



Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
IT- Departamento de Engenharia
IT 154 MOTORES E TRATORES

Estabilidade de Tratores Agrícolas de Pneus



Carlos Alberto Alves Varella, varella@ufrj.br
Joseph Kalil Khoury Junior, kalil@ufv.br

INTRODUÇÃO

Frota de tratores agrícolas de pneus

- **27,6 milhões de unidades no mundo**
- **336 mil no Brasil**

Acidentes com tratores agrícolas

- **A maioria é fatal**
- **60% devidos ao tombamento**

Estatística dos acidentes com tratores agrícolas

- **70% Tombamento lateral**
- **15% Tombamento para trás**
- **15% Demais fatores**

Introdução

A estabilidade do trator

- **Tem sido estudada por diversos pesquisadores**
- **Testes em pistas e/ou simulações em sistemas computacionais**
- **Está correlacionada com o tombamento**

Introdução

Os estudos da dinâmica de tratores utilizando modelos matemáticos têm sido muito úteis para o desenvolvimento de projetos de tratores otimizados e mais seguros.

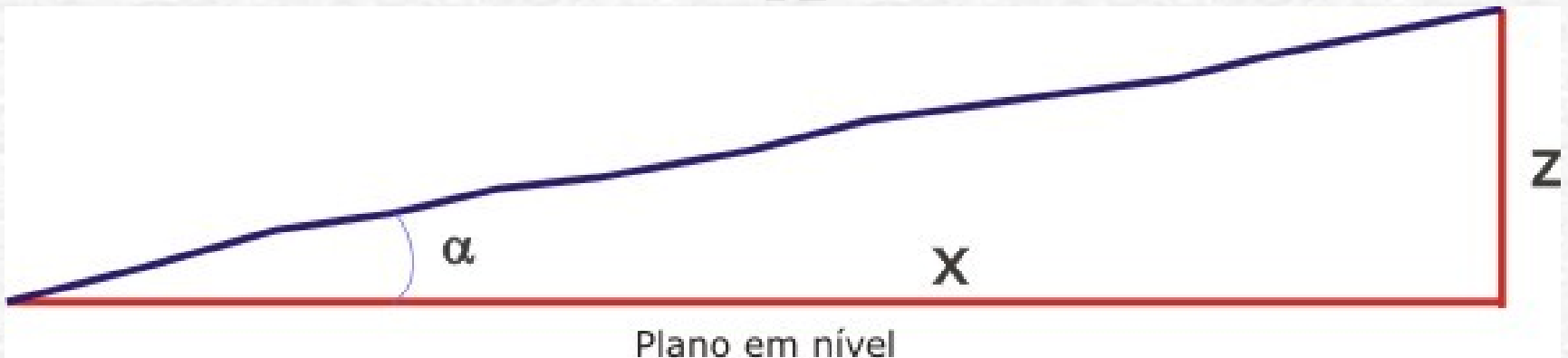
Equilíbrio lateral estático

- **Importante no estabelecimento de declividades limites para uso de tratores**

Declividade do terreno (d_t)

- É normalmente expressa em porcentagem

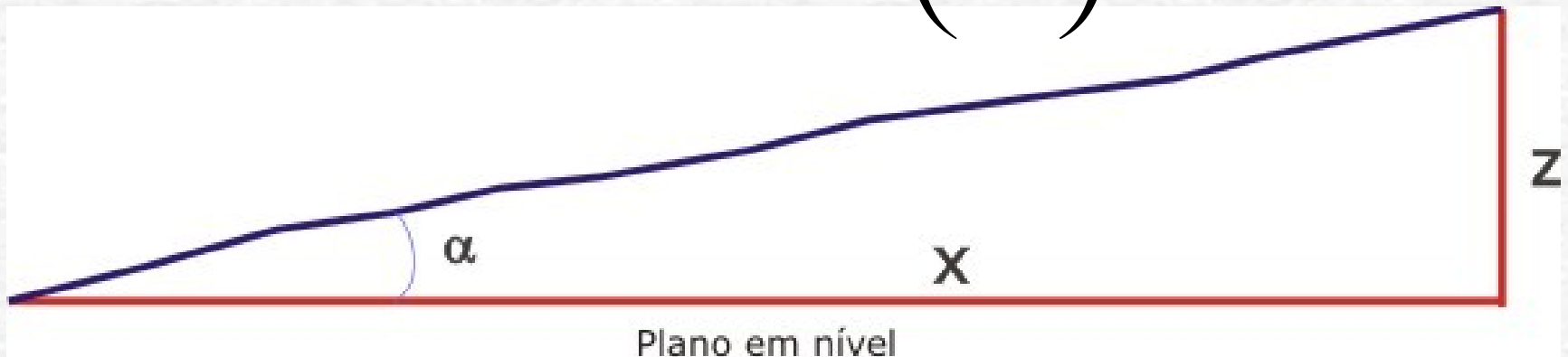
$$d_t = \frac{Z}{X} \cdot 100$$



Ângulo da declividade (α)

