

ANEXO 15- CARACTERÍSTICAS DE VEÍCULOS ELÉTRICOS

## Conteúdo

1	Características de veículos eléctricos.....	211
1.1	Força de tracção.....	211
2	Obras Citadas .....	215

## 1 Características de veículos eléctricos

(1)

### 1.1 Força de tracção

A Força de tracção de um veículo é um somatório, da força de atrito de rolamento ( $F_{rr}$ ), Força aerodinâmica  $F_{ad}$ , Força de subida ( $F_{hc}$ ), Força de aceleração, e a Força de aceleração angular ( $F_{\omega a}$ ).

$$\text{Força de Tracção } F_{te} = F_{rr} + F_{ad} + F_{hc} + F_{la} + F_{\omega a}$$

**Equação 1**

#### 1.1.1 Força de atrito de rolamento

Sendo  $m$  a massa do veículo,  $v$  velocidade e  $\psi$  inclinação de subida. A força que impulsionará o veículo estará dependente da resistência aerodinâmica dos veículos, do rolamento, componentes auxiliares e aceleração do veículo caso a velocidades não seja constante.

A resistência criada pelo contacto dos pneus e o asfalto:

$$F_{rr} = \mu_{rr} m g$$

**Equação 2**

Onde  $F_{rr}$  é a força resistiva de rolamento,  $\mu_{rr}$  coeficiente de resistência de rolamento (Depende do tipo de Pneu e pressão do mesmo, tipicamente em veículos eléctricos toma o valores de 0,005)

### 1.1.2 A força aerodinâmica ( $F_{ad}$ )

Esta resistência depende da forma do veículo, e a forma com o ar o contorna.

A força aerodinâmica ( $F_{ad}$ ) caracteriza a resistência aerodinâmica

$$F_{ad} = \frac{1}{2} \rho A C_d v^2$$

#### Equação 3

Onde  $\rho$  é a densidade do ar,  $A$  a área frontal do veículo,  $v$  a velocidade e  $C_d$  o coeficiente de arrasto com valores tipicamente nos 0.3 e 0.19 num veículo com bom design.

### 1.1.3 Força de subida $F_{hc}$

Força de subida  $F_{hc}$  representa o esforço que o veículo faz quando está a subir uma determinada inclinação.

$$F_{hc} = mg \sin(\psi)$$

#### Equação 4

### 1.1.4 Força de aceleração

De acordo com a segunda lei de Newton a força de aceleração é a força que irá aplicar uma aceleração linear no veículo.

$$F_{ta} = ma$$

#### Equação 5

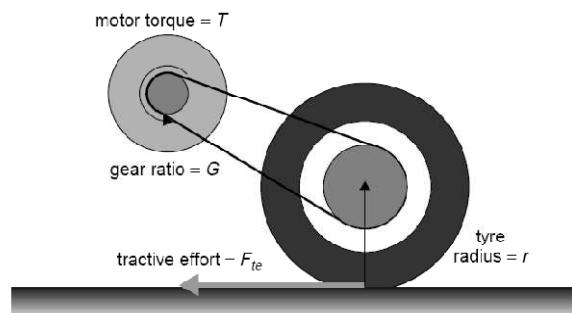


Ilustração 1- DiagramaFonte especificada inválida.

Para este dimensionamento temos de saber qual o binário necessário para fazer rodar as rodas.

Que é definido por Binário ao *veio*  $= F_{te}r$  onde  $r$  o raio do pneu, e  $F_{te}$  a força de tracção. Sendo  $G$  a relação de transmissão do motor para o veio da roda e  $T$  o binário do motor, então:

$$T = \frac{F_{te}r}{G}$$

**Equação 6**

Escrevendo a equação em função de  $F_{te}$ .

$$F_{te} = \frac{G}{r}T$$

**Equação 7**

### 1.1.5 Força de Aceleração angular

Sabendo que a velocidade angular do eixo da roda  $= \frac{v}{r} \text{ rad. s}^{-1}$

A velocidade angular do motor será:  $\omega = G \frac{a}{r} \text{ rad. s}^{-1}$ , e a aceleração angular respectivamente  $\dot{\omega} = G \frac{v}{r} \text{ rad. s}^{-2}$

O binário para esta aceleração angular é o seguinte:  $T = IG \frac{a}{r}$ , onde  $I$  é o momento de inércia do rotor do motor. A força que as rodas necessitam para atingir a aceleração angular e determinada pela equação  $F_{\omega a} = \frac{G}{r} IG \frac{a}{r}$

$$F_{\omega a} = \frac{G^2}{r^2} Ia$$

**Equação 8**

Sendo que os sistemas mecânicos não são 100% eficientes, temos de considerar ainda a eficiência do sistema  $\rho_g$

$$F_{\omega a} = \frac{G^2}{\rho_g r^2} Ia$$

**Equação 9**

$$F_{\omega a} = \frac{G^2}{r^2} Ia$$

### Modelação da aceleração do veículo

A aceleração de um veículo o indicador chave relativo às performances do veículo. A aceleração típica nos veículos de combustão interna poderá variar entre valores de 3s dos 0-100 Km/h e 15s aos 0-100 km/h, com este tipo de propulsão a aceleração máxima é obtida quando é atingida o binário máximo do motor com o acelerador completamente actuado. **Fonte especificada inválida.**

Da mesma forma os veículos eléctricos são testados a binário máximo.

Uma das características principais características dos motores eléctricos, é o binário máximo. Na maior parte dos motores, a baixa velocidade o binário é constante, até o motor atingir a velocidade angular critica  $\omega_c$ , depois disso o binário cai. **Fonte especificada inválida.**

A velocidade angular do motor depende da relação de transmissão e do raio da roda.

$$\begin{aligned} \text{Então para } \omega < \omega_c \text{ ou } v < \frac{r}{G} \omega_c \quad T = T_{\text{Max}} \\ \omega \geq \omega_c \text{ ou } v \geq \frac{r}{G} \omega_c \quad T = \frac{T_{\text{max}} \omega_c}{\omega} = \frac{r T_{\text{max}} \omega_c}{G v} \quad (1) \text{ ou o binário cai de acordo} \end{aligned}$$

com a equação

$$T = T_0 - k\omega$$

Substituindo a velocidade angular:

$$T = T_0 - \frac{kG}{r} v \quad (2)$$

Substituindo na equação (2.8) a equação (2.6)

E sabendo que  $a = dv/dt$ , que a densidade do ar ao nível do mar é  $1.25 \text{ kg.m}^{-3}$

$$\frac{G}{r} T = \mu_{rr} mg + 0.625 A C_d v^2 + \left( m + I \frac{G^2}{\eta_g r^2} \right) \frac{dv}{dt}$$

#### Equação 10

Quando na fase inicial quando  $T = T_{\text{máx}}$  a equação fica:

$$\frac{G}{r} T_{\text{máx}} = \mu_{rr} mg + 0.625 A C_d v^2 + \left( m + I \frac{G^2}{\eta_g r^2} \right) \frac{dv}{dt}$$

#### Equação 11

Com base nas equações apresentadas será construído um programa em Matlab, onde é analisado as prestações de um veículo do familiar ( 5 Lugares) e um compacto de (2 Lugares).

## 2 Obras Citadas

1. **Explained, Electric Vehicle Technology.** *James Larminie.* England : John wiley e Sons, LDA, 2003.