

## Distância de paragem: parte 2 – Distância de travagem

Rui Silva Oliveira – Técnico Superior

No meu primeiro artigo redigido para a Absolute Motors, foquei-me essencialmente no conceito de distância de reacção (parte 1), sendo que hoje irei debruçar-me sobre o conceito de distância de travagem.

A **distância de travagem** ( $d_t$ ) é a distância percorrida pelo veículo, desde o instante correspondente à posição em que é actuado o seu pedal do travão, até ao instante correspondente à posição em que se imobiliza ou que o seu pedal de travão deixa de ser actuado.

O cálculo da distância de travagem tem fundamento num balanço de energias: (1) da energia cinética ( $E_c$ ); e (2) da energia dissipada pelas forças de atrito ( $E_d$ ), que corresponde ao trabalho realizado por estas forças durante a operação de travagem.

A variação de energia cinética é, então, igual ao trabalho realizado pelas forças de atrito durante a travagem.

$$\Delta E_c = E_d$$
$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_i^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_f^2 = \mu \cdot m \cdot g \cdot d_t$$
$$d_t = \frac{v_i^2 - v_f^2}{2 \cdot \mu \cdot g}$$

- ✓  $d_t$  – distância de travagem (m)
- ✓  $v_i$  – velocidade antes de travar (m/s)
- ✓  $v_f$  – velocidade no fim da travagem (m/s)
- ✓  $\mu$  – coeficiente de atrito de deslizamento longitudinal entre os pneus e o piso (valor médio durante a travagem)
- ✓  $g$  – aceleração da gravidade ( $g \approx 9,81 \text{ m/s}^2$ )

No caso de imobilização do veículo no final da travagem, temos  $v_f = 0$  e assim:

$$d_t = \frac{v_i^2}{2 \cdot \mu \cdot g}$$

Esta é a expressão que permite estimar a distância de travagem em movimento rectilíneo uniformemente retardado numa estrada plana e horizontal.

Caso haja inclinação longitudinal da estrada ( $i$ ), temos:

$$d_t = \frac{v_i^2}{2 \cdot g \cdot (\mu \pm i)}$$

Em relação à velocidade, a distância de travagem é uma função quadrática da velocidade inicial (velocidade antes de iniciar a travagem). Na prática, isto quer dizer que a um pequeno aumento de velocidade pode corresponder um significativo (mesmo grande) aumento da distância de travagem.

Por exemplo, se a velocidade duplica, a distância de travagem quadruplica; se a velocidade triplica, a distância de travagem aumenta nove vezes; se a velocidade quadruplica, a distância de travagem aumenta dezasseis vezes...

O quadro 1 mostra valores possíveis da distância de travagem num determinado pavimento, nas condições de seco e molhado (m), em função da velocidade (km/h).

$v_i$ (km/h)	$v_i/v_1$	$d_i$ (m)			$d_{ti}/d_{t1}$
		$d_{ti}$	Seco ( $\mu = 0,8$ )	Molhado ( $\mu = 0,4$ )	
$v_1 = 30$	$v_1/v_1 = 1$	$d_{t1}$	4,4	8,8	$d_{t1}/d_{t1} = 1$
$v_2 = 60$	$v_2/v_1 = 2$	$d_{t2}$	17,7	35,4	$d_{t2}/d_{t1} = 4$
$v_3 = 90$	$v_3/v_1 = 3$	$d_{t3}$	39,8	79,6	$d_{t3}/d_{t1} = 9$
$v_4 = 120$	$v_4/v_1 = 4$	$d_{t4}$	70,8	141,6	$d_{t4}/d_{t1} = 16$
$v_5 = 150$	$v_5/v_1 = 5$	$d_{t5}$	110,6	221,2	$d_{t5}/d_{t1} = 25$
$v_6 = 180$	$v_6/v_1 = 6$	$d_{t6}$	159,3	318,6	$d_{t6}/d_{t1} = 36$

Quadro 1 - Distância de travagem

Analogamente ao aumento da distância de travagem com a velocidade, o mesmo se passa com a energia cinética, dado que esta é também uma função quadrática da velocidade.

Assim, o aumento da velocidade tem outro efeito prejudicial que conduz ao aumento da distância de travagem: o sobreaquecimento dos travões resultante da transformação da energia cinética em energia térmica e da dissipação desta durante a operação de travagem.

O sobreaquecimento do sistema de travagem reduz a sua eficiência e compromete a eficácia da travagem aumentando a distância de travagem.

Quanto ao coeficiente de atrito, trata-se do coeficiente de atrito de deslizamento longitudinal que depende, essencialmente, das características das superfícies em contacto, neste caso das características e do estado dos pneus e do piso, nomeadamente, do desgaste, irregularidades, estado de limpeza e da sua condição de seco ou molhado.

O atrito de deslizamento estático é aquele que existe entre duas superfícies sem movimento relativo, no caso dos veículos sem deslizamento dos pneus sobre o piso. É este atrito que assegura a aderência dos pneus ao piso sem derrapagem.

O atrito de deslizamento cinético é aquele que existe quando as superfícies de contacto têm movimento relativo, no caso dos veículos os pneus deslizam sobre o piso havendo derrapagem.

Como sabemos, o coeficiente de atrito cinético é sempre inferior ao coeficiente de atrito estático, o que significa que a força de atrito máxima com bloqueio das rodas (com derrapagem) é sempre menor do que

a força de atrito sem derrapagem. Por conseguinte, a distância de travagem com derrapagem é sempre maior do que a distância de travagem sem derrapagem.

É segundo este princípio que o sistema de travagem equipado com dispositivo anti-bloqueio das rodas (ABS) foi desenvolvido, justamente, com a finalidade de evitar o bloqueio das rodas durante a operação de travagem.

A distância de travagem é uma função linear decrescente do coeficiente de atrito e, por conseguinte, das forças de atrito que se opõem ao movimento e que são responsáveis pela desaceleração.

Quanto maior for o coeficiente atrito, menor a distância de travagem e vice-versa.

Como se pode observar no quadro 1, para uma determinada velocidade, é de salientar a diferença entre a distância de travagem em pavimento seco que é muito menor (maior coeficiente de atrito) do que em pavimento molhado (com água, menor coeficiente de atrito).

Porém, a distância de travagem não depende apenas do atrito entre os pneus e o piso e da velocidade, mas também do estado do sistema de suspensão e da qualidade do sistema de travões do veículo e da dinâmica da travagem, nomeadamente, da distribuição do peso do veículo pelos seus eixos que provoca uma sobrecarga nos pneus das rodas da frente com efeitos negativos para a eficácia da travagem.

A distância de travagem é também uma característica crítica dos veículos relativa à capacidade de travagem. Contudo, por melhores ou piores que sejam os veículos no que respeita ao seu sistema de travagem, os mesmos estão sujeitos às leis da física, que, na realidade, enquadram as suas prestações neste domínio.

Consequentemente, como condutores, temos de estar permanentemente cientes de que devemos regular a velocidade do nosso veículo em função das suas características, estado da via, carga transportada, condições meteorológicas ou ambientais, intensidade do trânsito e de quaisquer outras circunstâncias que nos permitam, em condições de segurança, parar o veículo no espaço livre e visível à sua frente.

Rui Manuel da Silva Oliveira  
Engenheiro Mecânico – Técnico Superior  
ANSR

Nota: por decisão pessoal, o autor do texto não escreve segundo o novo Acordo Ortográfico.