

OBJETIVO

Estudar a tipologia e o comportamento dos motores elétricos acoplados em transmissões tipo CVT para utilização em veículos híbridos.

INTRODUÇÃO

Problemas como alto consumo de combustível derivado de petróleo quanto liberação de gases poluentes são diminuídos com a aplicação da tecnologia empregados nos veículos híbridos. No caso dos veículos híbridos elétricos (HEV), eles unem ao motor convencional à combustão um motor elétrico.

Custo, baixa manutenção e desempenho são fatores importantes a serem considerados para a inserção dessa tecnologia em veículos de entrada, dito populares.

Para isso, um estudo detalhado das tecnologias atuais é imprescindível para a melhor escolha de um conjunto motor-transmissão que se adeque a um veículo. Assim, foram levantados e analisados os mais comuns e utilizados tipos de motores elétricos e transmissões do tipo continuamente variáveis para a devida aplicação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um importante ponto que foi utilizado para a escolha de um motor foi o fator de hibridação. O fator de hibridação, HF, é dado pela seguinte relação, onde P_{EM} é a potência do motor elétrico e P_{ICE} é a potência do motor à combustão.

$$HF = \frac{P_{EM}}{P_{EM} + P_{ICE}} = \frac{P_{EM}}{P_{HEV}} \quad (\text{Eq. 1})$$

Utilizando tanto o HF tanto como outros parâmetros, são utilizados programas como o Dymola/Modelica® e o Simulink ADVISOR® para simular o comportamento dos veículos nas diversas situações urbanas ou rodoviárias. Uma das solicitações de necessidade está mostrada na figura abaixo:

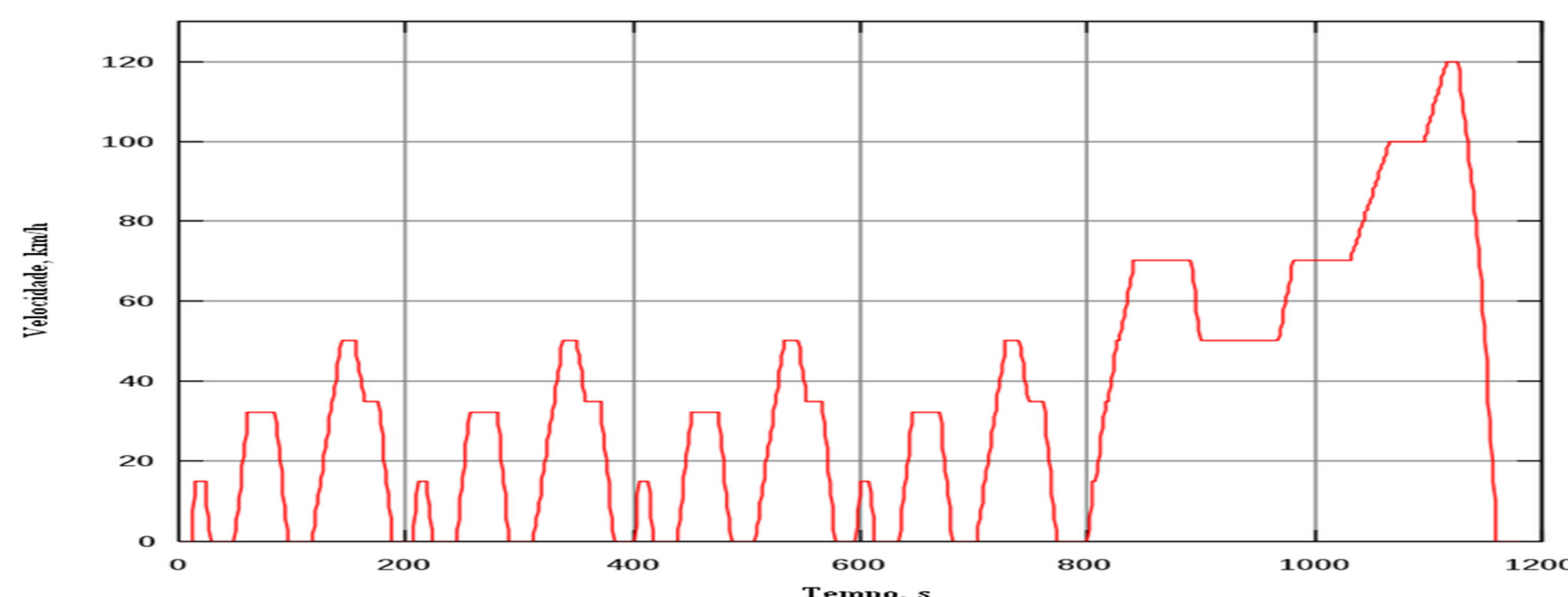


Figura 1 - New European Driving Cycle (NEDC)

