



Simulação de Ciclos de Potência para UTVs Híbridos

Palavras-Chave: Ciclos de Potência, Veículo Híbrido, Simulação

Autores(as):

Filipe Delduque da Costa, FEM - Unicamp

Prof. Dr. Caio Henrique Rufino, FEM - Unicamp

1. Introdução

Com o aumento da preocupação em relação às mudanças climáticas, há uma maior busca por soluções de maior sustentabilidade em vários mercados. Um deles é o mercado de veículos, que majoritariamente utilizam combustíveis fósseis. Portanto, maneiras de diminuir as emissões no setor são essenciais para o combate ao aquecimento global.

Visto isso, uma das soluções mais promissoras são os motores híbridos, que utilizam motores a combustão juntamente com motores elétricos^{[1][2][3]}. Os motores híbridos possuem a vantagem tanto em relação aos motores a combustão por ser possível a regeneração dos freios o que leva a uma maior eficiência energética, também possui uma maior autonomia em relação a veículos elétricos^[4] e um abastecimento mais rápido. A redução nas emissões é ainda mais proeminente quando utiliza-se combustíveis bio renováveis, como o etanol e o biodiesel e energia elétrica de matrizes energéticas renováveis, que é o caso do Brasil^[5].

O intuito do projeto consiste, então, em analisar as emissões de veículos híbridos e comparar com diferentes layouts e combustíveis. O veículo foco escolhido foi o UTV (Utilitarian Terrain Vehicle), utilizado em áreas off-road para atividades de lazer, esportivas e comerciais^[6]. Esse veículo não possui no mercado opções híbridas consolidadas, portanto, é uma área que necessita de pesquisas e inovações.

2. Metodologia

2.1. Funcionamento do Advisor

Para calcular a emissão de gases de efeito estufa e comparar diferentes layouts e combustíveis, o software usado é o ADVISOR, utilizado dentro do software MatLab. O ADVISOR proporciona uma interface amigável e fácil de se entender, oferecendo um alto grau de customização.

A plataforma funciona em 3 etapas: a primeira é a interface para escolher os parâmetros do veículo, como massa, motor, layout, etc. É possível tanto utilizar veículos que já estão presentes na plataforma, como também utilizar um desses veículos como ponto inicial, e depois mudar os parâmetros para o veículo desejado. A segunda etapa consiste na escolha do ciclo de potência, que fornece a velocidade e posição do veículo a cada instante de tempo durante a simulação. A escolha desse ciclo deve ser feita da maneira correta para que os resultados da emissões sejam mais parecidos com o que aconteceria em

experimentos reais. Por fim, a terceira etapa é a simulação em si e obtenção de dados. O ADVISOR fornece o consumo médio de combustível e também as emissões de gases como CO, NO_x, material particulado e hidrocarbonetos (HC).

2.2. Obtenção de Parâmetros

Para poder montar um veículo mais próximo do real de um UTV, é preciso utilizar parâmetros de UTV's reais, ou de equipamentos que são utilizados em ocasiões parecidas. O veículo é separado em alguns componentes: Fuel converter, que é o motor a combustão; Torque coupling, usado para acoplar os dois eixos motores dos motores; Motor/Controller, o motor elétrico; Energy Storage, a bateria do veículo; Transmission, a transmissão e embreagem; Wheel Axle, rodas e eixo; Vehicle, informações sobre o veículo em si; Exhaust Aftertreat, catalisadores no geral. O UTV básico escolhido foi o 2024 MAVERICK X3 RS TURBO, um UTV da marca Can Am, ele foi utilizado para obter as principais informações das rodas e da carroceria do veículo.



Figura 1: Imagem ilustrativa do veículo^[7]

Os parâmetros de resistência à rolagem foram baseados no veículo off road da Equipe Unicamp Baja SAE, uma equipe de prototipagem de veículo off road da Universidade Estadual de Campinas. Os coeficientes de rolagem foram obtidos seguindo a norma ABNT NBR 10312. O motor a combustão escolhido foi o ROTAX ACE 900, motor turbo 0,9 cilindradas utilizado pelo modelo MAVERICK X3. O combustível utilizado foram o Etanol e a Gasolina, os combustíveis mais usados nas ruas do país. Seus parâmetros de densidade e poder calorífico podem ser facilmente encontrados em livros texto de termodinâmica. Para as baterias, a transmissão e os catalisadores foram usados parâmetros padrões já presentes no ADVISOR, pois especificações mais precisas são difíceis de serem encontradas.

