



FICHA TÉCNICA

ASPETOS DINÂMICOS DOS VEÍCULOS

Níveis GDE: Nível 3 – Nível Tático; Nível 4 – Nível Operacional

Temas Transversais: Tema 6 – Domínio das Situações de Trânsito
Tema 7 – Controlo do Veículo

Síntese informativa:

- Derrapagem
- Aderência e forças atuantes
- Derrapagens em reta e curva, formas de ocorrência e prevenção

SUGESTÕES DE OPERACIONALIZAÇÃO

FORMAÇÃO TEÓRICA

Nível 3 – Nível Tático – Regras de Trânsito e Sinais e Comportamento Dinâmico do Veículo

Objetivos	Métodos e Recursos
Compreender os conceitos físicos da derrapagem e a forma como atuam os sistemas de segurança eletrónicos de controlo de tração e de estabilidade	Método expositivo Método interrogativo Método ativo Manuais e livros técnicos Vídeos

Portaria n.º 536/2005, de 22 de Junho Cap. I, Sec. I. V-1.1;2.1;2.2.2

FORMAÇÃO PRÁTICA

Nível 3 – Nível Tático – Domínio das Situações de Trânsito

Objetivos	Métodos e Recursos
Desenvolver técnicas ativas de prevenção da derrapagem em reta e curva Compreender os limites dos sistemas de controlo de tração e de estabilidade	Método demonstrativo Veículo de instrução

**Nível 4 – Nível Operacional – Controlo do Veículo**

Objetivos	Métodos e Recursos
Adotar técnicas preventivas de derrapem	Método demonstrativo Veículo de instrução

Portaria n.º 536/2005, de 22 de Junho

Cap. II, Sec. II – 1.5; 2.1.8; 2.5, 3.9



ASPETOS DINÂMICOS DOS VEÍCULOS

DERRAPAGEM

É um evento que sucede quando:

- Travamos com força e o veículo desliza e a direção não obedece;
- Entramos com velocidade exagerada numa curva e o veículo sai de frente;
- Iniciamos a marcha, aceleramos demasiado e a roda patina;
- O veículo desliza sem controlo a alta velocidade numa autoestrada molhada;
- O veículo está parado e escorrega sem controlo, numa superfície gelada;
- Ao fazermos uma curva fechada, o veículo faz “pião” e gira 180°.

Estas são algumas das situações, que definimos como derrapagem, algumas delas com denominações específicas, como a “subviragem”, descrita no 2º caso, ou a “sobreviragem”, descrita no último caso.

No entanto, todas as situações acima descritas possuem uma característica comum, que pode ser definida como derrapagem, quando:

- O veículo segue uma trajetória diferente das rodas;
- Qualquer roda segue uma velocidade diferente da velocidade do veículo.

MASSA

A massa de um veículo tem influência na dinâmica do veículo, fator que contribui para algumas derrapagens.

Veículos com uma massa maior estão sujeitos a forças físicas maiores em situação de mudança de direção, aceleração e travagem, para a mesma velocidade e intensidade de



aceleração. Um veículo de massa pequena (ex. automóvel ligeiro) necessita de menos força nos pneus para curvar do que um veículo de massa maior (ex. automóvel pesado).

Quando um veículo acelera longitudinalmente, o peso é em parte transferido para o eixo traseiro, devido à inércia. Analogamente, se um veículo trava, parte do peso suportado pelo eixo traseiro é transferido para o eixo dianteiro.

TRAVAGEM EXCESSIVA

Muitas vezes o condutor, por distração, fadiga, má perceção dos acontecimentos ou por outros motivos, é confrontado com situações inesperadas para as quais necessita de uma redução de velocidade muito grande. Esta “travagem de emergência” é muitas vezes efetuada sem controlo e, não sendo planeada, é condicionada por uma forte pressão emocional e pouco racional.

Quando se dá uma “travagem de emergência”, inesperada e não planeada, no primeiro momento o condutor assusta-se e tende a travar com a maior intensidade possível. Se o obstáculo à sua frente estiver muito próximo ou em aproximação rápida, tendencialmente tentará travar ainda mais forte, para evitar a colisão. Associada a esta manobra poderá estar a tentativa de se desviar, girando o volante. Nestas circunstâncias, muitas vezes os condutores não conseguem controlar o seu veículo, terminando a manobra numa colisão ou despiste.

Quando a força de travagem aplicada sobre as rodas - sobre cada uma individualmente ou no conjunto – é superior ao atrito disponível, dá-se a paragem da roda ou das rodas. Este efeito é denominado de “bloqueio das rodas”.

