

Universidade Federal do Paraná
Setor de Tecnologia
Departamento de Engenharia Mecânica

TMEC078-FUNDAMENTOS DE DINÂMICA VEICULAR

1-Fundamentos de um veículo

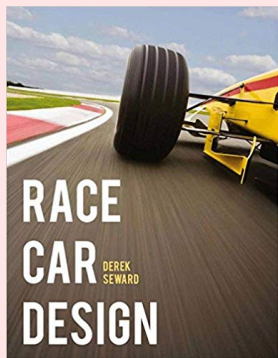
Prof. Jorge Luiz Erthal

jorgeerthal@gmail.com

27 de março de 2019



Apresentação



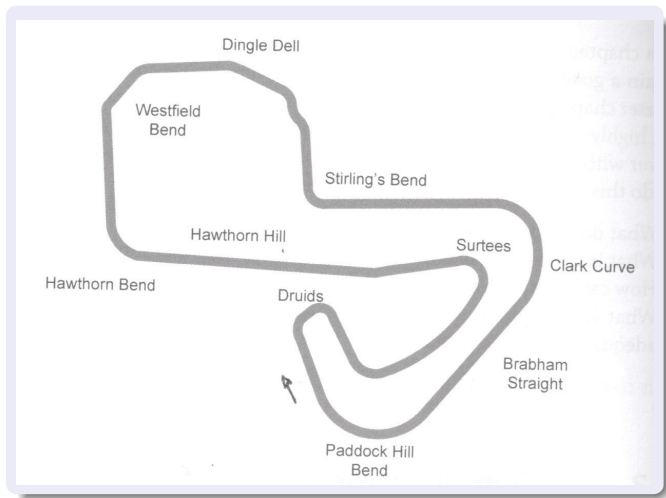
Este documento apresenta as figuras do Capítulo 1 do livro de Derek Seward (SEWARD, 2014).

Sumário

- 1 Elementos de uma corrida
- 2 Centro de massa
- 3 Carga estática e equilíbrio
- 4 Aceleração e transferência longitudinal
- 5 Frenagem e transferência longitudinal
- 6 Curva e transferência transversal
- 7 Diagrama $g - g$
- 8 Downforce aerodinâmico
- 9 Referências

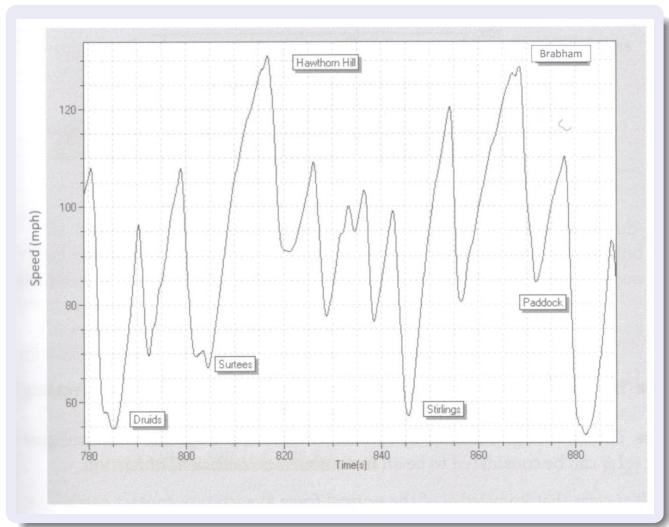


1.1-Circuito de Brands Hatch.

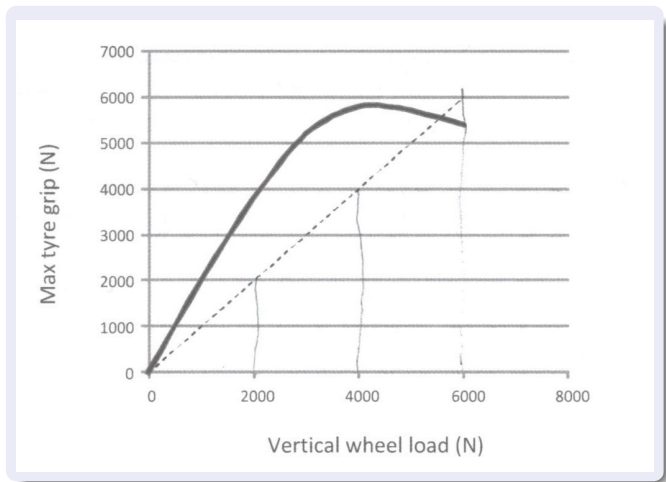


1.2-Dados de velocidade em Brands Hatch

Obtido pelo Software DigiTools, da ETB Instruments Ltd.(ETB INSTRUMENTS LTD., 2019)



1.3-Aderência típica de um pneu de corrida.



