

MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO MUNDO FÍSICO

SISTEMAS MECÂNICOS

Insper

MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO MUNDO FÍSICO



**SISTEMAS
MECANICOS**

Insper

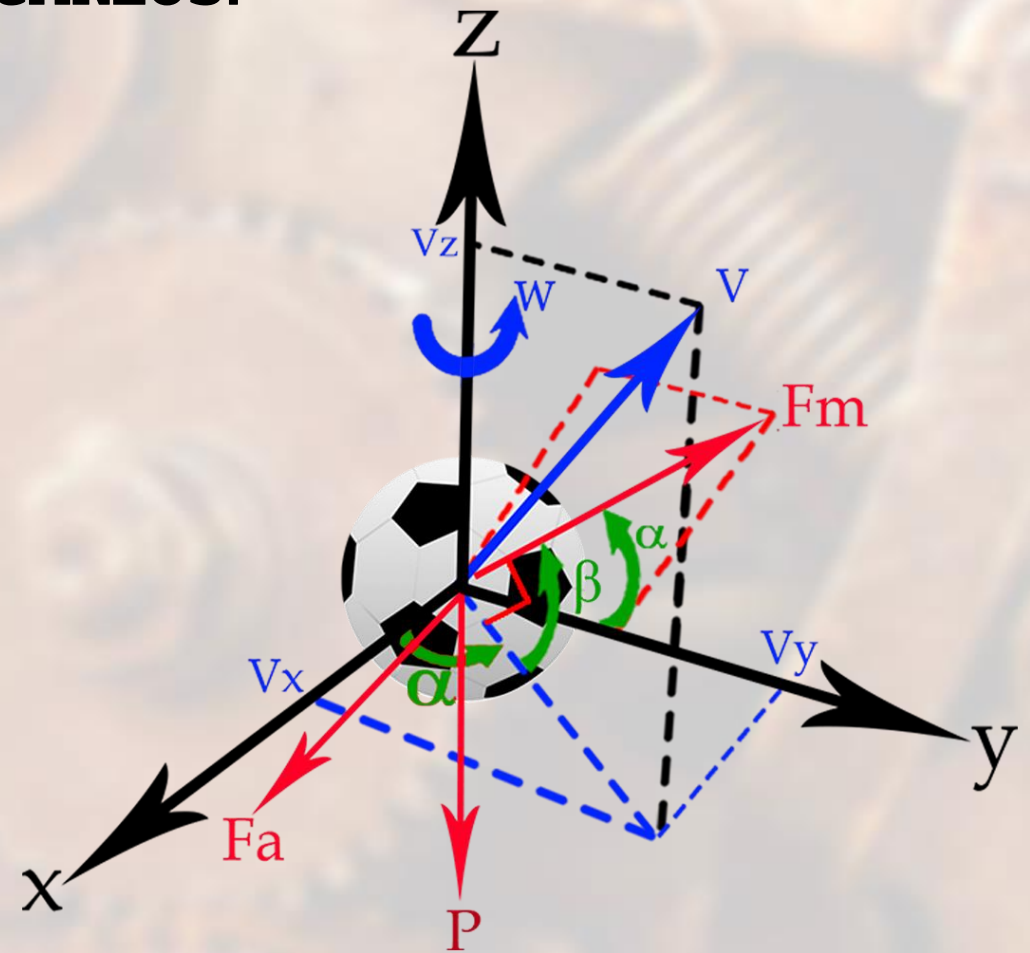
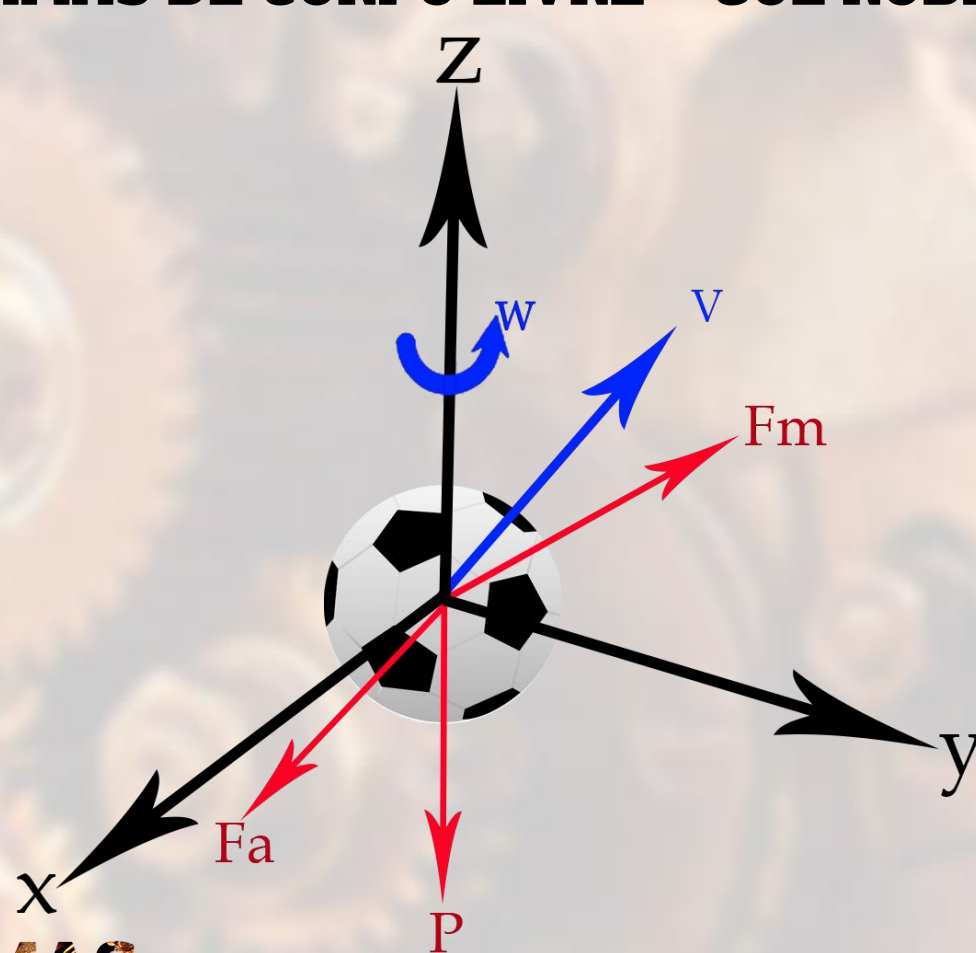
MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO MUNDO FÍSICO