- É normalmente expresso em graus

$$\alpha = \arctan\left(\frac{z}{x}\right)$$

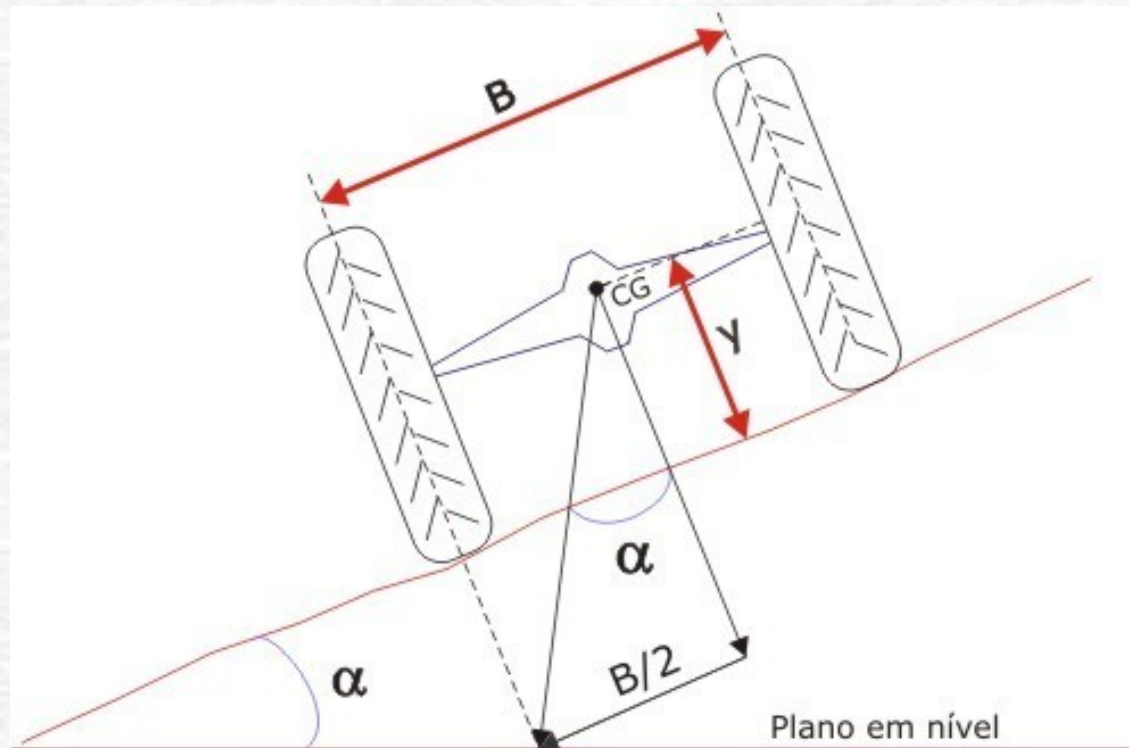


Variáveis do equilíbrio lateral