Nos veículos ligeiros, existe uma maior propensão para o bloqueio das rodas da frente, dado que o sistema de travagem automaticamente distribui mais força às rodas do eixo da frente, porque durante a travagem se dá uma transferência do peso para a frente, sendo as rodas da frente as que maior força de atrito têm. O bloqueio de uma ou mais rodas (normalmente dá-se sobre as duas de um mesmo eixo), significa uma situação de derrapagem.

Durante uma derrapagem, o atrito reduz-se significativamente, o que aumenta o espaço necessário para desacelerar o veículo ou para o imobilizar.



Consequências que podem surgir isoladas ou em conjunto:

- Perda do controlo direcional do veículo (o veículo segue na direção e sentido em que vinha animado antes da travagem e do bloqueio das rodas);
- Desequilíbrio do veículo em relação ao seu eixo de movimento, à sua direção e sentido, entrando em sobreviragem ou apenas deslizando lateralmente;
- Desgaste anormal dos pneumáticos, provocado pelo seu arrastamento pelo solo, sempre na mesma posição, levando, em casos extremos, a travagens longas em piso com elevado coeficiente de atrito, e à destruição total dos pneus;
- Redução da capacidade de travagem e conseqüente aumento da distância de paragem.

Existe ainda a possibilidade de o bloqueio das rodas ter origem no travão motor. A este efeito denominamos “bloqueio de motor”, que, quando utilizado de forma controlada e provocada pelo condutor, se apelida de “bloqueio de caixa”. Este bloqueio às rodas motrizes, pode provocar a derrapagem do eixo da frente, nos veículos de tração (força motriz à frente), ou do eixo traseiro nos veículos de propulsão (força motriz atrás).

SUBVIRAGEM E SOBREVIRAGEM

Coloque-se um veículo numa trajetória rotativa, num local plano e com boa aderência, efetuando uma circunferência de determinado raio. Aumente-se gradualmente a sua velocidade, volta a volta. A determinada velocidade, mantendo o raio constante, o veículo não consegue manter a trajetória pré-definida.

Ocorrerá uma das seguintes circunstâncias:

- O veículo tende a aumentar o arco da trajetória definida pelas rodas direcionais, saindo para o exterior da circunferência inicial, verificando-se uma subviragem, e neste caso o veículo “vira” menos do que a posição das rodas inicialmente definia;
- A frente do veículo tende a diminuir a trajetória definida, por alargamento do arco traçado pela sua traseira, que sai para o exterior da circunferência, verificando-se uma sobreviragem, neste caso o veículo “vira” mais do que a direção das rodas indica;
- As duas anteriores em simultâneo, em que a frente do veículo alarga a trajetória e a sua traseira alarga mais para o exterior (derrapagem às 4 rodas, neutra).



Quando num veículo ocorre a primeira situação, diz-se que este é subvirador, que tende a “fugir” de frente. Quando, inversamente é a traseira que “foge”, diz-se que é sobrevirador. Quando estes fenómenos ocorrem em situação de velocidade estabilizada, sem aceleração, devem-se ao facto de os veículos possuírem o seu centro de massa/centro de gravidade avançado (no primeiro caso) ou recuado (na segunda situação).

FORÇA CENTRÍFUGA

A força centrífuga é o resultado da inércia, em curva, ou seja, é a força (ou pseudo-força) aparente que “empurra” os veículos para o exterior das curvas.

Existe uma força, a força centrípeta, que é contrária à centrífuga e que é desenvolvida entre os pneus e o piso da estrada. Essa força corresponde ao atrito. As forças centrípeta e centrífuga têm o mesmo módulo ou seja a intensidade, e variam em dependência quadrática da velocidade.

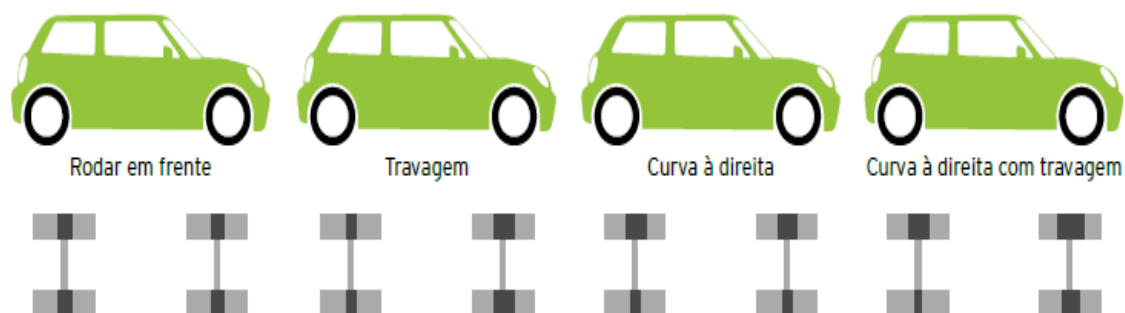
$$F_c = m \frac{v^2}{r}$$

Como se vê, as forças são inversamente proporcionais ao raio da trajetória. Estas forças radiais atuam lateralmente ao veículo. Ou seja, um pequeno aumento da velocidade faz aumentar muito mais as forças laterais do que uma pequena redução do raio da curva.

