3 - 0,4577 \times \text{SoC}^2 + 0,144 \times \text{SoC}^1 + 0,0482 \right) \quad (4)$$

A capacidade da bateria é calculada pela capacidade de Peukert, onde o coeficiente K de Peukert tem um valor diferente para cada tipo de banco de baterias. A Eq. (5) representa a capacidade de Peukert (Larminie, 2012).

$$C_P = I_{BT}^K \times t \quad (5)$$

C_P é a capacidade de Peukert, K é o coeficiente de Peukert, I_{BT} é a corrente requerida pela bateria e t é o tempo. A tensão de alimentação V para ambos os tipos de baterias é definida pela Eq. (6).

$$V_{BT} = E - R \times I \quad (6)$$

A potência requerida em ambas às configurações de baterias é definida pela Eq. (7), que é o produto da tensão V pela corrente I .

$$P = V \times I \quad (7)$$

E por último temos a definição da corrente requerida na bateria, essa corrente é expressa pela Eq. (8).

$$I = \frac{-E + \sqrt{E^2 + 4 \times R \times P}}{2 \times R} \quad (8)$$

2.3. Ciclos de condução

Ciclo de condução é uma sequência de condições de operação (marcha lenta, aceleração, desaceleração, distancia, tempo de condução, frequência das partidas e paradas), desenvolvida para representar um padrão típico de condução em uma região se aproximando da realidade, sendo amplamente utilizado em estudos de emissões veiculares (Nesamani; Subramanian, 2011).

No Brasil, o ciclo de condução adotado para determinação dos níveis de emissões de CO₂ em veículos leves e comerciais leves, é o ciclo americano conhecido como FTP-75 (Federal Test Procedure 75). Os procedimentos relativos a este ensaio são descritos na Norma Brasileira (NBR 6601). A Fig. 3 demonstra este ciclo.

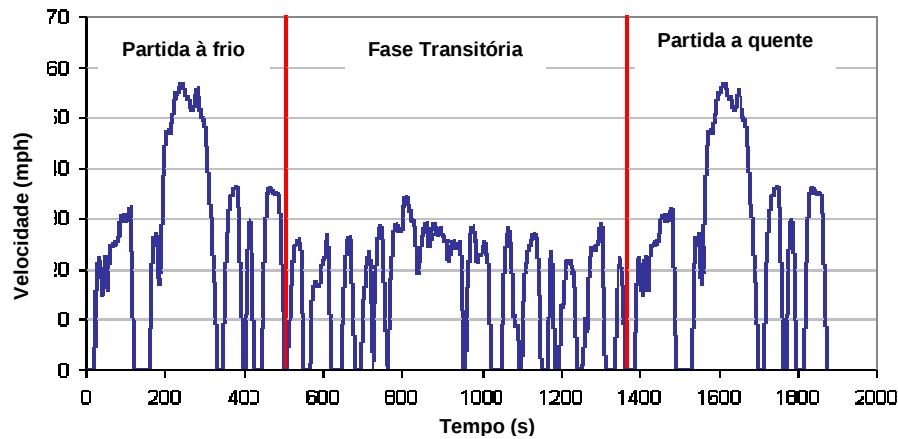


Figura 3. Ciclo de condução FTP – 75

3. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DOS MODELOS PROPOSTOS

Para a simulação dos modelos propostos foi utilizado o software ADVISOR (*Advanced Vehicle Simulator*). Através das simulações foram validados os modelos de veículo convencional e as propostas de bancos de armazenamento de energia para utilização no VE.