O QUE QUEREMOS OBSERVAR?

- ⚽ **Como a velocidade angular influencia na trajetória da bola?**
- ⚽ **Como a densidade ar influencia na trajetória da bola?**

MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO MUNDO FÍSICO

DIAGRAMAS DE CORPO LIVRE – GOL ROBERTO CARLOS:



MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO MUNDO FÍSICO

EQUAÇÕES:

$$P = m \cdot g$$

$$F_a = \frac{1}{2} \cdot p \cdot C_d \cdot A \cdot V^2$$

$$F_m = \frac{1}{2} \cdot p \cdot A \cdot C_m \cdot r \cdot \omega \cdot V$$

$m \rightarrow$ massa da bola

$r \rightarrow$ raio da bola

$A \rightarrow$ área da bola

$g \rightarrow$ gravidade

$p \rightarrow$ densidade do ar

$C_d \rightarrow$ coeficiente de arrasto

$C_m \rightarrow$ coeficiente magnus

$\omega \rightarrow$ velocidade angular

$V \rightarrow$ velocidade

MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO MUNDO FÍSICO

EQUAÇÕES:

$$\frac{dx}{dt} = V_x$$

$$\frac{dy}{dt} = V_y$$

$$\frac{dz}{dt} = V_z$$

$$\frac{d\omega}{dt} = -1,5 \cdot \omega$$

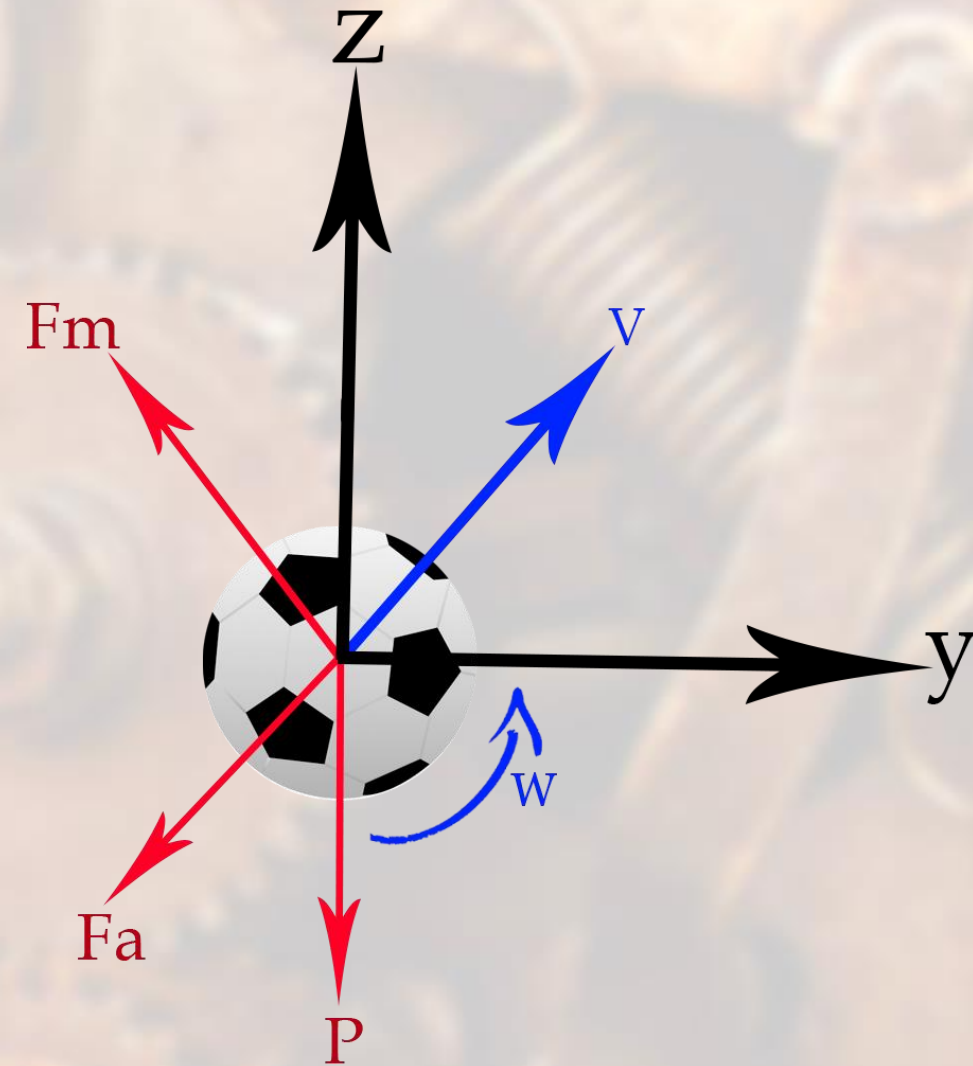
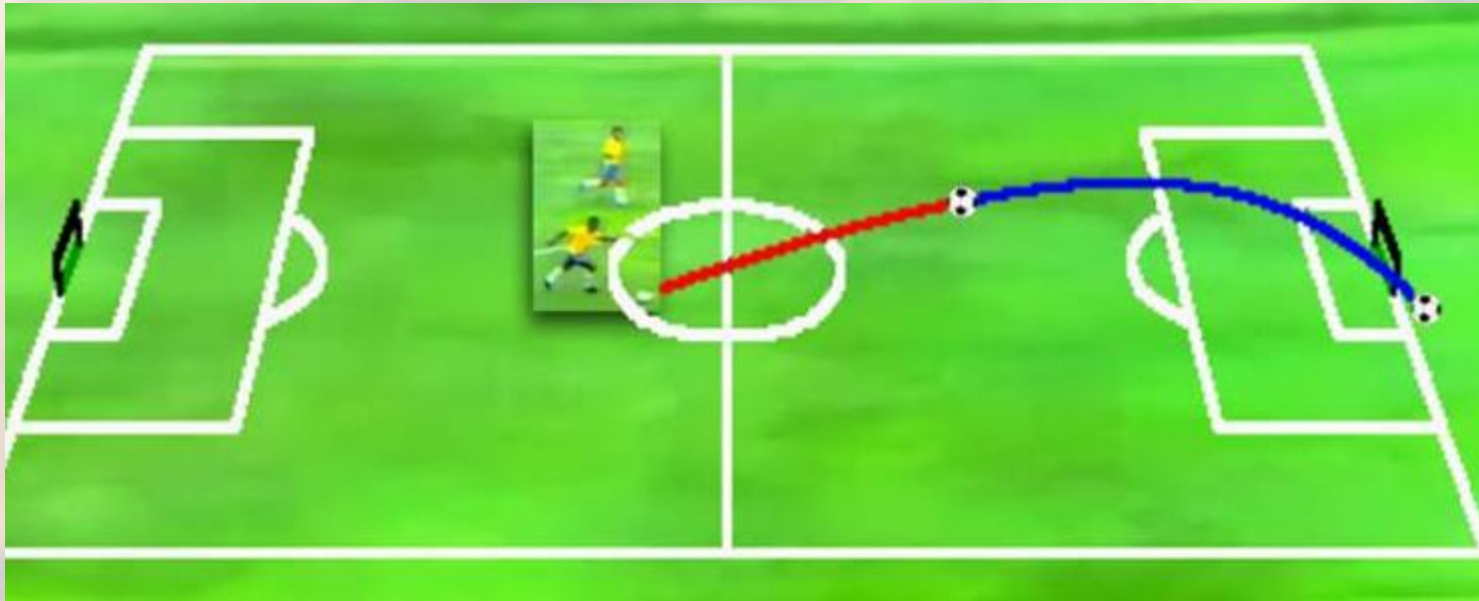
$$\frac{dV_x}{dt} = \frac{1}{m} \cdot (-F_m \cdot \text{sen}\alpha - F_a \cdot \text{cos}\alpha \cdot \text{cos}\beta)$$