Com os parâmetros já definidos, uma comparação entre os diversos tipos de motores e transmissões podem ser facilmente implementadas para análise e comparação. Outro fator muito importante para a análise é o controle eletrônico embarcado nesse tipo de aplicação. Assim, temos a seguinte estratégia para as simulações já feitas:

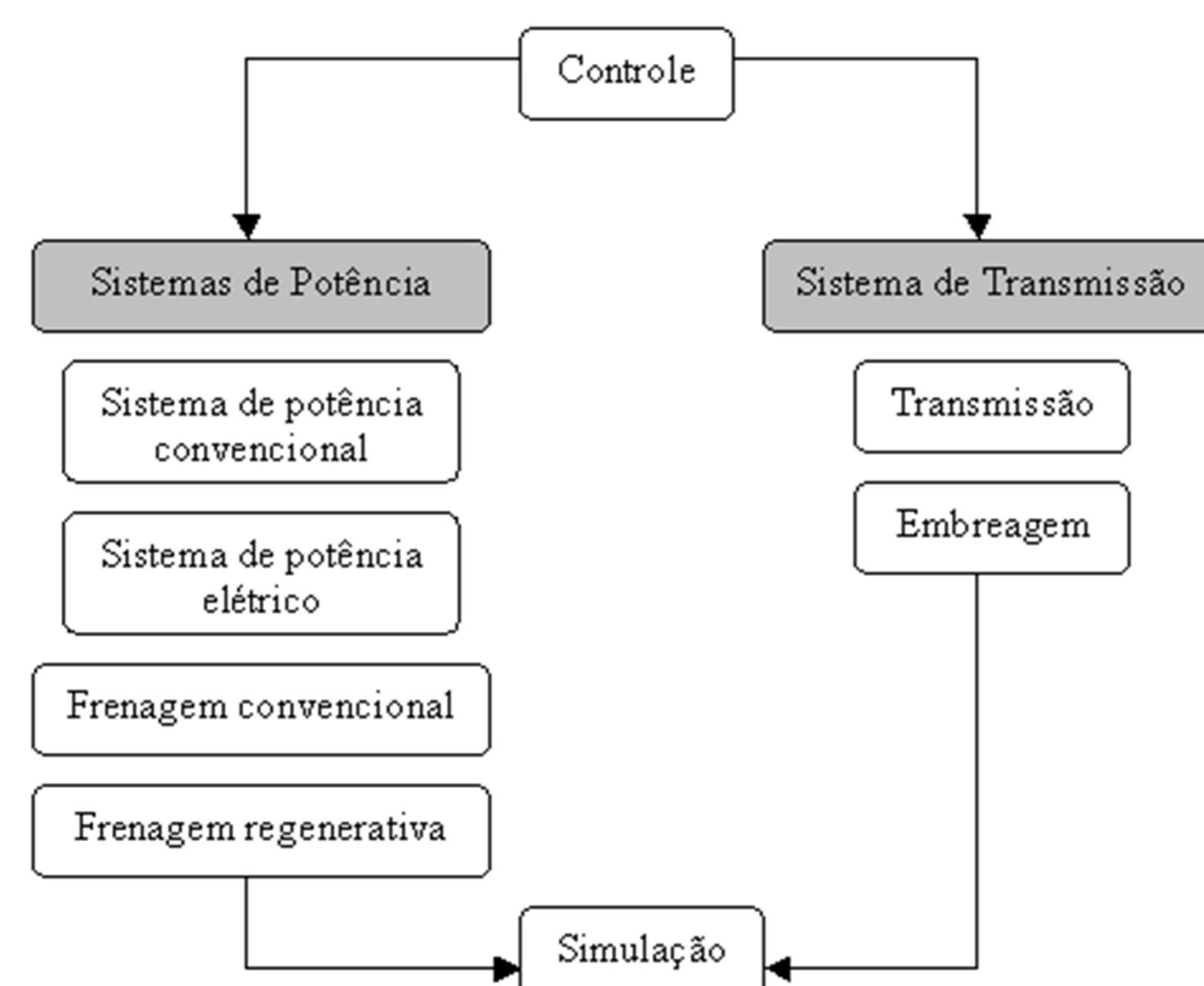


Figura 2 - Estratégia de simulação

O sistema foi simulado pelos autores consultados tanto com o motor de indução quanto o de ímãs permanentes. No fim das simulações, foi constatado que

o sistema com o motor de ímãs consome 4% menos de combustível do que o com motor de indução. Isso se deve ao fato do sistema de transmissão testado não estar totalmente adaptado ao sistema híbrido e principalmente que a atuação do motor, devido ao NEDC, estar na faixa onde a eficiência do IM (motor de indução, em inglês) é baixa.