3.1. Software Advisor (Advanced Vehicle Simulator)

O ADVISOR é um software de simulação de veículos que possibilita simulações de diversas arquiteturas veiculares, entre as possibilidades de simulação estão: VE, VEH e VEH com células de combustível (hidrogênio). O software foi desenvolvido pelo Laboratório Nacional de Energias Renováveis dos Estados Unidos - NREL (*National Renewable Energy Laboratory*). Foi projetado para ser uma ferramenta de análise para auxiliar o Departamento de Energia dos Estados Unidos – DOE (*Department of Energy*) no desenvolvimento de tecnologias para VE e VEH em conjunto com as principais montadoras norte americanas Ford, General Motors e Daimler Chrysler. O principal objetivo do ADVISOR é possibilitar a comparação entre os modelos simulados, proporcionando análises dos seus componentes e o seu impacto no desempenho e consumo de combustível.

O ADVISOR foi criado no ambiente MATLAB/SIMULINK, por conta do MATLAB ter um ambiente de programação baseado em matrizes o que torna possível a realização de cálculos sem muita complexidade e o SIMULINK é utilizado para representar sistemas complexos utilizado a forma gráfica.

3.2. Modelo e simulação de veículo convencional

Na simulação do veículo convencional a proposta foi simular o funcionamento do veículo convencional utilizado como base para o desenvolvimento da pesquisa e após a simulação ter informações sobre comportamento do veículo durante um determinado ciclo de condução e ainda dados sobre emissão de poluentes na atmosfera. A Tab. 1 apresenta os dados de entrada utilizados para simulação do veículo convencional utilizado.

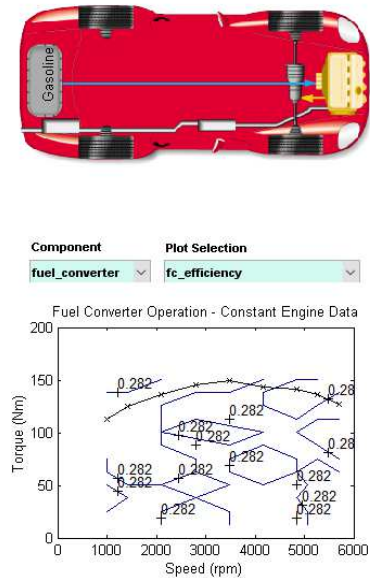
Tabela 1. Principais dados do motor inseridos no ADVISOR

Dados Motor	
Combustível	Gasolina (E-22)
Potência	76cv a 5600 rpm
Torque	13,3kgfm a 3200 rpm

Para realizar a simulação no software ADVISOR, foram adicionadas características necessárias para a simulação no diagrama de blocos ou diretamente na tela de entrada de dados.

A Fig. 4 apresenta a tela de entrada do ADVISOR, nessa tela o modelo de veículo convencional utilizado como base para a simulação é representado. Para simular um modelo próximo ao nosso veículo protótipo, alteramos alguns campos na tela de entrada em função das características específicas do veículo protótipo.

Vehicle Input



Component	Version	Type	Value	Mass (kg)
Vehicle	?	VEH_smallTruck		971
Fuel Converter	ic	FC_SI_CONSTANT	76 0.28	222
Exhaust Aftertreat	?	EX_SI	#of mod V nom	20
Energy Storage	?	ess options		
Energy Storage 2	?	ess 2 options		
Motor	?	MC_AC124_EV1_draft		
Motor 2	?	motor 2 options		
Starter	?	starter options		
Generator	?	gc options		
Transmission	man	TX_SSPD	1	114
Transmission 2	?	trans 2 options		
Clutch/Torque Conv.	?	clutch/torque converte...		
Torque Coupling	?	TC_DUMMY		
Wheel/Axle	Crr	WH_SMCAR		0
Accessory	Co...	ACC_CONV		
Acc Electrical	?	acc elec options		
Powertrain Control	conv	PTC_CONV		

Drive Type: ☒ front wheel drive ☐ rear wheel drive ☐ four wheel drive

Cargo Mass: 200
Calculated Mass: 1527
Override mass: 1

Variable List:
Component: fuel_converter
Variables: fc_acc_mass 32.8056

Figura 4. Tela de entrada dos dados para a simulação

O modelo do veículo foi representado graficamente usando os diagramas de bloco do SIMULINK que permitiu a definição das conexões entre os componentes de forma intuitiva. A Fig. 5 mostra um diagrama de blocos para um modelo de veículo puramente elétrico.