$$\frac{dV_y}{dt} = \frac{1}{m} \cdot (F_m \cdot \text{cos}\alpha - F_a \cdot \text{sen}\alpha \cdot \text{cos}\beta)$$

$$\frac{dV_z}{dt} = \frac{1}{m} \cdot (-P - F_a \cdot \text{sen}\beta)$$

MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO MUNDO FÍSICO

DIAGRAMAS DE CORPO LIVRE – GOL PELÉ:



MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO MUNDO FÍSICO

VALIDAÇÃO DO MODELO:

$$\frac{dV_x}{dt} = \frac{1}{m} \cdot (F_a \cdot \cos\beta \cdot \cos\alpha)$$

$$\frac{dV_y}{dt} = \frac{1}{m} \cdot (-F_m \cdot \sin\beta \cdot \sin\alpha - F_a \cdot \cos\beta \cdot \sin\alpha)$$

$$\frac{dV_z}{dt} = \frac{1}{m} \cdot (F_m \cdot \cos\beta - F_a \cdot \sin\beta - P)$$

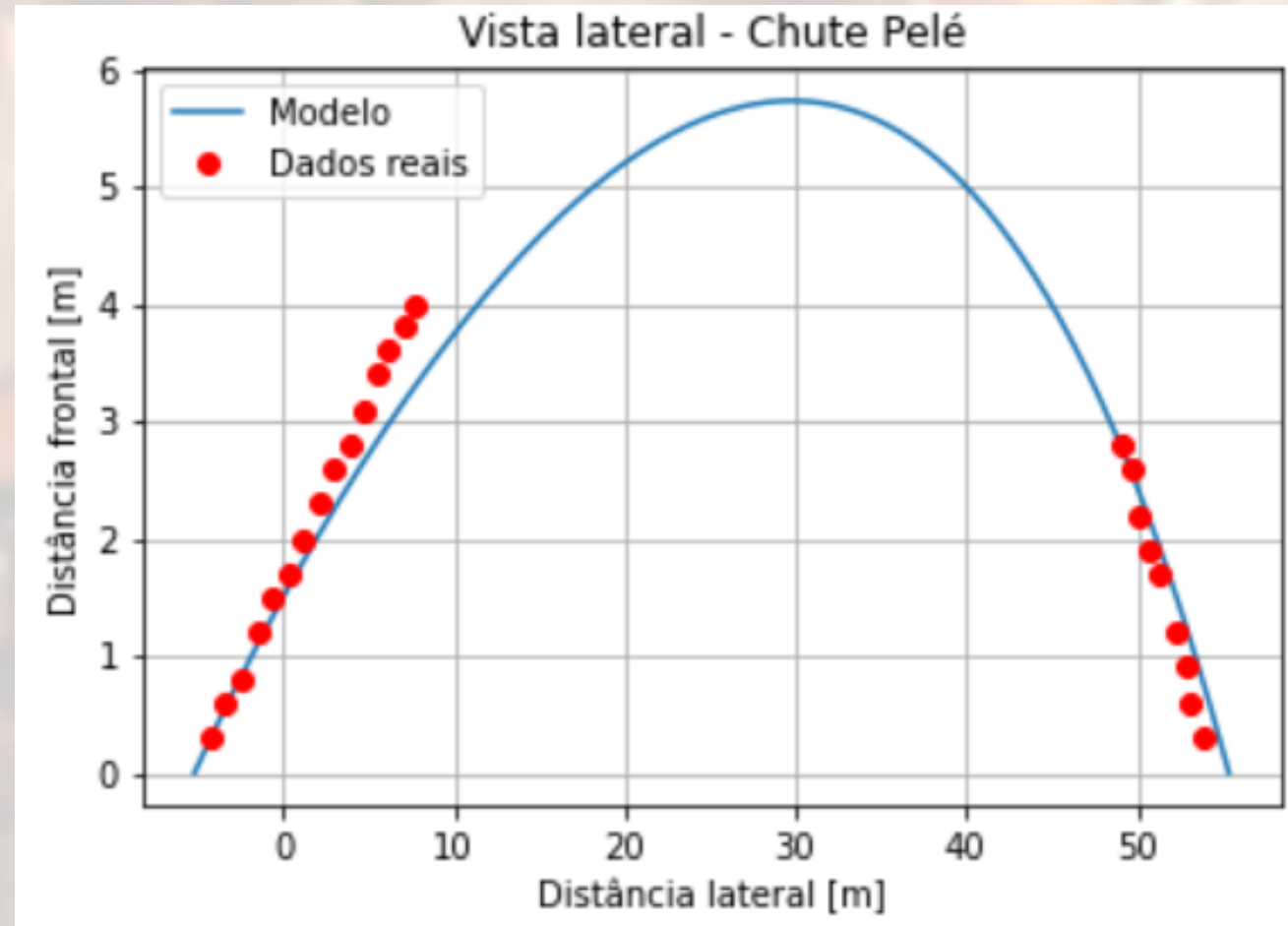
$$\frac{dx}{dt} = V_x$$

$$\frac{dz}{dt} = V_z$$

$$\frac{dy}{dt} = V_y$$

$$\frac{d\omega}{dt} = -3 \cdot \omega$$

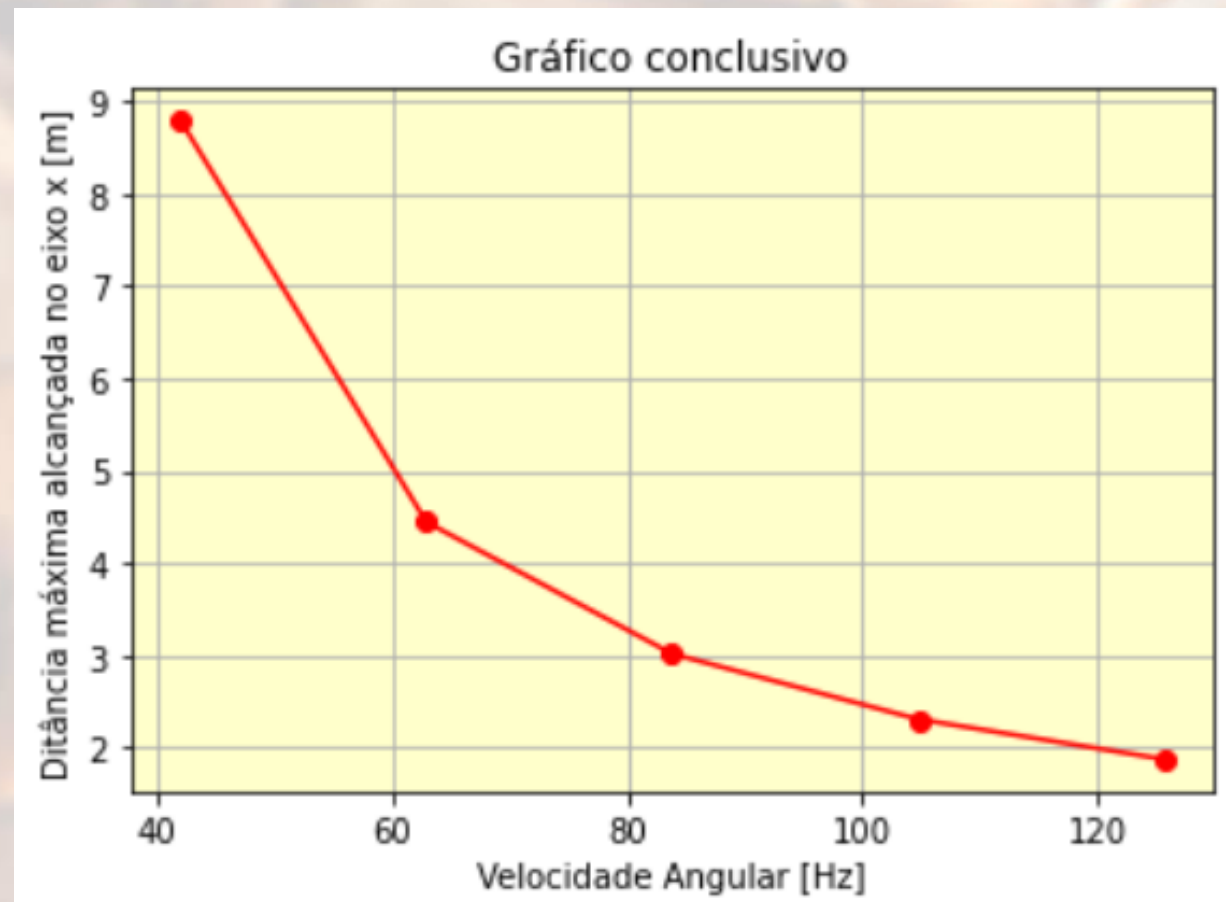
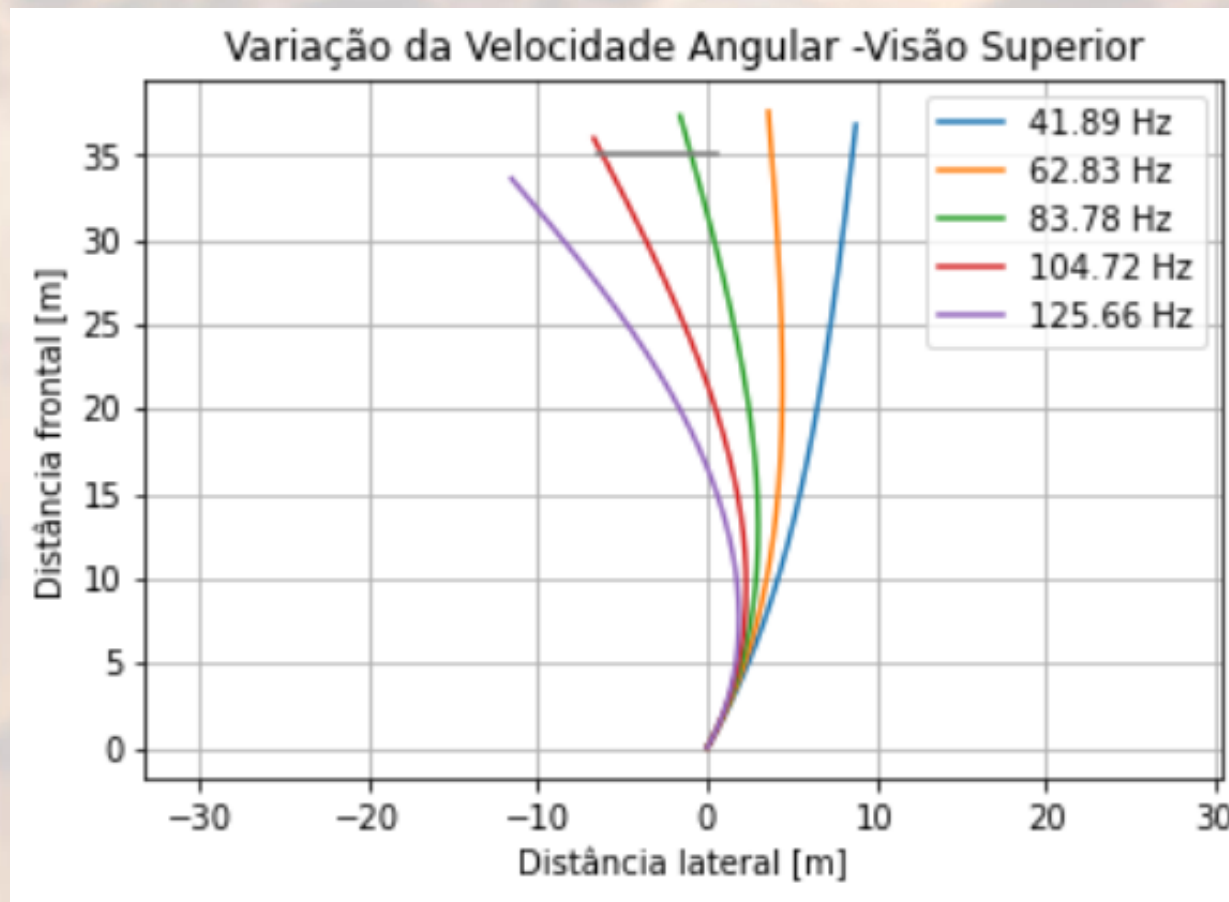
**SISTEMAS
MECANICOS**



