



XVII Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica - 02 a 06/08/2010 - Viçosa – MG  
Paper CREEM2010-EM-04

## DESENVOLVIMENTO DE UM PROGRAMA PARA OBTER RELAÇÕES DE DESEMPENHO TEÓRICO DE UM VEÍCULO

**Gustavo Santos Lopes e Adyles Arato Júnior**

UNESP, Universidade Estadual Paulista, Curso de Engenharia Mecânica  
Campus Universitário - Centro - CEP 15385-000 – Ilha Solteira – São Paulo  
E-mail para correspondência: gustavosl\_snak@hotmail.com

### Introdução

Neste trabalho é apresentada uma técnica para a simulação do desempenho cinético (perfil de aceleração e velocidades máximas) de um veículo, considerando suas características dinâmicas, seu propulsor e seu “power train”, incluindo as possibilidades de mudança da relação de transmissão durante o ganho de velocidade e “grip” das rodas. A aplicação atual é um software que está sendo usado como apoio ao desenvolvimento do “Powertrain” do carro da equipe Fênix Racing Fórmula SAE da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.

### Objetivo

Obter a resposta, quanto ao ganho de velocidade, de um veículo, conhecidos seus parâmetros dinâmicos, condição do atrito pneu/piso, curva de torque do propulsor e relações de transmissão finais com a troca de marcha.

### Metodologia

O desempenho de um veículo está diretamente ligado às características do conjunto propulsor e “power train”. São estes dois componentes que geram a força para carro e transmitem essa força às rodas, respectivamente. Para que esse conjunto seja adaptado da melhor forma ao veículo, primeiramente deve-se levantar a curva de Torque x RPM do motor. Posteriormente estipulam-se todos os dados técnicos do veículo, tais como peso, distâncias dos eixos ao centro de massa, as massas efetivas do carro em cada marcha utilizada, área frontal do carro, dentre outros, de forma a detalhar todos os parâmetros que envolvem a cinemática do veículo. De posse de todos esses dados, os quais alguns exemplos podem ser vistos na Tab.1, podemos estabelecer a partir da curva de Torque x RPM, qual será a velocidade do carro, sua aceleração, e a força que age sobre a roda. A partir dos dados iniciais do movimento e dos dados iniciais do conjunto de “Powertrain” podemos iniciar os cálculos encontrando a Força Máxima, dada pela Eq. (1), que se pode aplicar à roda sem que haja deslizamento (Gillespie, 1992):

$$F_{m\acute{a}x} = \frac{\mu.W.b}{L - h.\mu} \quad (1)$$

Onde,  $\mu$  é o coeficiente de atrito,  $W$  é o peso do carro,  $b$  a distância do eixo dianteiro ao centro de massa,  $L$  a distância entre eixos e  $h$  a altura do solo ao centro de massa.

A Força de Resistência ao movimento do carro será dada pela Eq. (2):

$$F_{Res} = F_{Rol} + F_{Active} + F_{Aero} = Fr.W + W.sen(\theta) + 0.5.\rho.V^2.C_d.A \quad (2)$$

Onde,  $F_{Rol}$  é a Resistência à Rolagem,  $F_{Active}$  é a Resistência ao aclave,  $F_{Aero}$  é a Resistência Aerodinâmica,  $F_r$  é o Coeficiente de Resistência à Rolagem,  $\theta$  é o Ângulo de aclave,  $\rho$  é a Densidade do ar,  $V$  é a Velocidade do veículo,  $C_d$  é Coeficiente de Arrasto e  $A$  é a Área Frontal do veículo. A partir de cálculos iterativos pode-se calcular a Velocidade do veículo  $V$ , o Torque e Força disponíveis na roda  $T_{Roda}$  e  $F_{Roda}$ , e a Aceleração do veículo  $A$ . Estes parâmetros são calculados pelas Eq. (3), Eq. (4) e Eq. (5) respectivamente.

$$V = \frac{N \cdot 2\pi \cdot r}{60 \cdot N_{tf}} \quad (3)$$

$$F_{Roda} = \frac{T_{Roda}}{r} = \frac{T_e \cdot N_{tf} \cdot n}{r} \quad (4)$$

$$A = \frac{(F_{Roda} - F_{Res})}{M_{ef}} \quad (5)$$

Onde,  $N$  é a Rotação do motor,  $r$  é o Raio externo do pneu,  $N_{tf}$  é a Relação de Transmissão,  $T_e$  é o Torque do motor,  $n$  é o Rendimento e  $M_{ef}$  é a Massa efetiva do veículo.