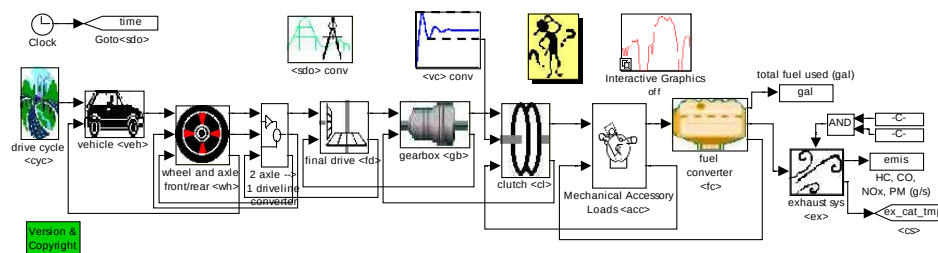


Figura 5. Diagrama de blocos do veículo convencional adotado

Para realizar a simulação foi necessária a escolha dos procedimentos de testes, e em seguida o ADVISOR realizou a simulação e disponibilizou os resultados. A Fig. 6 apresenta os resultados em forma de gráficos para alguns parâmetros previamente escolhidos.

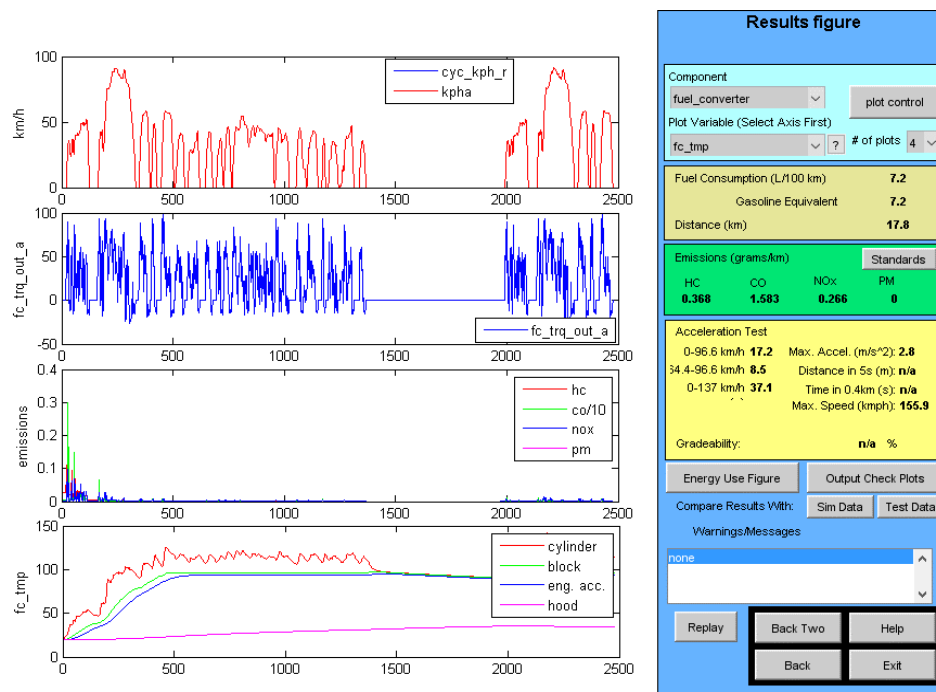


Figura 6. Resultado simulação veículo convencional

Os parâmetros escolhidos na simulação do modelo foram:

- Km/h: Velocidade durante o ciclo de condução simulado.
- Fc_trq_out_a: Torque do MCI alcançado durante o ciclo de condução. No gráfico o toque está alinhado com a velocidade. (N*m)
- Emissions: Níveis de emissão de HC, CO, NOx e PM.
- Temperatura do MCI na linha do tempo, as temperaturas demonstradas são: Temperatura do cilindro, temperatura no bloco do MCI, temperatura exterior (agregados do motor – exemplo bomba de água) e a temperatura externa no capô do motor.