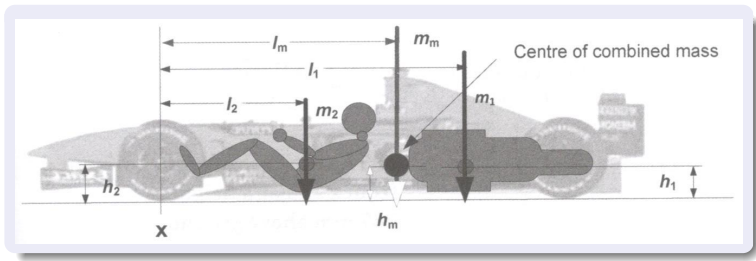
Sumário

- 1 Elementos de uma corrida
- 2 Centro de massa**
- 3 Carga estática e equilíbrio
- 4 Aceleração e transferência longitudinal
- 5 Frenagem e transferência longitudinal
- 6 Curva e transferência transversal
- 7 Diagrama $g - g$
- 8 Downforce aerodinâmico
- 9 Referências



1.4-Centro de massa.

Exemplo 1.1



Sumário

- 1 Elementos de uma corrida
- 2 Centro de massa
- 3 Carga estática e equilíbrio**
- 4 Aceleração e transferência longitudinal
- 5 Frenagem e transferência longitudinal
- 6 Curva e transferência transversal
- 7 Diagrama $g - g$
- 8 Downforce aerodinâmico
- 9 Referências



1.5-Cargas estáticas nas rodas

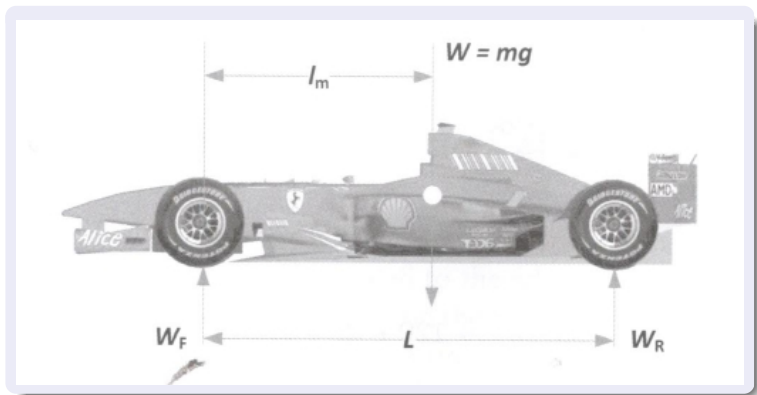


Tabela 1.1: Planilha para o cálculo do centro de massa.

Planilha disponível em (PALGRAVE MACMILAN, 2019)

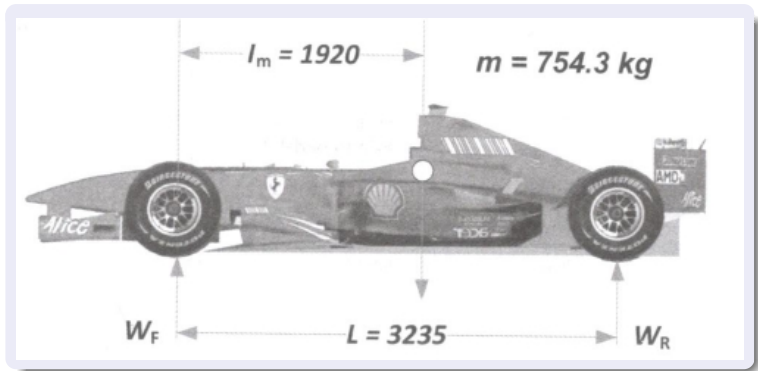
Racing car centre of mass calculator
Links to page 6 of Race Car Design by Derek Seward