Bitola = B

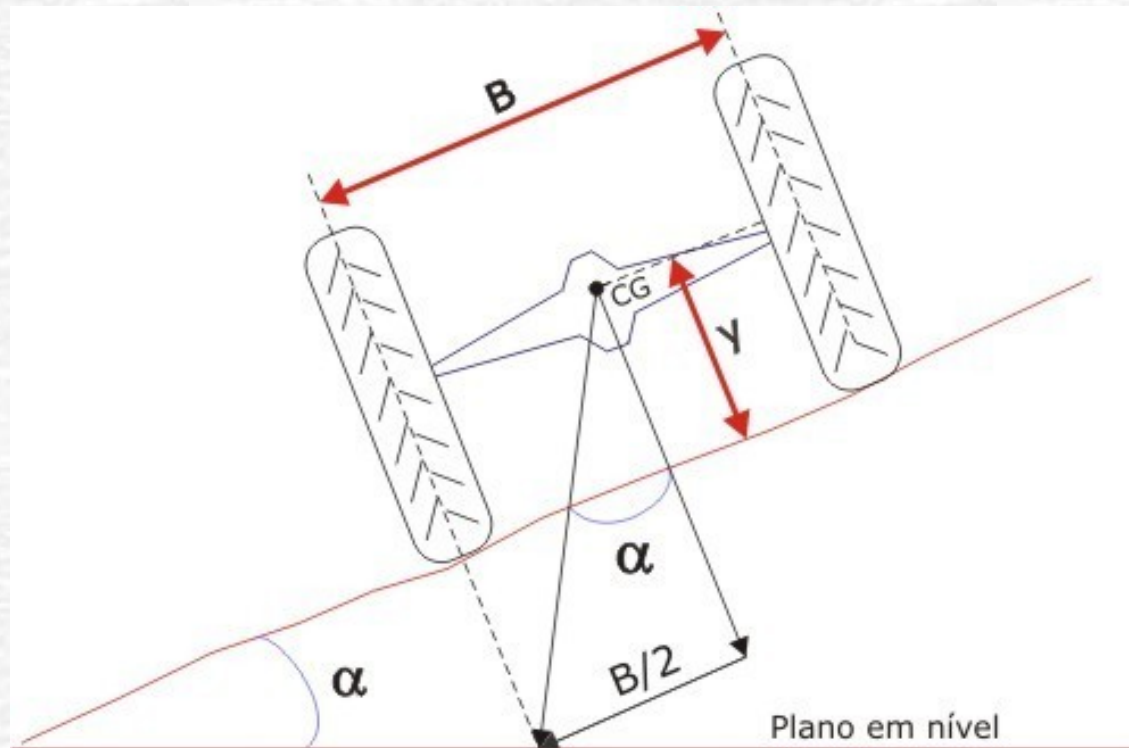
Cota vertical CG = y

Ângulo do terreno = α



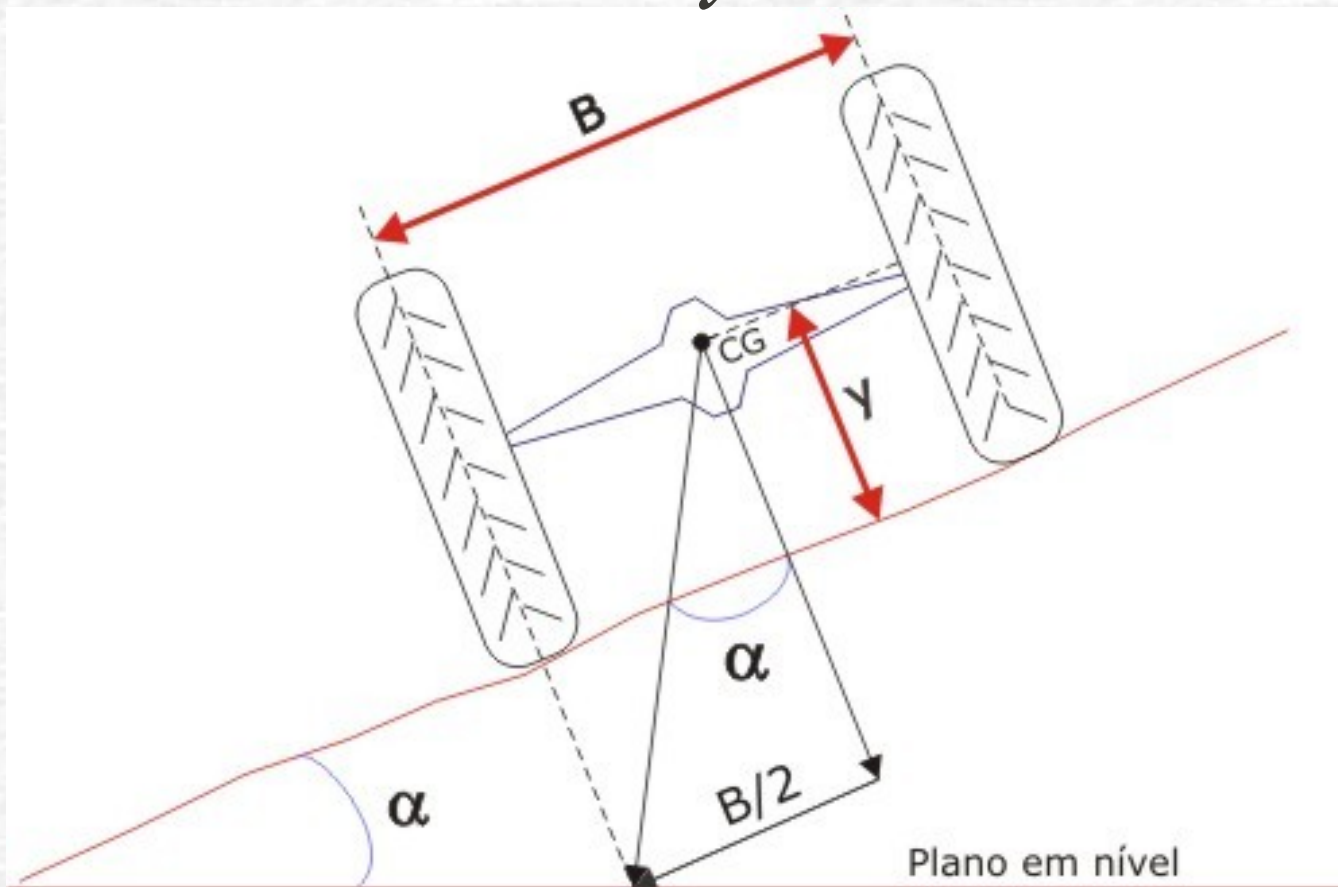
Equação do equilíbrio lateral estático