- Quando duplicamos a velocidade, quadruplicamos a força centrífuga/centrípeta



A quantidade de força resistente que é dada por cada roda, é também afetada pelos movimentos de transferência de peso sobre os eixos da frente e traseiro, quando, durante uma curva, aceleramos ou desaceleramos (ou travamos).



Com base nestes factos e conceitos físicos, podemos criar estratégias de condução tendentes à redução do risco de derrapagem em curva, tendo por base a velocidade de transposição da curva, os momentos de aceleração (positiva ou negativa) e a trajetória.

PERDA DE ESTABILIDADE EM DESVIO DE TRAJETÓRIA

A par da travagem de emergência, o desvio da trajetória pelo aparecimento inesperado de um obstáculo é outra manobra que requer atenção especial por parte do condutor.

Por um lado, o desvio de obstáculo é uma manobra que é afetada especialmente pelo tempo de reação, o qual varia de condutor para condutor. Por outro, contém o perigo de instabilidade e/ou perda de controlo do veículo, na via em que transita.

Nem sempre a paragem de emergência é solução para evitar uma colisão, sobretudo quando o espaço para imobilização é demasiado pequeno. Pelo menos a velocidades baixas, o desvio de obstáculo, para a maior parte dos veículos modernos, é uma manobra de efeito quase instantâneo. Não necessita, pois, de tanto espaço-tempo quanto a paragem de emergência requer. Normalmente, para maximizar o seu efeito, as duas manobras são efetuadas em conjunto.

O perigo principal, que está normalmente por detrás duma manobra de emergência de desvio de obstáculos, é o despiste originado por perda de controlo do condutor.



Durante uma guinada, o descontrolo do veículo pode ser originado tanto por excesso de mudança de direção (sobreviragem, ou derrapagem excessiva do eixo traseiro em relação ao dianteiro) como por defeito (subviragem, ou derrapagem excessiva do eixo dianteiro em relação ao traseiro), o qual podem surgir em consequência uma da outra.

Para evitar a perda de controlo irreversível por parte dos condutores, que não estão preparados – nem porventura em situações extremas teriam capacidade física – para reagir à instabilidade com eficácia, foram desenvolvidos sistemas de auxílio à condução, nomeadamente o ESC (“Electronic Stability Control”).

Consoante a situação dinâmica do veículo, o sistema ESC atua em derrapagem assimétrica, travando uma ou outra roda de cada lado do veículo, de forma independente, controlando assim a sua guinada e mantendo-o na trajetória pretendida definida pelo condutor através da posição do volante.

Este tipo de sistemas evita, por exemplo, que, em situação instável de sobreviragem, o condutor tenha de contra breicar (voltar o volante para o lado de fuga do eixo traseiro) para manter o veículo estável.

Porventura tão efetivo ou mais será ainda o facto de, reduzindo a subviragem (“a fuga de frente” do veículo) ao mínimo possível, o condutor possa desviar-se mais eficazmente de obstáculos inesperados, sobretudo em condições de piso muito escorregadio, algo que, sem ESC, não seria possível.

CAPOTAMENTO

O capotamento pode ocorrer na sequência dum despiste ou duma colisão ou mesmo em situações normais, durante o desvio brusco da trajetória, numa curva, pela inclinação do pavimento, por problemas técnicos do veículo (rebentamento de roda ou quebra de amortecedor) ou ainda pela movimentação da carga.

O capotamento forma-se pela ação de um binário, ou seja, pela aplicação de uma força que atua no centro de massa do veículo, lateralmente e a uma certa distância do fulcro formado pelo ponto de contacto das rodas exteriores que aderem ao piso. O binário resulta da multiplicação da força pelo raio ou distância ao fulcro.



Essa força pode ser a centrífuga que se forma, quando o veículo curva, ou o peso tangencial numa via com declive lateral em relação ao veículo, ou mesmo resultante duma aceleração brusca que sucede em caso de colisão lateral.

Quanto maior for a distância desde o ponto de aplicação dessa força lateral até ao fulcro, ou seja, até ao nível dos pneus, maior é o binário e, por conseguinte, maior é a probabilidade de resultar em capotamento.

Um dos pontos-chave na determinação do capotamento lateral é a posição em altura do centro de massa do veículo. O centro de massa é o ponto imaginário em que a massa do veículo está concentrada. É o ponto médio da massa do veículo. Para efeitos práticos, também pode ser designado por “centro de gravidade”.