| Element | Mass (kg) | Horiz. dist front axle (mm) | Horiz. moment (kgm) | Vert. dist ground (mm) | Vert. moment (kgm) | |
|--------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------|
| Car | | | | | | |
| Front wheel assemblies | 32,4 | 0 | 0 | 280 | 9072 | |
| Pedal box | 5 | 0 | 0 | 280 | 1300 | |
| Shifting gear | 5 | 300 | 1500 | 150 | 750 | |
| Controls | 3 | 200 | 600 | 400 | 1200 | |
| Frame + floor | 50 | 1250 | 62500 | 330 | 16500 | |
| Body | 15 | 1500 | 22500 | 300 | 5250 | |
| Front wing | 5 | -450 | -2250 | 90 | 450 | |
| Rear wing | 5 | 2700 | 13500 | 450 | 2250 | |
| Fire extinguisher | 5 | 300 | 1500 | 280 | 1300 | |
| Engine assembly + oil | 85 | 1830 | 155550 | 300 | 25500 | |
| Fuel tank (full) | 25 | 1275 | 31875 | 200 | 5000 | |
| Battery | 4 | 1200 | 4800 | 120 | 480 | |
| Electrics | 4 | 1500 | 6000 | 200 | 800 | |
| Exhaust | 5 | 1750 | 8750 | 350 | 1750 | |
| Radiator + water | 10 | 1350 | 13500 | 150 | 1500 | |
| Rear wheel assem. + oil. | 58 | 2300 | 133400 | 280 | 16240 | |
| Reverse motor | 6 | 2600 | 15600 | 280 | 1680 | |
| Ballast | | | | 0 | 0 | |
| Other 1 | | | | 0 | 0 | |
| Other 2 | | | | 0 | 0 | |
| Other 3 | | | | 0 | 0 | |
| Other 4 | | | | 0 | 0 | |
| Other 5 | | | | 0 | 0 | |
| Total car | 322,4 | 1454 | 468825 | 282 | 91022 | |
| Driver | | | | | | |
| | Distance: front axle to pedal | | | | | |
| Weight of driver | 80 | 50 | | | | |
| | Mass (kg) | Horiz. dist. seat foot (mm) | Horiz. dist. front axle (mm) | Horiz. moment (kgm) | Vert. dist. ground (mm) | Vert. moment (kgm) |
| Feet | 2,8 | 40 | 90 | 250 | 310 | 859,733333 |
| Calfes | 17,7 | 350 | 450 | 3372 | 380 | 2764,8 |
| Thighs | 17,3 | 760 | 810 | 13997 | 295 | 5057,6 |
| Torso | 36,9 | 1050 | 1100 | 40597 | 300 | 11072 |
| Forearms | 3,7 | 800 | 850 | 2720 | 400 | 1080 |
| Upper arms | 5,3 | 1100 | 1150 | 6133 | 420 | 2240 |
| Hands | 1,3 | 650 | 700 | 896 | 510 | 652,8 |
| Head | 4,5 | 1200 | 1250 | 6133 | 1050 | 3716,26667 |
| Total driver | 80 | 5950 | 6350 | 74598,4 | 348 | 27683,2 |
| Grand total | 402,4 | | 1550 | 543423 | 295 | 118705,2 |
| Rear load | 236 | | | | | |
| Front load | | | | | | 168 |
| Ratio FR | | | 41,3% | 58,7% | | |



1.6-Posição do centro de massa.

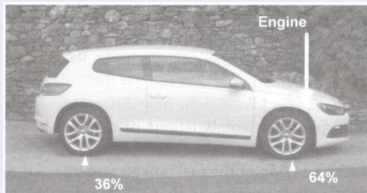
Exemplo 1.2



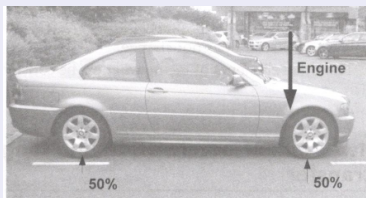
1.7-Distribuição do peso

Em função do eixo tracionado, posição do motor e tipo de pneu

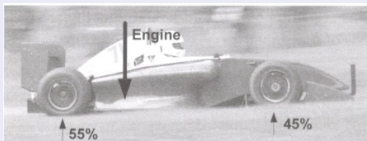
VW Scirocco - motor dianteiro, tração dianteira, pneus iguais.



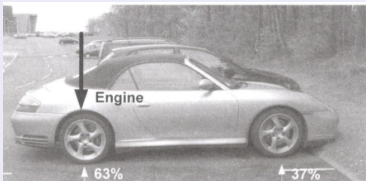
BMW serie 3 - motor dianteiro/médio, tração traseira, pneus iguais.



Fórmula - motor médio, tração traseira, pneus traseiros mais largos.