Insper

MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO MUNDO FÍSICO

VARIANDO A VELOCIDADE ANGULAR:



MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO MUNDO FÍSICO

VARIANDO A DENSIDADE DO AR:

Variação da Densidade do Ar -Visão Superior

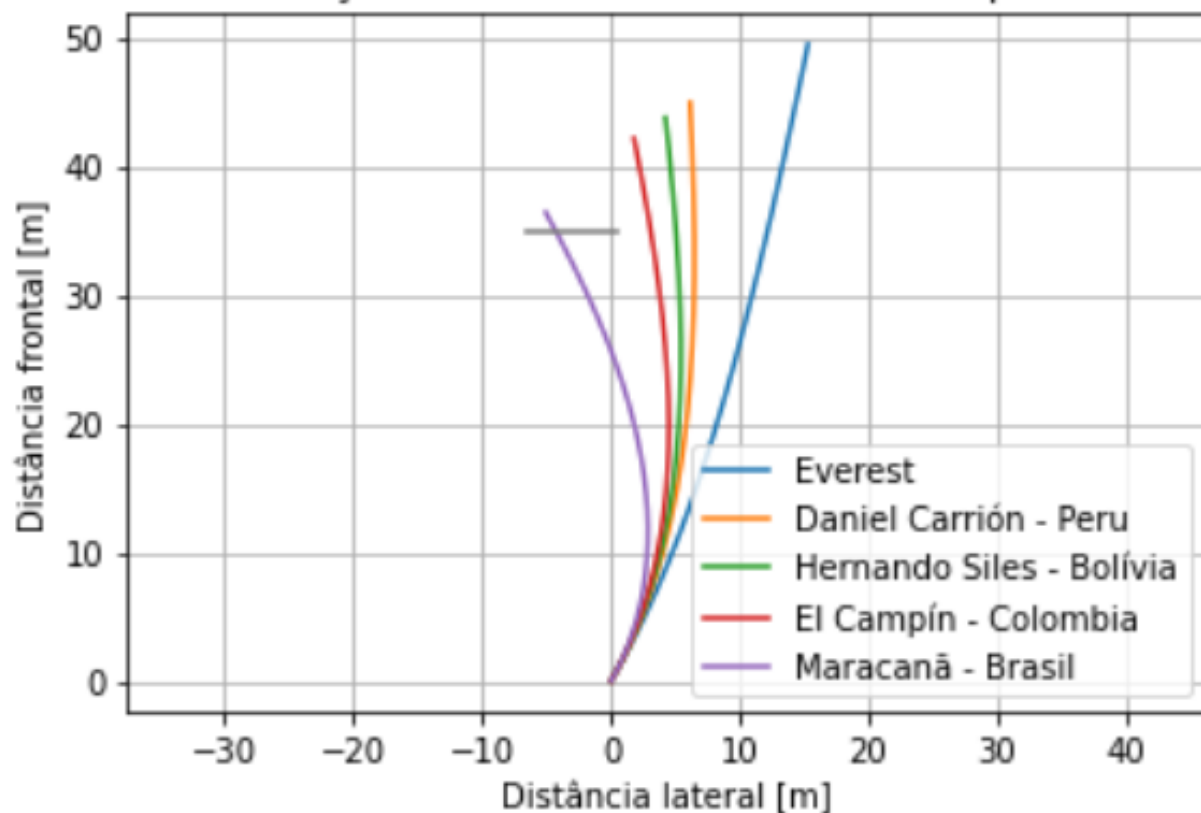
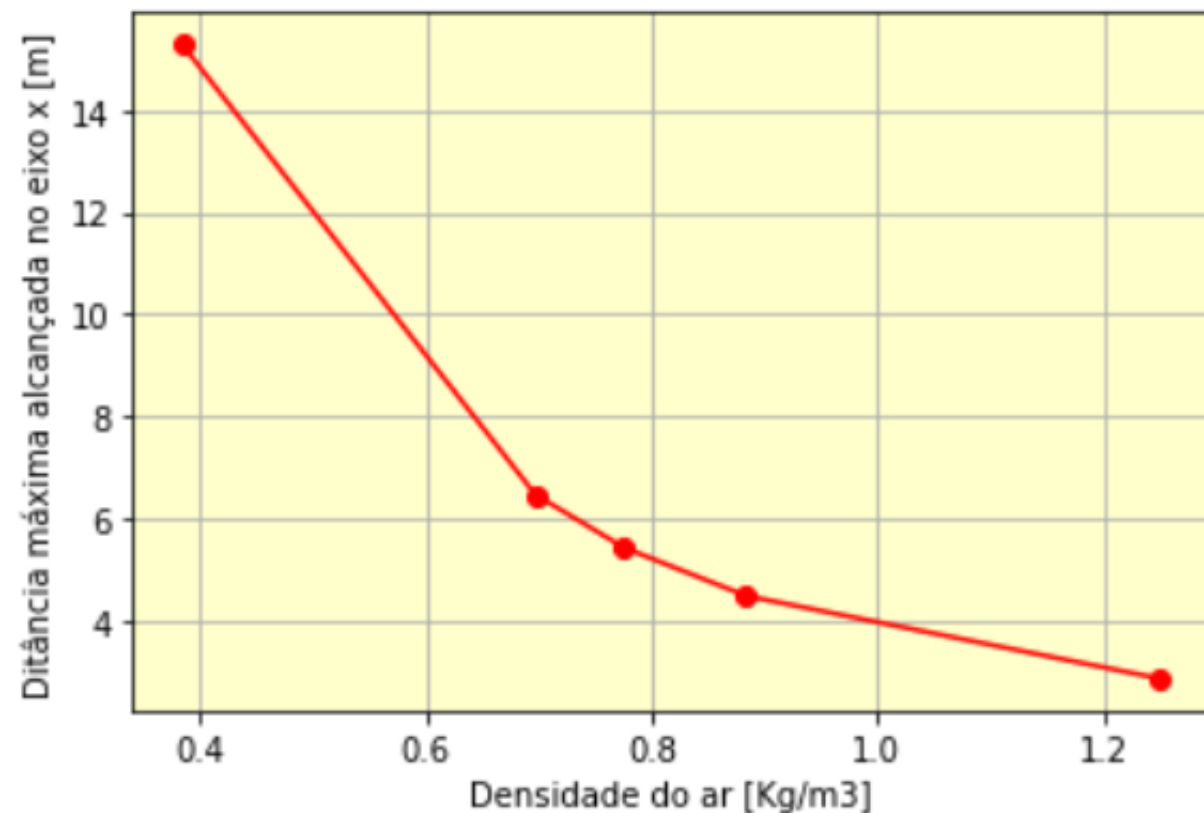