Quanto mais alto estiver o centro de gravidade em relação ao nível do atrito no piso, ou seja, ao nível das rodas, maior é a propensão para o capotamento. Por isso é que um veículo alto é menos estável em curva que um veículo mais baixo.

Para evitar situações de possível capotamento, é importante:

- **Ter a carga bem acondicionada, de forma simétrica em relação aos dois lados do veículo, equilibrada e segura;**
- **Evitar a velocidade excessiva em curva, praticando uma condução defensiva;**
- **Evitar manobras bruscas de desvio de trajetória;**
- **Evitar circular em declives muito acentuados (rampas ou bermas altas).**

HIDROPLANAGEM (AQUAPLANNING)

O atrito é formado na interação da borracha do pneu do veículo com a superfície da via no qual este circula. Nem sempre as condições de atrito são favoráveis. A existência de contaminantes sobre o pavimento influi negativamente nessa interação, reduzindo o coeficiente de atrito, o que origina uma degradação da adesão ao piso.

Na presença dum fluido (água, por exemplo), para garantir o atrito, um pneu necessita de escoar uma certa quantidade de fluido por unidade de tempo. Esse caudal varia consoante a quantidade de fluido acumulado e a área de contacto do pneu.



A superfície dos pneus (piso) é formada por sulcos desenhados no piso. Um escoamento eficiente só é possível com sulcos sobressalientes. Em situações extremas, a quantidade de fluido líquido sobre o pavimento não é escoada eficientemente pelo pneu. Quando isto acontece, o pneu passa a flutuar sobre a película de fluido numa situação de ausência total de atrito estático. Diz-se que o veículo entrou em hidroplanagem ou “aquaplaning”.

Este fenómeno ocorre normalmente por inércia do fluido em presença abundante sobre o piso, se o veículo circula a grande velocidade sobre uma área inundada da via. A pressão criada entre o fluido e o pneu aumenta ao quadrado da velocidade. Mas, pode também ocorrer devido à adesão do fluido ao pavimento, nomeadamente se o índice de viscosidade for elevado (óleos e resinas, por exemplo), ou no caso do gelo derretido. Pode surgir a baixa velocidade ou mesmo com o veículo parado sobre a via.



Em situação de hidroplanagem, o condutor do veículo perde praticamente o controlo direcional do veículo, para além da tração. Em curva, a hidroplanagem é um fenómeno crítico, originando despiste.

A hidroplanagem é ainda perigosa pelo facto de poder causar uma derrapagem com peão em veículos com tração traseira. Uma vez perdido o atrito, a derrapagem por via da força da roda pode levar a uma instabilidade com perda súbita do controlo por parte do condutor, nomeadamente se acontecer de forma assimétrica, isto é, na(s) roda(s) motrizes de um só lado do veículo.

Outro dos perigos é em situação de embate, a velocidade elevada, da roda do veículo numa poça de água, de forma assimétrica. Ao embater contra a água, vai haver uma elevação drástica da pressão do fluido comprimido contra a área de contacto das rodas



do lado do veículo em contacto com o fluido, devido à inércia. Essa força de pressão é transmitida, por reação, à roda originando uma guinada no veículo ou até mesmo, no limite, a um “peão” descontrolado e um eventual despiste com colisão.

Os 3 fatores principais que contribuem para a hidroplanagem são:

- **Velocidade do veículo;**
- **Desenho e estado dos pneus do veículo (profundidade dos sulcos da borracha);**
- **Altura da película de fluido.**

Para evitar a hidroplanagem, ou até um acidente, é importante observar algumas normas:

- **Praticar condução defensiva;**
- **Circular apenas com pneus adequados ao veículo, com profundidade de piso superior ao limite legal, e em bom estado de conservação;**
- **Circular com velocidade reduzida em piso escorregadio ou em situação em que seja provável ou previsível a existência de lençóis de água, gelo ou de óleo sobre a via (as primeiras chuvas, temperaturas baixas, dias de chuva torrencial ou a presença de árvores resinosas como eucaliptos e pinheiros);**
- **Observar o spray produzido pelos pneus dos veículos precedentes, como forma de prever eventual hidroplanagem;**
- **Na presença súbita dum lençol de água na trajetória do veículo, não voltar o volante bruscamente para tentar evitá-lo;**
- **Conduzir sempre com suavidade e progressividade.**

Se e quando o veículo entrar momentaneamente em hidroplanagem:

- **Manter a calma e ser suave com os controlos;**
- **Não travar nem acelerar;**
- **Não voltar o volante.**

A falha de qualquer uma destas normas amplificará muito o risco de despiste ou de colisão grave.