Porsche 911 - motor traseiro, tração traseira, pneus traseiros muito mais largos.

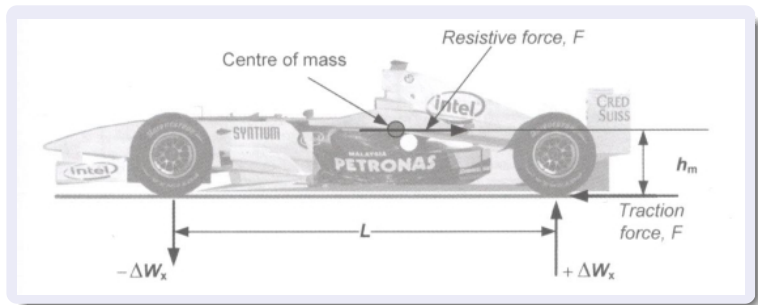


Sumário

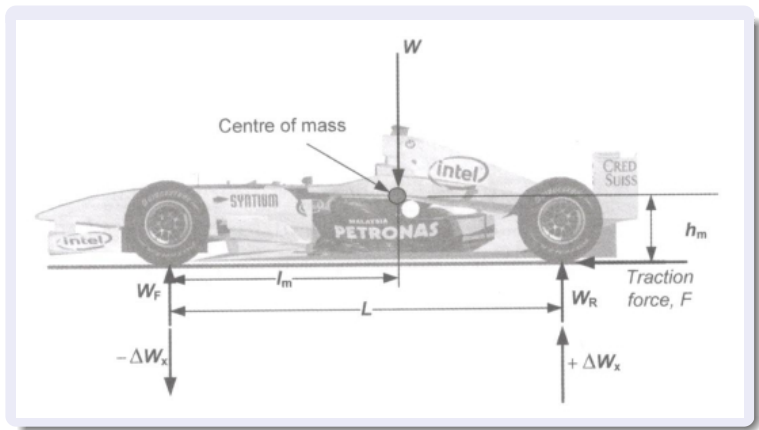
- 1 Elementos de uma corrida
- 2 Centro de massa
- 3 Carga estática e equilíbrio
- 4 Aceleração e transferência longitudinal**
- 5 Frenagem e transferência longitudinal
- 6 Curva e transferência transversal
- 7 Diagrama $g - g$
- 8 Downforce aerodinâmico
- 9 Referências