Gráfico conclusivo



MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO MUNDO FÍSICO

CRÍTICAS E FUTURAS ITERAÇÕES:

- ⚽ **Velocidade de crise**
- ⚽ **Rugosidade da bola**
- ⚽ **Coeficiente Magnus – não constante**
- ⚽ **Efeitos de turbulência**
- ⚽ **Coeficiente de arrasto – não constante**

MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO MUNDO FÍSICO

REFERÊNCIAS:

- <https://esportes.r7.com/futebol/a-fisica-por-tras-de-um-dos-gols-mais-espetaculares-de-roberto-carlos-28022018>
- <https://ipemsp.wordpress.com/futebol-medidas-e-curiosidades-metrologicas/>
- <http://revistagalileu.globo.com/Revista/Common/0,,EMI173708-17933,00-CHUTE+DE+ROBERTO+CARLOS+VIRA+TEORIA.html>
- http://www.espn.com.br/noticia/700107_ate-hoje-nao-sei-como-fiz-aquele-gol-ha-20-anos-roberto-carlos-acertava-o-chute-que-desafiou-a-fisica
- <https://mantosdofutebol.com.br/2017/04/evolucao-bolas-nike-la-liga-1996-1997/#:~:text=A%20atual%20temporada%202018-2019,como%20bola%20oficial%20do%20torneio>
- https://pt.wikipedia.org/wiki/Roberto_Carlos_da_Silva_Rocha
- https://pt.wikipedia.org/wiki/La_Liga_de_1997%E2%80%9398
- <https://trivela.com.br/so-a-fisica-explica-ha-20-anos-roberto-carlos-marcava-aquele-gol-de-falta/>
- <https://www.scielo.br/pdf/rbef/v26n4/a03v26n4.pdf>

GRUPO:

ADNEY COSTA

JOÃO MASSIMO PAIANO

LISTER OGUSUKU RIBEIRO

RICARDO MOURÃO

SARAH PIMENTA