## Resultados

Tabela 1 – Dados do veículo e do “power train”.

Massa (kg)	Relações de Transmissão	Massas Efetivas (kg)	Raio Pneu (m)
300	15, 6/11, 0/8, 8/7, 6/6, 8/6, 2	450; 360; 333; 333; 333; 333	0,254

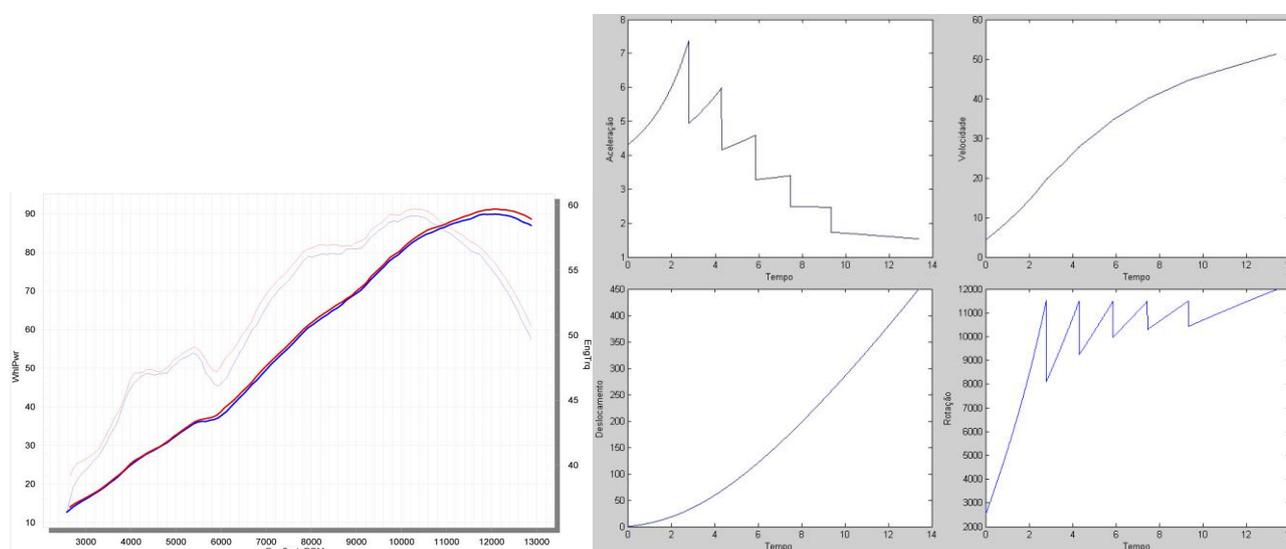


Figura 1– Curva de Torque e os parâmetros obtidos da análise da cinemática veicular.

## Conclusões

Dos resultados demonstrados pela Fig. 1, verifica-se que o veículo atingiu utilizando as suas seis marchas, atingindo 52 m/s ao final de 420 m percorridos em 13,8 s. O modelo utilizado se aproximou da realidade, devido ao pequeno erro obtido quando comparado aos parâmetros reais da cinemática do veículo. O método é de grande valia possibilitando simular a resposta quanto à velocidade e aceleração de um veículo a partir da escolha de um conjunto de motor e “powertrain” específicos, levando em conta a distribuição de massa e aderência dos pneus. Isso possibilita que seja realizado um estudo mais acurado do veículo antes que ele seja construído, oferecendo uma visão do desempenho esperado.

## Referências Bibliográficas

- Gillespie, Thomas D., “*Fundamentals of Vehicle Dynamics*”, Ed. Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA – USA, 1992.
- Artamonov, M.D., Ilarionov, V.A., Morin, M.M., “*Motor Vehicles Fundamentals and Design*”, Mir Publisher, Moscow, 1976.