A Tab.2, apresenta o mapa de eficiência de cada componente do modelo de veículo convencional simulado.

Tabela 2. Mapa de eficiência energética veículo convencional

MAPA EEFICIÊNCIA ENERGETICA (KJ)	
Componente	Eficiência (%)
Motor Combustão Interna	22
Embreagem	98
Transmissão	94
Eixo/Rodas	93

Com estas informações foi possível identificar onde ocorreram as maiores perdas e desta forma foi possível propor modificações com objetivo de melhorar a eficiência do veículo. Na simulação do veículo convencional utilizado em nosso estudo a eficiência do MCI foi de 22%.

3.3. Simulação do modelo de banco com baterias chumbo ácido (Pb) proposto para o VE

O modelo de bateria chumbo ácido (Pb) adotado foi simulado no software ADVISOR, considerando a arquitetura veicular demonstrada na Tab. 3.

Tabela 3. Dados inseridos no software ADVISOR

Dados VE com baterias (Pb) simulado no ADVISOR	
Tipo de veículo	Veículo de carga - 2 passageiros (Similar a uma VW Saveiro)
Máquina Elétrica	Motor Indução Westinghouse - 19KW ~ 25cv
Banco de baterias (Pb)	25 módulos - Baterias Hawker Genesis 12v26Ah10EP / VRLA Battery
Transmissão	Manual de 5 velocidades
Acessórios	700W - Considerado para cargas elétricas necessárias para o veículo

Nesta arquitetura com objetivo de aproximar o modelo de veículo simulado ao veículo protótipo em desenvolvimento, foram modificados alguns parâmetros originalmente propostos no software ADVISOR. O primeiro parâmetro modificado foi o modelo de máquina elétrica utilizada (Motor). Originalmente a máquina Westinghouse é modelada com 75KW, para a essa simulação este parâmetro foi modificado para 19KW, aproximando da potência utilizada na máquina WEG que foi adotada fisicamente; o segundo parâmetro modificado foi o modelo de diâmetro de roda e pneu (Wheel/Axle), foi adicionada a medida 185/70R14 para este parâmetro. Na simulação deste modelo foi utilizado o procedimento de teste FTP-75 com temperatura ambiente de 20°C; após a inclusão dos dados no software, a simulação foi realizada e os resultados obtidos são apresentados na Fig. 7.