1.8-Aceleração linear e transferência de carga longitudinal

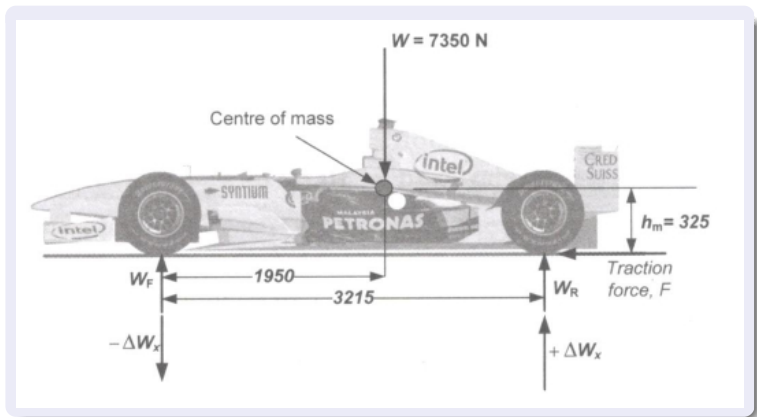


1.9-Aceleração limitada pela tração

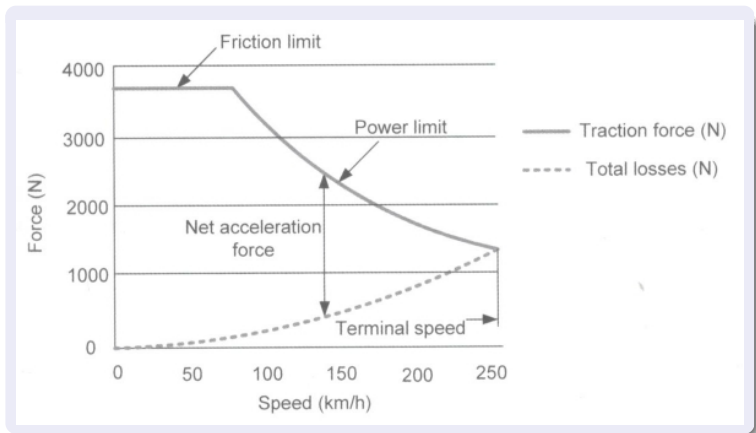


1.10-Carga nas rodas durante a aceleração

Exemplo 1.3



1.11-Força disponível para aceleração

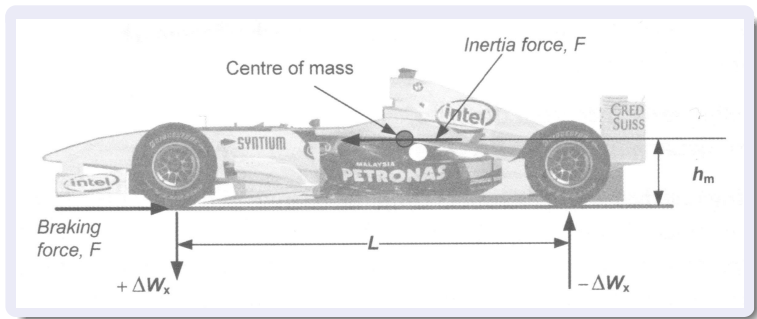


Sumário

- 1 Elementos de uma corrida
- 2 Centro de massa
- 3 Carga estática e equilíbrio
- 4 Aceleração e transferência longitudinal
- 5 Frenagem e transferência longitudinal**
- 6 Curva e transferência transversal
- 7 Diagrama $g - g$
- 8 Downforce aerodinâmico
- 9 Referências