Algumas variáveis dos equipamentos listados acima não foram encontradas nas fichas técnicas e catálogos, como momentos de inércia e condutibilidade térmica. Esses parâmetros não foram mudados em relação aos valores já presentes no ADVISOR, e eventuais pesquisas para encontrar valores mais próximos da realidade, ou simulações paramétricas para avaliar a importância e interferência nos resultados finais podem ser feitas.

2.3. O Ciclo de potência

O ciclo de potência escolhido foi o FTP, que simula um trajeto de 12 km com paradas frequentes. A velocidade do veículo pelo tempo é dado pelo seguinte gráfico:

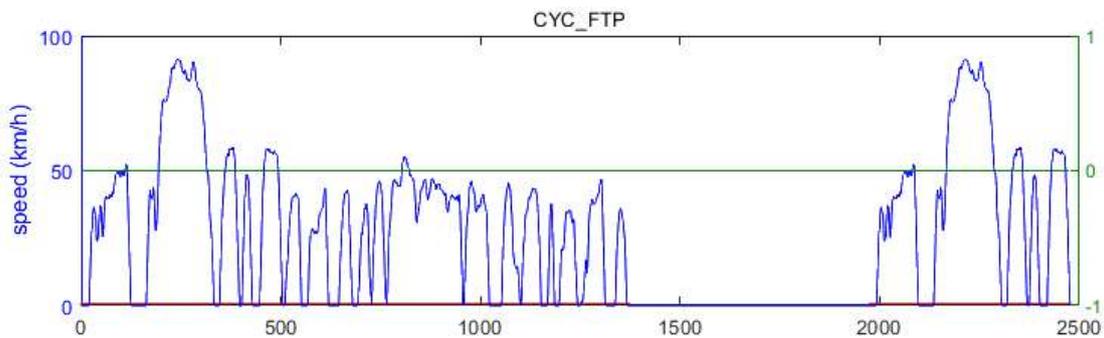


Figura 2: Em azul, velocidade do veículo pelo tempo; em verde, a inclinação do solo.

É o mais próximo encontrado dentro dos ciclos presentes a princípio no ADVISOR de um uso comum do UTV, pois apresenta várias paradas e uma velocidade média relativamente baixa. Porém um ciclo com mudanças na inclinação do terreno seria mais efetivo em simular um UTV, já que seu uso é off-road, mas, como não há muitas pesquisas com ciclos de potência de UTV's, o FTP foi usado para a pesquisa inteira.

3. Resultados Parciais

Os resultados apresentados ainda não estão completos, simulações de mais alguns veículos e aquisição dos seus resultados ainda são necessárias para concluir a pesquisa.