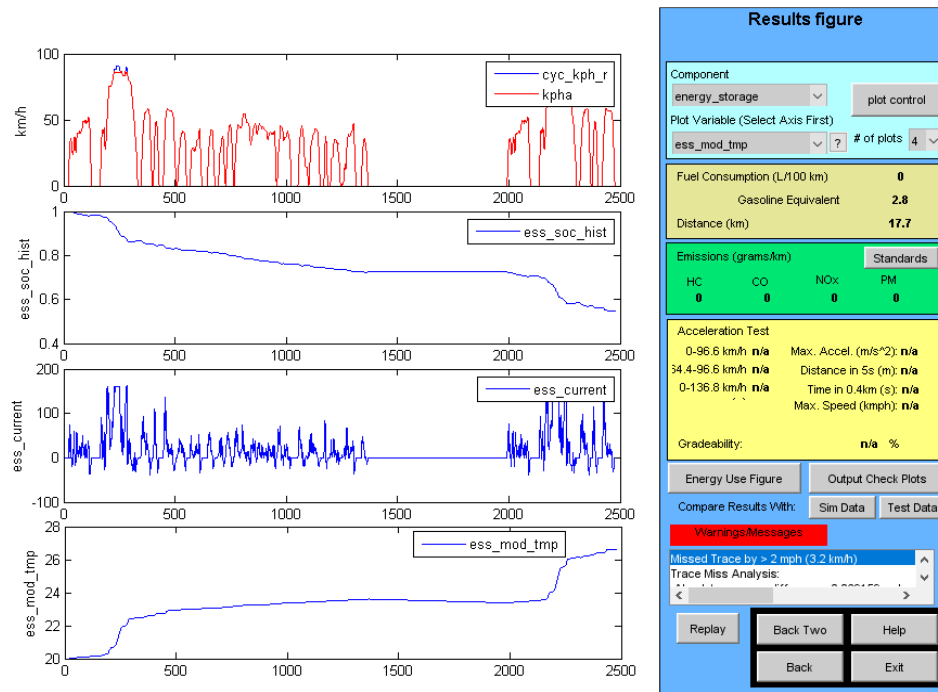


Figura 7. Resultados para banco de baterias chumbo ácido (Pb)

Os resultados apresentados na Fig. 7 são referentes aos seguintes parâmetros:

- Km/h: Apresenta a velocidade do veículo solicitada durante o ciclo de condução simulado (cyc_kph_r) e velocidade alcançada com a configuração escolhida.
- Ess_soc_hist: Apresenta o histórico do estado de carga da bateria
- Ess_current: Corrente disponibilizada pelo banco de baterias em cada momento do ciclo de condução (A)
- Ess_mod_tmp: Temperatura do banco de baterias durante o ciclo de condução (°C)

Tabela 4. Mapa de eficiência energética para o VE com banco de baterias chumbo ácido (Pb)

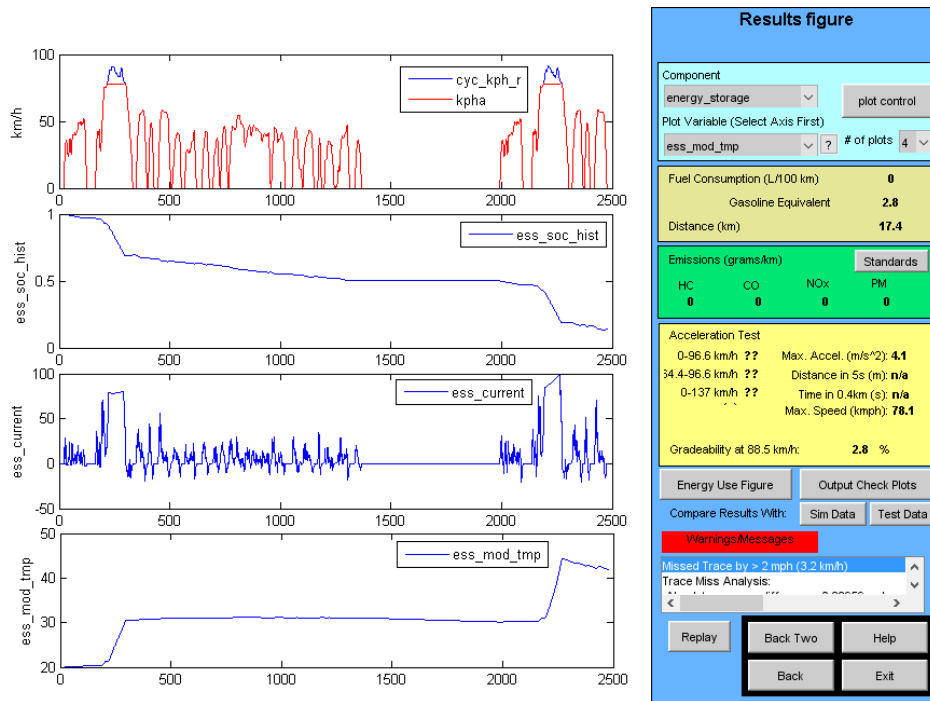
MAPA EFICIÊNCIA ENERGETICA (KJ)	
Componente	Eficiência (%)
Armazenador de energia (banco de baterias)	77
Motor Elétrico	82
Relação final da transmissão	100
Transmissão	100
Eixo/Rodas	95

A Tab.4 apresenta o mapa de distribuição de energia da arquitetura simulada. Com a análise das informações foi possível verificar que a eficiência da máquina elétrica foi de 82% e do banco de baterias chumbo ácido foi de 77%.