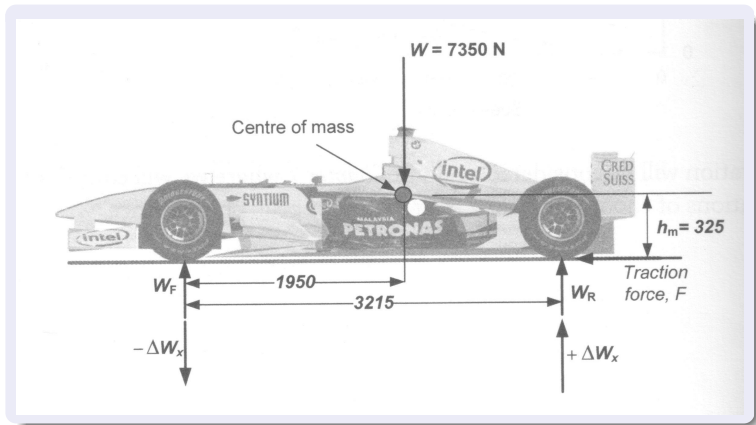


1.12-Frenagem e transferência de carga longitudinal



1.13-Carga nas rodas durante a frenagem

Exemplo 1.4

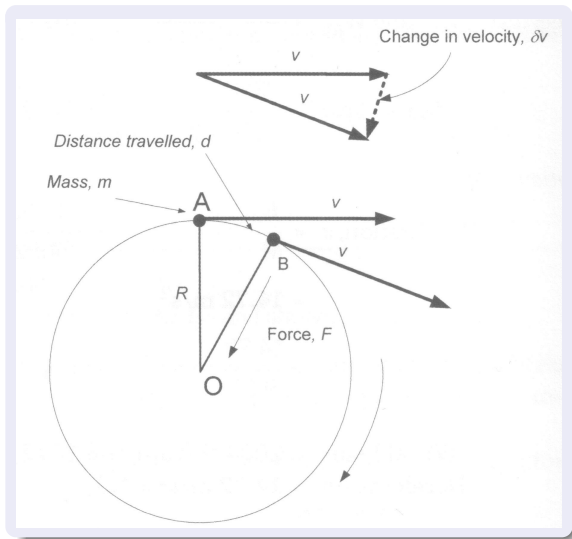


Sumário

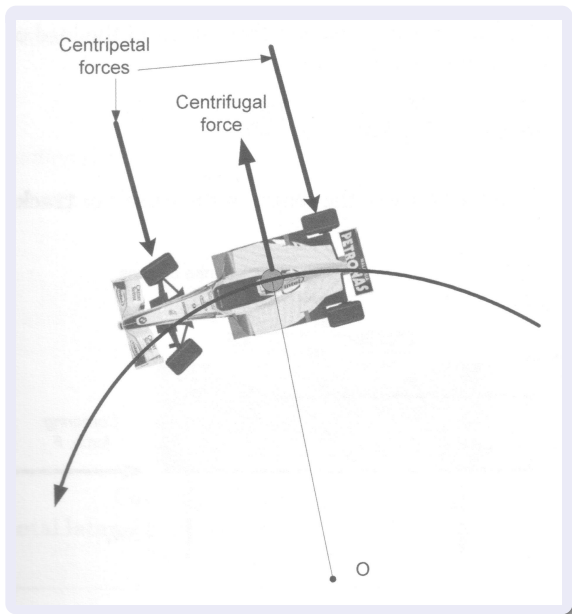
- 1 Elementos de uma corrida
- 2 Centro de massa
- 3 Carga estática e equilíbrio
- 4 Aceleração e transferência longitudinal
- 5 Frenagem e transferência longitudinal
- 6 Curva e transferência transversal**
- 7 Diagrama $g - g$
- 8 Downforce aerodinâmico
- 9 Referências