$$d_e = \frac{B}{2 \cdot y} \cdot 100$$



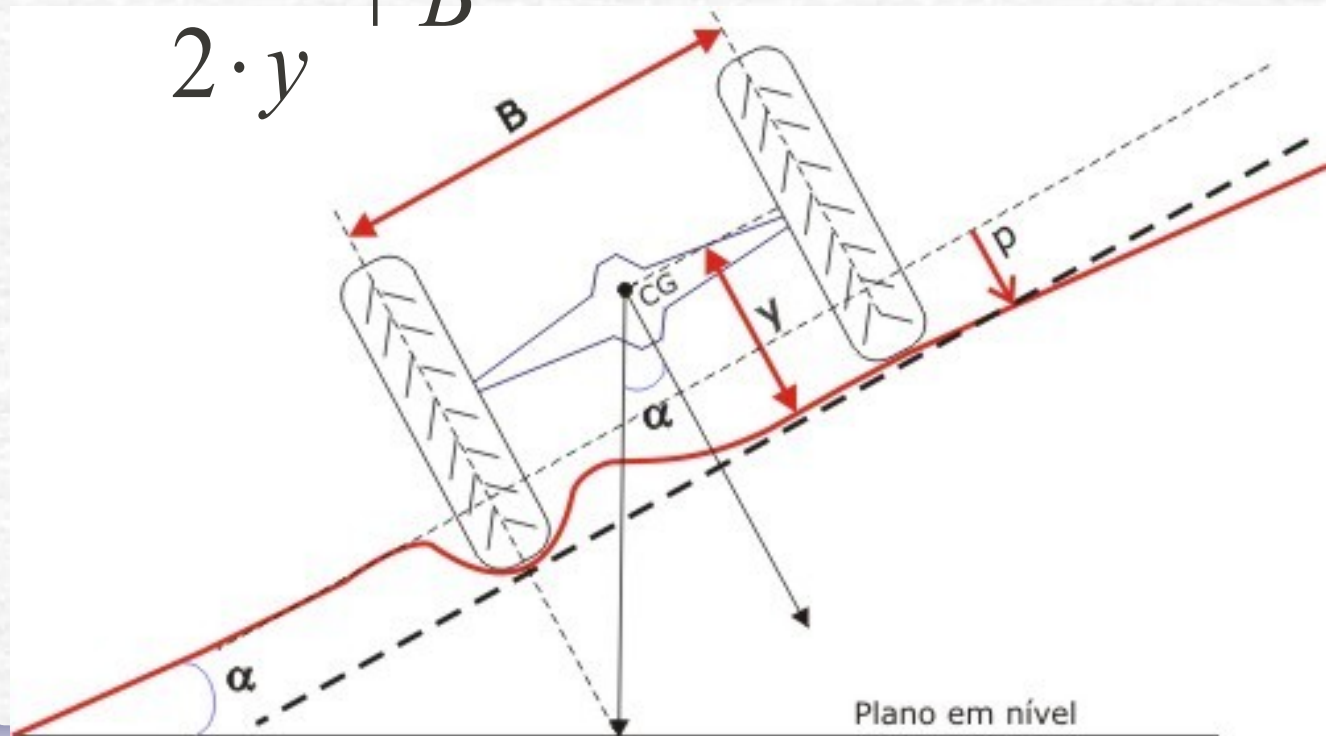
$d_e =$ declividade estática

$$d_e = \frac{B}{2 \cdot y} \cdot 100$$