Fazendo uma comparação agora somente levando em consideração os aspectos de suas tipologias, uma tabela foi gerada com os seguintes resultados de importância:

Sistemas de propulsão				
Características	Corrente Contínua	Indução	Ímãs Permanentes	Relutância Variável
Densidade de Potência	2,5	3,5	5	3,5
Eficiência	2,5	3,5	5	3,5
Controlabilidade	5	5	4	3
Confiabilidade	3	5	4	5
Maturidade Tecnológica	5	5	4	4
Custo	4	5	3	4
Σ Total	 22	 27	 25	 23

Tabela 1 - Comparação entre diversos tipos de motores

Pode ser vista uma grande semelhança entre esse tipos de motores em aplicações genéricas. Para a aplicação em sistemas híbridos com uma transmissão do tipo CVT, por exemplo, esse comportamento não varia muito, o que torna difícil a escolha do melhor conjunto.

O tipo de transmissão mais utilizada nesse tipo de aplicação é a de planetários, devido à sua alta eficiência e relativa simplicidade. Um esquema simplificado de sua estrutura está ao lado:

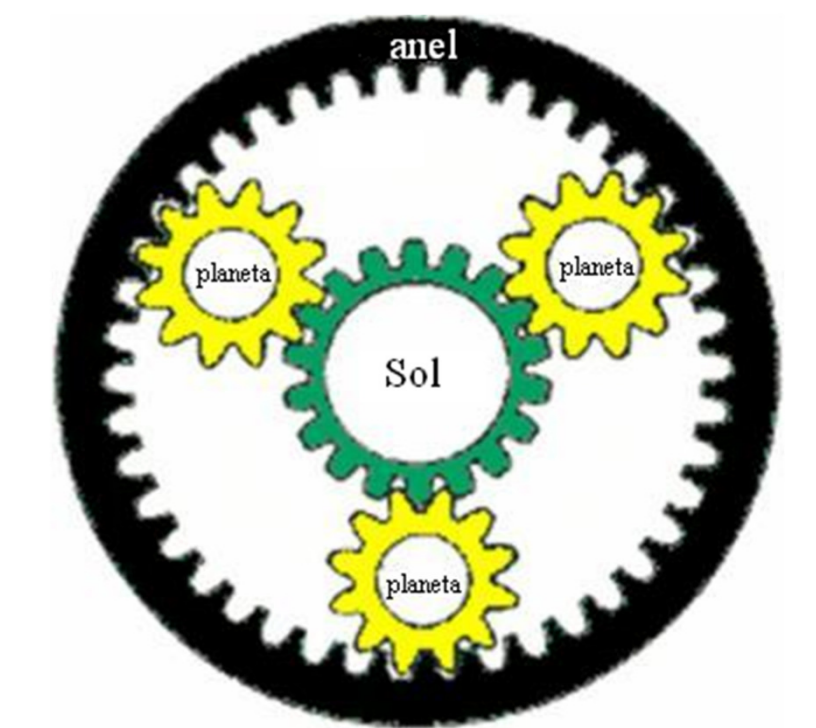


Figura 3 - Transmissão do tipo planetário

CONCLUSÃO

Com uma pesquisa ampla foi possível desenvolver um comparativo das tecnologias existentes e utilizadas em veículos híbridos a fim de ser possível a escolha de sua utilização em veículos de entrada no Brasil. O que se pode verificar é que a escolha do conjunto motor-transmissão para qualquer veículo híbrido é muito difícil, pois são muitas variáveis que nem sempre podem ser medidas ou previstas.

Apesar dessas dificuldades, o mais indicado e pesquisado são motores elétricos ou do tipo de indução ou de ímãs permanentes em conjunto com um planetário, sendo todo o sistema controlado eletronicamente. O desenvolvimento dos motores de relutância aumenta a gama de escolhas, mas complica na indicação do melhor tipo de motor.

Os motores de roda têm custos de fabricação diminuídos e conseguem trabalhar em maior temperatura e velocidades, o que abre mais ainda a gama de possibilidades.

BIBLIOGRAFIA

Zeraouia, M., "Electric motor drive selection issues for HEV propulsion systems: A comparative study", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, v 55, n 6, p 1756-1764, November 2006

AGRADECIMENTO

À UNICAMP pela bolsa SAE de iniciação científica e aos colegas do Laboratório de Sistemas Integrados pelo apoio e incentivo durante a pesquisa.