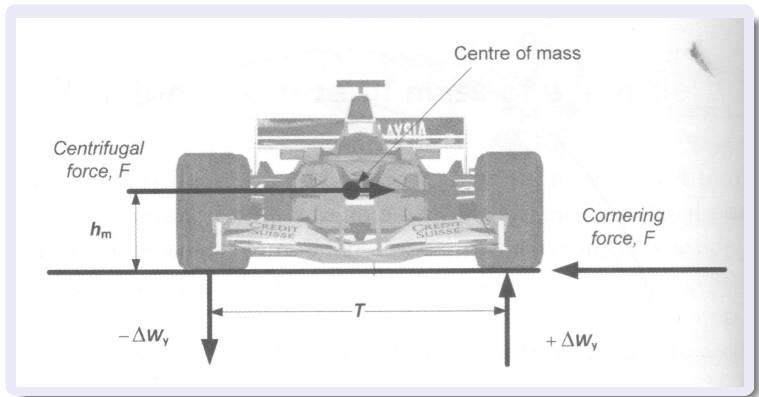
1.14-Força centrípeta



1.15-Carro percorrendo uma curva

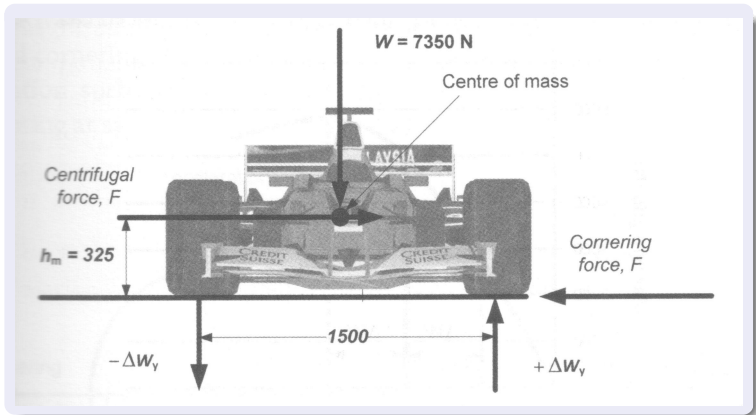


1.16-Transferência de carga lateral numa curva

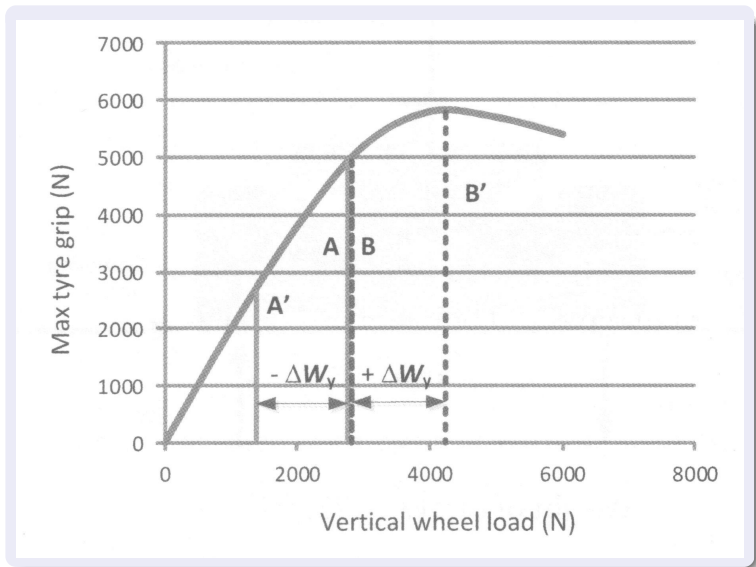


1.17-Transferência de carga lateral total numa curva

Exemplo 1.5



1.18-Curva e sensibilidade do pneu



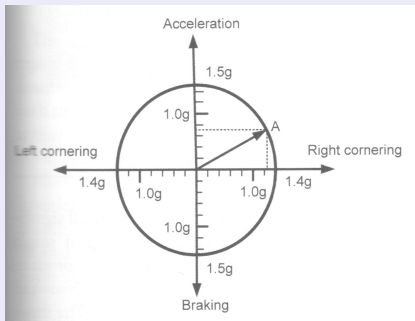
Sumário

- 1 Elementos de uma corrida
- 2 Centro de massa
- 3 Carga estática e equilíbrio
- 4 Aceleração e transferência longitudinal
- 5 Frenagem e transferência longitudinal
- 6 Curva e transferência transversal
- 7 Diagrama $g - g$**
- 8 Downforce aerodinâmico
- 9 Referências

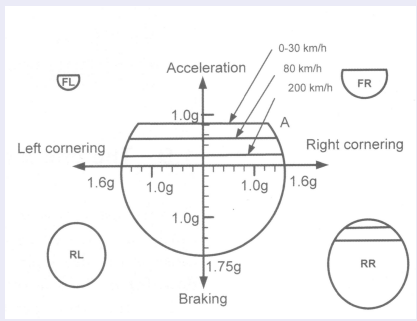


Diagramas $g - g$

De um pneu

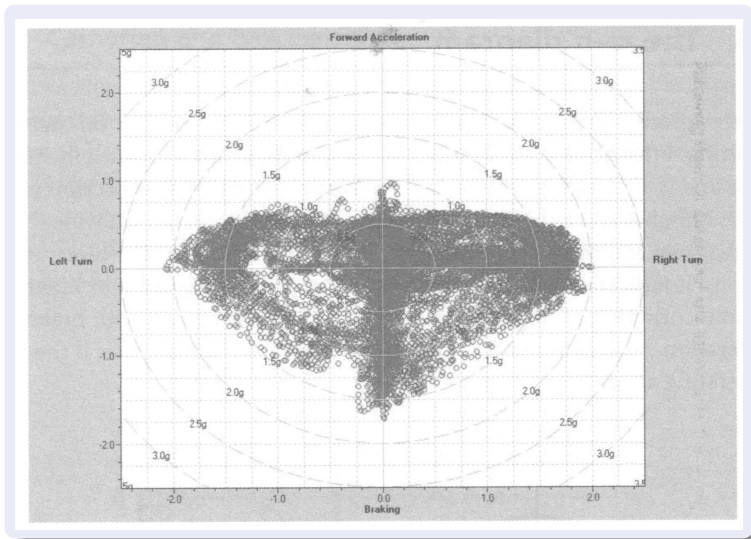


Do carro



1.21-Dados reais do círculo da tração

Produzido com o *software* DigiTools. (ETB INSTRUMENTS LTD., 2019)



Sumário

- 1 Elementos de uma corrida
- 2 Centro de massa
- 3 Carga estática e equilíbrio
- 4 Aceleração e transferência longitudinal
- 5 Frenagem e transferência longitudinal
- 6 Curva e transferência transversal
- 7 Diagrama $g - g$
- 8 Downforce aerodinâmico**
- 9 Referências



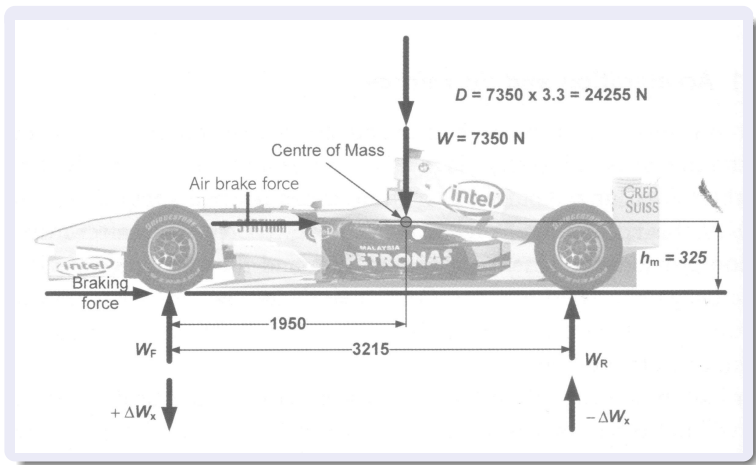
Efeito do *downforce* aerodinâmico

Tabela 1.2: Classificação típica de *downforce*.