3.4. Modelo e simulação do VE com banco de baterias Lítio – íon (Li – íon)

Para a simulação do modelo com baterias de Lítio – íon (Li-íon), foram utilizados os mesmos parâmetros da Tab. 3, exceto o banco de baterias onde foram considerados 56 módulos com baterias de 6Ah da marca Saft Battery.

Na simulação do modelo Lítio – íon (Li-íon), foi utilizado o procedimento de teste FTP-75 com temperatura ambiente de 20°C; após a inclusão dos dados no software, a simulação foi realizada e os resultados obtidos são apresentados na Fig. 8.

**Figura 8. Resultados para banco de baterias Lítio – Íon**

Os resultados apresentados nas Fig. 8 são referentes aos seguintes parâmetros:

- Km/h: Apresenta a velocidade do veículo solicitada durante o ciclo de condução simulado (cyc_kph_r) e velocidade alcançada com a configuração escolhida (kpha).
- Ess_soc_hist: Apresenta o histórico do estado de carga da bateria.
- Ess_current: Corrente disponibilizada pelo banco de baterias em cada momento do ciclo de condução (A).
- Ess_mod_tmp: Temperatura do banco de baterias durante o ciclo de condução (°C).

Tabela 5. Mapa de eficiência energética para o VE com banco de baterias Lítio – Íon

MAPA EFICIÊNCIA ENERGETICA (KJ)	
Componente	Eficiência (%)
Armazenador de energia (banco de baterias)	88
Motor Elétrico	82
Relação final da transmissão	100
Transmissão	100
Eixo/Rodas	95

A Tab.5 apresenta o mapa eficiência energética considerando a arquitetura simulada. Com a análise das informações foi possível verificar que a eficiência da máquina elétrica foi de 82% e do banco de baterias lítio – íon foi de 88%.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

As duas configurações de banco de baterias simuladas neste trabalho, apresentam a mesma configuração veicular: motor elétrico, cargas elétricas auxiliares de 700 W e carga considerada de 200kg. Com este parâmetro inicial foram realizadas as simulações considerando os dois cenários de banco de baterias propostos neste estudo: Banco de Baterias Chumbo Ácido e banco de baterias Lítio – Íon. Cada tipo de bateria tem uma característica construção e de funcionamento. Esta diferença entre os modelos de baterias propostos neste estudo fica evidenciada nos resultados encontrados durante as simulações. Na Tab. 6 é apresentado o comparativo de alguns parâmetros dos modelos simulados.

Tabela 6. Comparativo parâmetros entre modelos propostos

Tipo de arquitetura Simulada	Eficiência do Motor (%)	Eficiência do Banco de baterias (%)	Peso do Veículo (kg)	Peso banco de baterias (Kg)
Chumbo Ácido (Pb)	82	77	1583	275
Lítio - íon (Li-íon)	82	88	1372	64
Veículo Convencional	22	-	1467	-

Analisando a Tab. 6, foi possível verificar que a eficiência de ambos os bancos é muito próxima, porém o banco com baterias de Lítio – Íon é mais eficiente, tem o menor peso e maior eficiência do sistema de armazenamento. Foi possível evidenciar que nas duas aplicações de banco de baterias, nos momentos em que houve necessidade de picos de velocidade acima de 78,5km/h o veículo com arquitetura proposta, não conseguiu atender à solicitação. Outro fator que foi verificado nos gráficos das Fig. 7 e Fig. 8, é que os bancos dimensionados têm carga suficiente para atendimento do ciclo de condução especificado e que conforme a literatura mostra, o banco com baterias de Lítio – íon, tem temperatura de trabalho muito superior à do banco com baterias de Chumbo ácido.