3.1. Ciclo híbrido em paralelo a gasolina

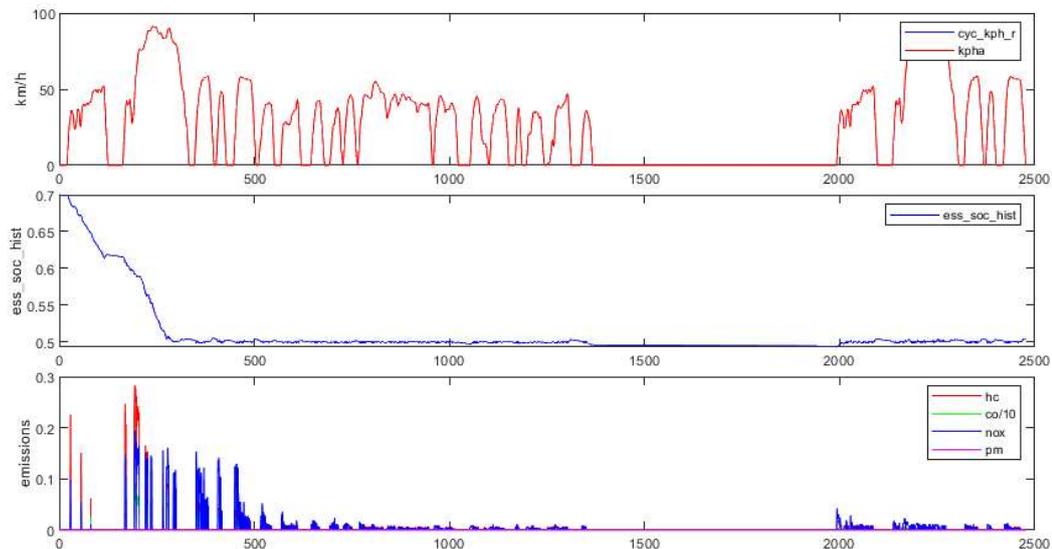


Figura 3 : a) Velocidade do veículo por segundo; b) Porcentagem de carga da bateria por segundo; c) Emissão de gases por segundo

O consumo do veículo foi de 9.4L/100km e as emissões desse ciclo foram: HC - 0,663 g/km; CO - 2,189 g/km; NO_x - 0,738 g/km; MP - 0 g/km

No início a bateria está carregada em 70% da capacidade total e é usada pelo motor elétrico para fornecer a maior parte da potência às rodas. O motor a combustão só começa a funcionar a partir de 120-150 segundos, mostrado pelo início do gráfico das emissões dos gases. O gráfico então se mantém constante em 50%, pois os motores são ligados alternadamente, enquanto a bateria é recarregada por regeneradores nos freios

Outra observação que pode ser feita é o “warm-up” do motor, que acontece nos primeiros 500 segundos de funcionamento do veículo. No gráfico c) da Figura 3 é mostrado que nesses primeiros instantes, as emissões são muito mais altas do que o resto do trajeto.

Como os catalisadores funcionam apropriadamente em temperaturas mais elevadas^[8], quando o motor a combustão começa a funcionar, ele está com uma temperatura mais baixa, portanto, há um certo tempo até que os catalisadores aqueçam até a temperatura adequada. Em torno de 2000 seg, depois de uma parada de aproximadamente 10 min, como o veículo esfriou um pouco, há um pequeno pico de emissão, mas logo quando o motor começa a funcionar novamente, há uma diminuição das emissões novamente.

3.2. Ciclo híbrido em série a gasolina

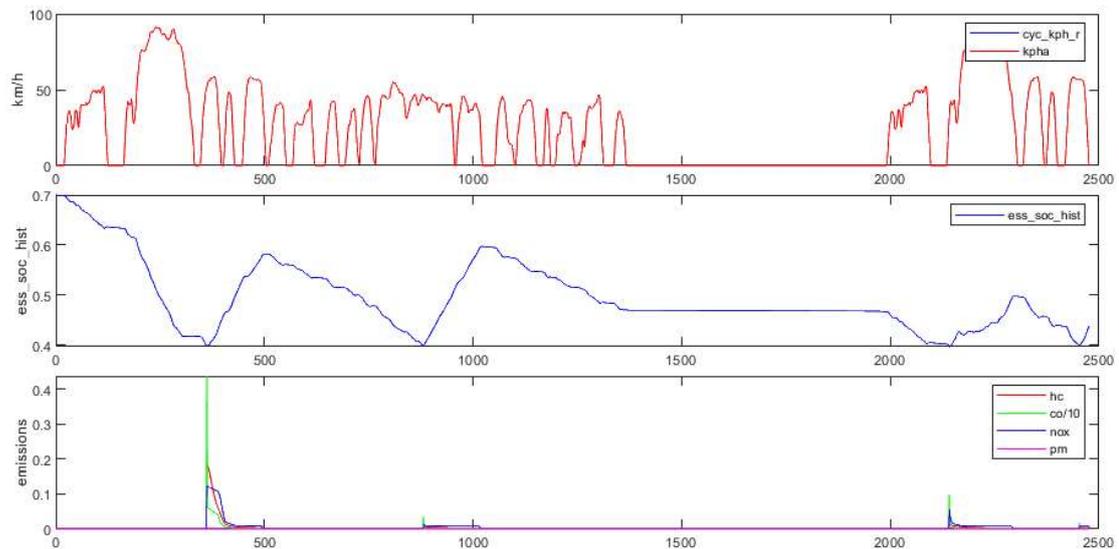


Figura 4 : a) Velocidade do veículo por segundo; b) Porcentagem de carga da bateria por segundo; c) Emissão de gases por segundo