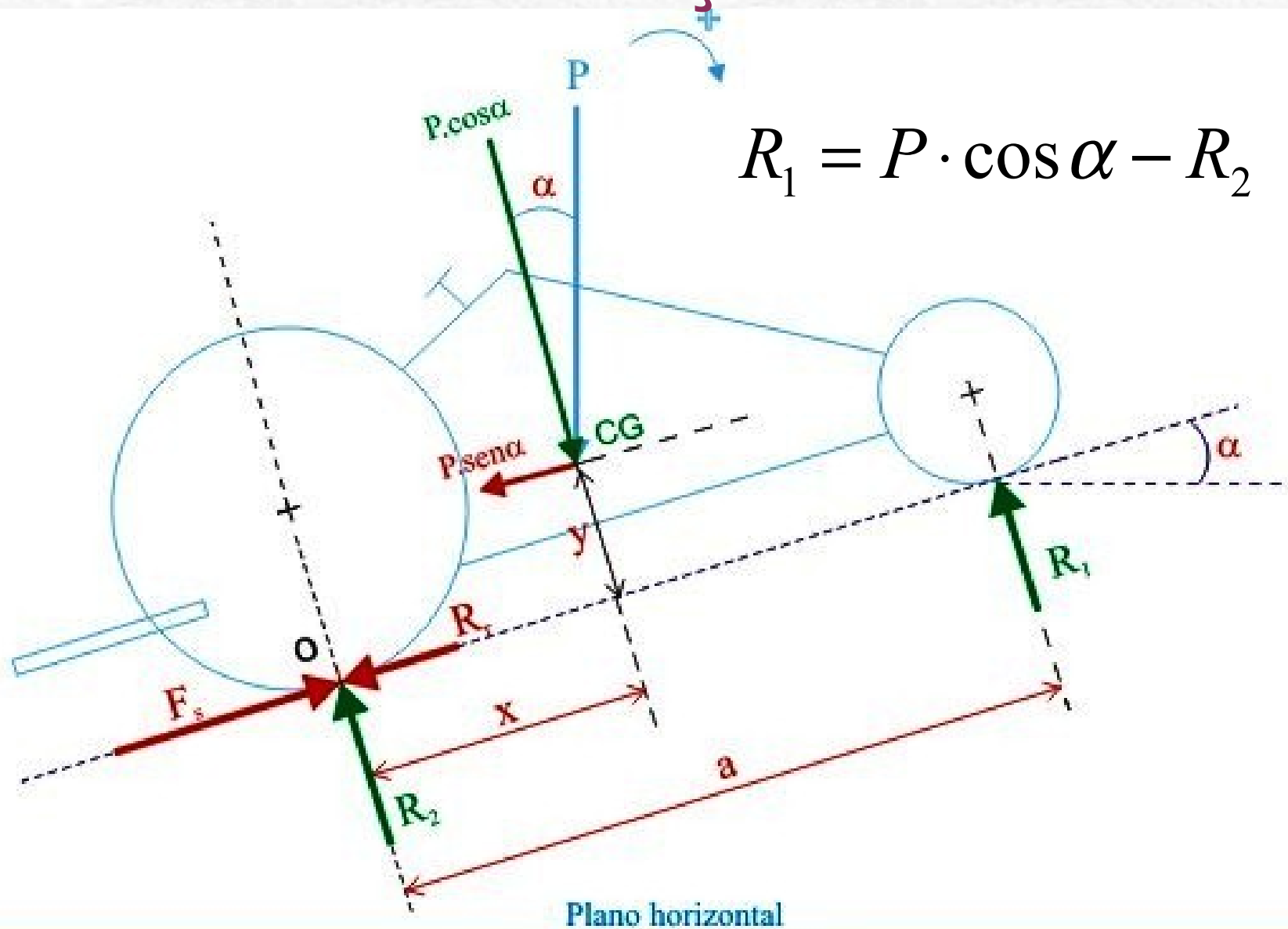


Declividade operacional

$$d_o = 0,5 \cdot \frac{\frac{B^2}{2 \cdot y} - p}{\frac{p \cdot B}{2 \cdot y} + B}$$