| Nível de <i>downforce</i> | Potência do motor | Velocidade máxima km/h (mph) | Downforce em g a 180 km/h (110 mph) | Downforce em valores de g na velocidade máxima | Exemplo |
|---------------------------|-------------------|---------------------------------|--|--|-------------|
| baixo | <200 | 225 (130) | 0,5 | 0,7 | motocicleta |
| médio | 200-350 | 250 (150) | 0,75 | 1,4 | F3 |
| alto | 350-700 | 275 (170) | 0,85 | 2,0 | F2 |
| muito alto | >700 | 320 (200) | 1,0 | 3,3 | F1 |

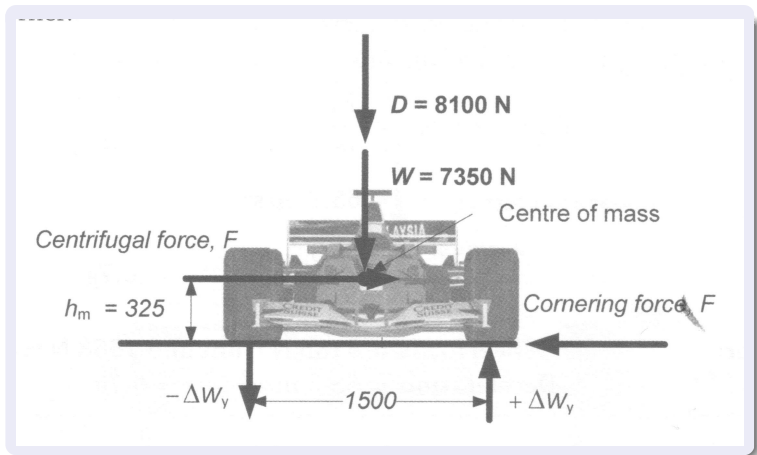
1.22-Frenagem com *downforce*

Exemplo 1.6

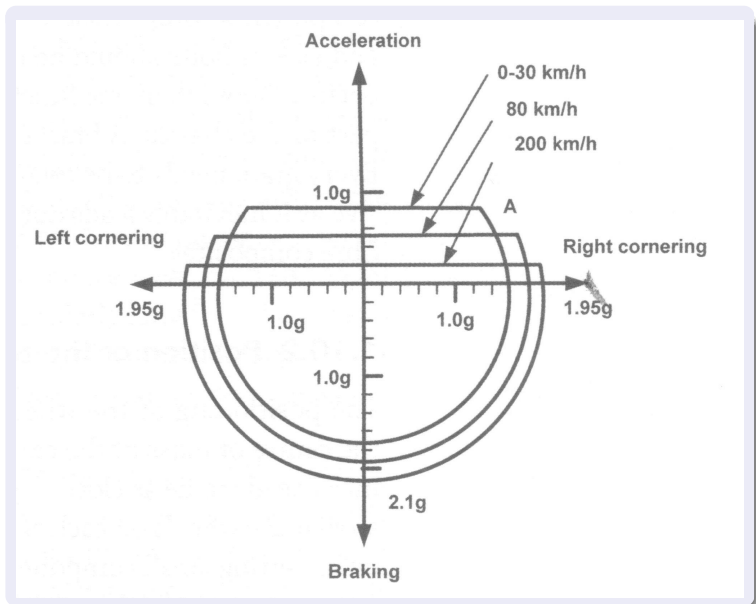


1.23-Curva com downforce

Exemplo 1.7



1.24-Diagrama g – g com *downforce*




Sumário


- 1 Elementos de uma corrida
- 2 Centro de massa
- 3 Carga estática e equilíbrio
- 4 Aceleração e transferência longitudinal
- 5 Frenagem e transferência longitudinal
- 6 Curva e transferência transversal
- 7 Diagrama $g - g$
- 8 Downforce aerodinâmico
- 9 Referências



Referências I

 ETB INSTRUMENTS LTD. *DigiDash Software*. 2019. Disponível em: <<https://www.etbinstruments.com>>.

 PALGRAVE MACMILAN. *Race Car Design*. 2019. Disponível em: <<https://www.macmillanihe.com/companion/Seward-Race-Car-Design/>>.

 SEWARD, D. *Race Car Design*. Suffolk, Inglaterra: Palgrave, 2014. ISBN 1137030143.

