

## Complementos de Mecânica

### Exercício em classe – 8/8/2016

#### Movimento de uma bola de futebol a baixa velocidade e sem rotação

Uma bola de futebol é chutada em um campo de futebol, de modo que adquire velocidade de módulo  $v_0 < 20$  m/s, sem rodar, e sai formando um ângulo  $\theta$  com a direção horizontal. Nessas condições, a força de atrito com o ar pode ser bem aproximada por um vetor de mesma direção da velocidade  $\vec{v}$ , sentido oposto e módulo

$$F_v = \frac{1}{2} C \rho A v^2$$

em que  $\rho$  é a densidade do ar,  $A$  é a área da seção transversal da bola e  $C \cong 0,5$  [1,2].

- a) Faça um esboço do sistema.
- b) Escolha um sistema de referência.
- c) Faça um diagrama de corpo livre da bola.
- d) Determine a equação de movimento em cada uma das direções (horizontal e vertical).
- e) Classifique as equações de movimento obtidas no item d).
- f) Resolva numericamente a equação do item anterior, com  $v_0 = 20$  m/s e  $\theta = 30^\circ$ . Uma bola de futebol tem 22 cm de diâmetro e 0,4 kg de massa. Use  $g = 9,8$  m/s<sup>2</sup> e  $\rho = 1,1$  kg/m<sup>3</sup> (densidade do ar em São Paulo). Determine a trajetória do ponto de lançamento até o retorno ao chão.
- g) Compare a trajetória real com a calculada **sem** atrito.

[1] C.E. Aguiar e G. Rubini, A Aerodinâmica da Bola de Futebol, Rev. Bras. Ens. Fís. **26**, (2004) 297 - 306, disponível em <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/040701.pdf>

[2] C.E. Aguiar, A Aerodinâmica da Bola de Futebol – apresentação em slides, <http://www.if.ufrj.br/~joras/disciplinas/07.1/topicos/futebol.pdf>, último acesso 5/8/2016