Na análise da configuração convencional, foi possível verificar que a performance do veículo na simulação foi muito próxima dos dados fornecidos pela montadora do veículo. O veículo nesta configuração apresentou velocidade máxima de 155km/h, que é muito superior aos 78,5 km/h entregues pelo motor elétrico WEG durante a simulação. Os níveis de emissões (NOx, HC e CO) apresentados na simulação estão dentro dos padrões estabelecidos na legislação brasileira para este tipo de veículo, quando considerada a legislação vigente no ano de fabricação do motor utilizado como referência para a simulação. A eficiência do MCI durante o ciclo de condução simulado foi de 22%.

5. CONCLUSÕES

A partir dos modelos apresentados, foram realizadas as simulações utilizando os softwares MATLAB e ADVISOR, onde foi possível obter resultados que proporcionaram uma análise ampla da performance do VE. Com análise dos dados da simulação foi possível concluir que o sistema de armazenamento com baterias Lítio – íon é mais eficiente e proporciona uma autonomia semelhante à opção com baterias de chumbo ácido, porém ocupando um espaço menor e com apenas 23% do peso do banco com baterias de chumbo ácido.

Considerando que o projeto em desenvolvimento é de um veículo autossustentável e que irá receber uma turbina eólica e painéis solares, a preocupação com o peso do sistema de armazenamento de energia é evidente, e quando é considerada na simulação a configuração com baterias de lítio-íon tem-se uma redução de 13% no peso total do veículo.

Com tudo, é possível concluir que a utilização de um sistema de armazenamento de energia utilizando baterias de chumbo ácido é viável, mas quando é considerada a possibilidade do projeto receber um sistema de micro geração de energia, a utilização de um banco com baterias de Lítio - íon é recomendada.

6. REFERÊNCIAS

- Baran, Renato; Legey, Luiz Fernando Loureiro, 2011, Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n.33, p. 207-224.
- Larminie, James, 2012, Electric vehicle technology explained / James Larminie, John Lowry. – Second Edition: WILEY.
- Nesamani, K.S., Subramanian, K.P., 2011, Development of a driving cycle for intra-city buses in Chennai, India. Atmospheric Environment, 45, p.5469-5476.
- Portilho, G., 2017, Quanto tempo vai durar o petróleo no mundo? Revista Mundo Estranho. Disponível em: <http://mundoestranho.abril.com.br/ambiente/quanto-tempo-vai-durar-o-petroleo-no-mundo/>. Acesso em: 20.08.2017
- Kroeze, R. C. & Krein, P. T., 2008. Electrical battery model for use in dynamic electric vehicle simulations. IEEE Power Electronics Specialists Conference. Rhodes, Grécia, s.n., pp. 1336 - 1342.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores abaixo são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

Gustavo Soares dos Santos

Francisco Jose Grandinetti

Rodrigo Augusto Rocha Alves

DESIGN AND SIMULATION OF AN ENERGY STORAGE SYSTEM WITH BATTERIES lead ACID AND LITHIUM - ION FOR A V.E

Gustavo Soares dos Santos, gustavosoarez@gmail.com¹

Francisco José Grandinetti, fjgrandinetti@hotmail.com¹

Rodrigo Augusto Rocha Alves, rodrigo.rocha.alves@hotmail.com¹

¹University of Taubate – UNITAU, Department of Mechanical Engineering, Daniel Danelli Street, w/o number, Taubaté, SP, Brazil

Abstract. *Among the environmental issues raised and discussed in recent years, the theme Hybrids and Electric Vehicles has been widely discussed and studied by the civil society and the academic community. This paper proposes to design an energy storage architecture for electric vehicles using batteries. This project was modeled and simulated based on a conventional vehicle adapted for purely electric architecture. Using the MATLAB and ADVISOR software, the models were simulated and at the end of the simulation of the proposed models, the performance and results of the gas emissions considered the vehicle in its conventional state and a comparison between the battery banks proposed for the vehicle model Development in the Department of Mechanical Engineering of UNITAU.*

Keywords: ADVISOR, Energy storage, Electric Vehicles, Matlab.