O consumo de combustível foi 4.8L/100 km, e a emissão foi de: HC - 0,332 g/km; CO - 1.646 g/km; NOx - 0.449 g/km; MP - 0 g/km;

No caso do motor em série, o funcionamento é diferente, a carga da bateria oscila entre 60% e 40%, Nos momentos de queda de potência, o motor a combustão está desligado, nos momentos de recarga, o motor está ligado carregando a bateria. Há também o mesmo efeito de warm-up, que é mais visível na primeira vez que o motor a combustão liga, perto dos 400 segundos de ciclo, e depois pequenos picos quando o motor liga novamente.

4. Conclusão

Comparando os dois veículos, o veículo híbrido em série teve um desempenho melhor, com um consumo de combustível menor e também emissões menores. Isso pode ser resultado da operação do motor a combustão, que não fica ligado tanto tempo quanto o motor em série, economizando combustível e emitindo menos também. Mas ainda é preciso análises mais profundas comparando também com veículos somente a combustão.

A plataforma ADVISOR é uma ferramenta útil para a simulação de ciclos de potência, fornecendo dados condizentes com a realidade e também de fácil interpretação e aquisição. A grande liberdade em relação à escolha de valores para os parâmetros permite que a simulação de veículos com arranjos diferentes seja viável, além de fornecer uma gama de componentes padrões utilizados em diversos carros, acelerando o processo de pesquisa.

Um ponto negativo é a falta de um ciclo de potência que simula o uso de um UTV mais próximo de um uso comum para o tipo desse veículo. Esse ponto pode ser tratado introduzindo um ciclo no ADVISOR que replique essas condições. Outro ponto negativo é a idade do ADVISOR, que segue padrões de emissão mais antigas e, para efetuar uma simulação cujos parâmetros de emissão estejam dentro das normas atuais, é necessário

alterar consideravelmente as variáveis que compõem os catalisadores, uma tarefa difícil de ser efetuada devido à falta de informações sobre esse componente.

5. Referências

- [1] CHAN, C. C. The State of the Art of Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles. Proceedings of the IEEE, [S. l.], v. 95, n. 4, p. 704-718, 30 abr. 2007.
- [2] KRITHIKA , V.; SUBRAMANI, C. A comprehensive review on choice of hybrid vehicles and power converters, control strategies for hybrid electric vehicles. International Journal of Energy Research, [s. l.], v. 42, n. 5, p. 1789-1812, 19 dez. 2017.
- [3] CSERE, C. Battery Taxonomy: The Differences between Hybrid and EV Batteries. [S. l.]: Car and Driver, 10 ago. 2021. Disponível em:
<https://www.caranddriver.com/news/a15345397/battery-taxonomy-the-differences-between-hybrid-and-ev-batteries>. Acesso em: 11 maio 2023.
- [4] BROWN, K. F. GHG Potential of Hybrid Vehicles Critically Needed But Under Appreciated [S. l.], 29 mar. 2019. Disponível em:
[5] Hybrids are 14 times better than battery electric vehicles at reducing real-world carbon dioxide emissions. [S. l.]: Emission Analytics. Disponível em:
<https://www.emissionsanalytics.com/news/hybrids-are-better>. Acesso em: 11 maio 2023.
<https://www.linkedin.com/pulse/ghg-potential-hybrid-vehicles-critically-needed-under-kevin-f-brown/>. Acesso em: 11 maio 2023.
- [6] COONEY, L. What is a UTV?. [S. l.]: ATV.com, 30 jun. 2020. Disponível em:
<https://www.atv.com/utvs/what-is-a-utv/>. Acesso em: 23 abr. 2023.
- [7] “2024 Maverick X3”. Disponível em:
<https://can-am.brp.com/off-road/br/pt/modelos/veiculos-side-by-side/maverick-x3.html>. Acesso em 09/03/2024
- [8] Mahadevan, G. and Subramanian, S., "Experimental Investigation of Cold Start Emission using Dynamic Catalytic Converter with Pre-Catalyst and Hot Air Injector on a Multi Cylinder Spark Ignition Engine," SAE Technical Paper 2017-01-2367, 2017, doi:10.4271/2017-01-2367. Acessado em 09/03/2024