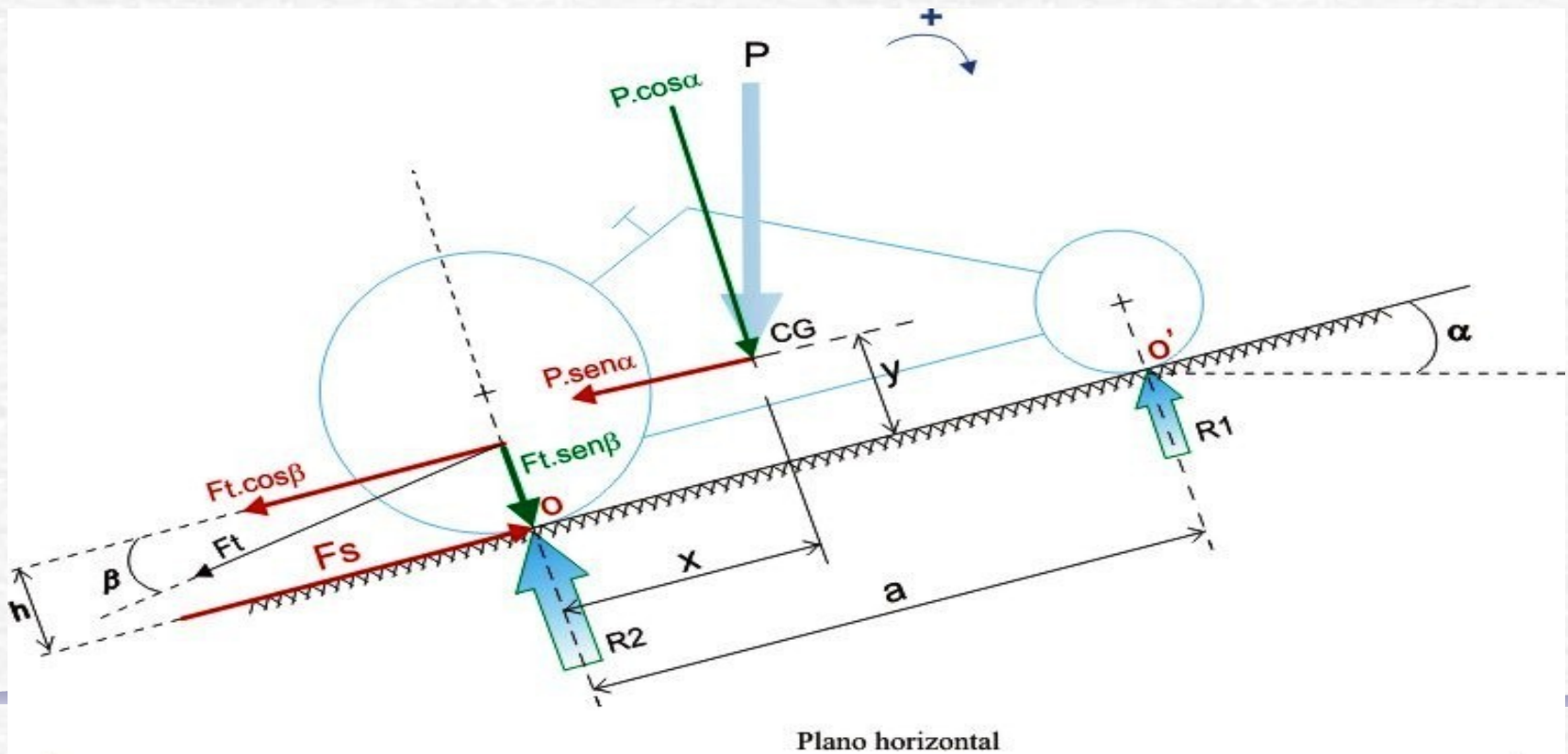


Equilíbrio longitudinal estático sem tração



Equilíbrio longitudinal estático com tração

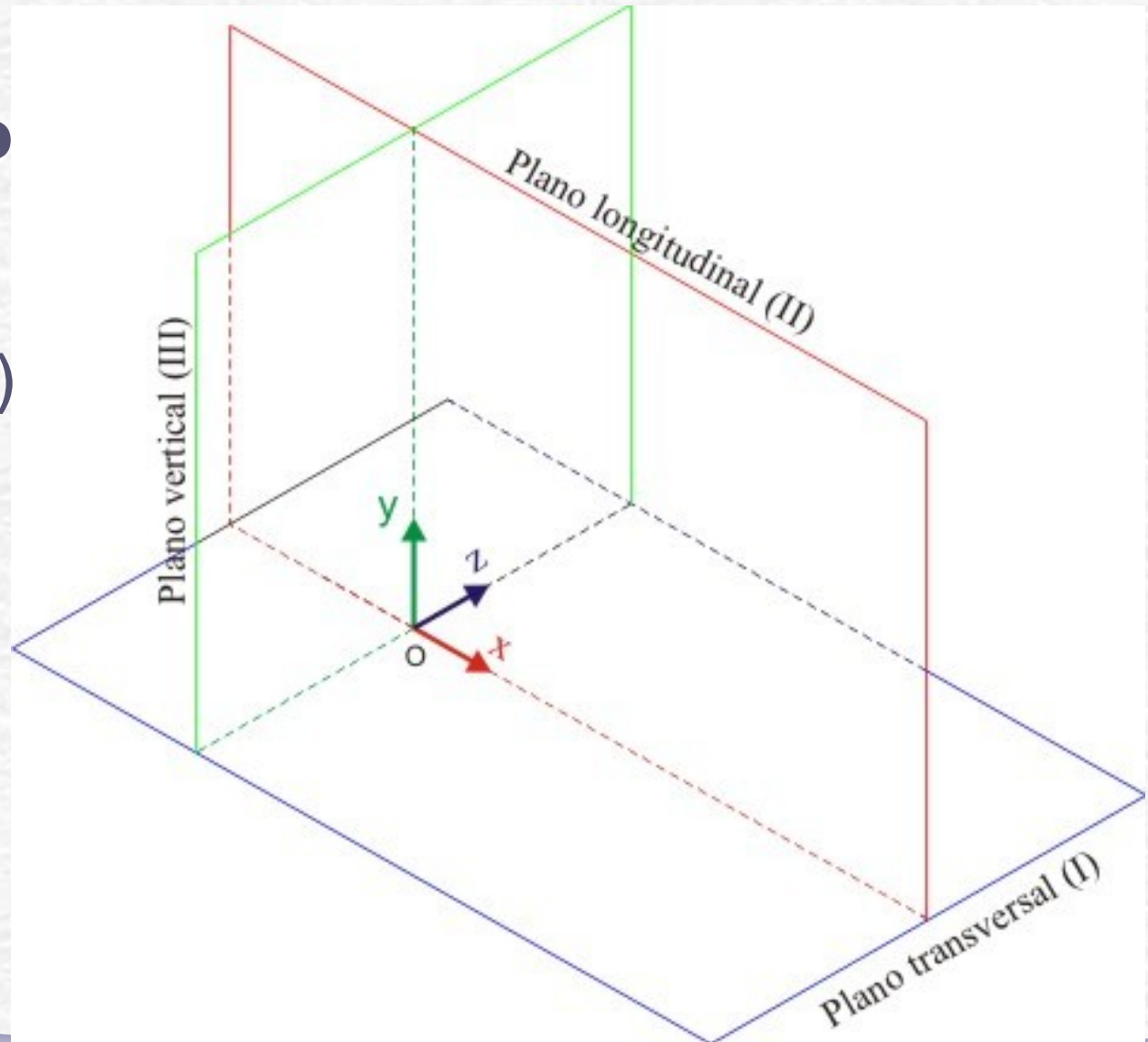
$$R_1 = \frac{-Ft \cdot \cos \beta \cdot y - P \cdot \text{sen} \alpha \cdot h + P \cdot \cos \alpha \cdot c}{a}$$



Centro de gravidade de tratores

Triedro de referência do CG

Coordenadas:
longitudinal (x)
vertical (y)
transversal (z)



Localização do CG de tratores



Coordenadas do centro de gravidade do trator

Valmet 118-4 Álcool	x	y	z
Sem lastro	1053	911	0
Com lastro	1036	793	-4

Estabilidade lateral

- A bitola do trator , B
- Coordenada vertical do CG, y

Estabilidade longitudinal

- Coordenada longitudinal do CG, x
- Distância entre eixos, a