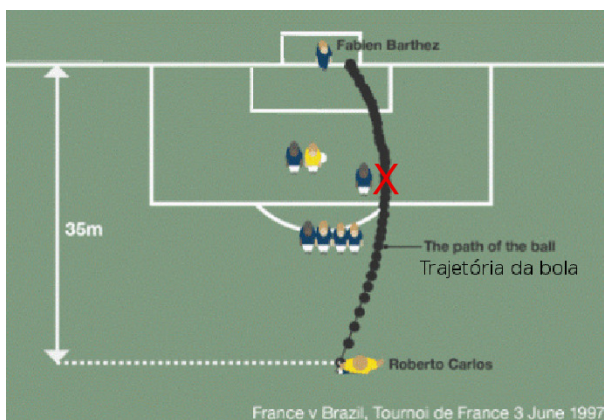


# Provinha 1 – Física 1 (4302111) – IFUSP – 21 de Março de 2018

Nome: \_\_\_\_\_ N° USP: \_\_\_\_\_ Turma/Prof.: \_\_\_\_\_

- Não é permitido o uso de calculadoras ou celulares
- Justifique sucintamente todas as respostas

Em 1997 o jogador de futebol Roberto Carlos fez um gol em uma cobrança de falta no jogo contra a França no torneio de preparação para a copa de 1998. A figura abaixo ilustra a trajetória da bola vista de cima (projeção no plano horizontal). No momento do chute, que foi dado com muito efeito, o jogador estava a uma distância de 35 m do gol. Do instante do chute até perto do momento em que entra no gol, a bola permaneceu no ar, sem tocar no solo nem em nenhum jogador, por cerca de 1,2 s. Suponha que a bola toca o chão exatamente na entrada do gol (não foi exatamente isso que aconteceu... apenas para simplificar).



1. Considere a trajetória, como apresentada na figura, desde o instante inicial (imediatamente após o chute) e o instante final (imediatamente antes de tocar a linha do gol).

[3,0] Apresente, de forma sucinta mas completa, indícios de existência de interações sobre a bola, ao longo de sua trajetória, e procure identificar as possíveis causas destas interações.

*Segundo a primeira lei de Newton, na ausência de interações, a trajetória de um objeto deve ser retilínea, com velocidade (magnitudo direção e sentido) constante. Portanto há 3 indícios de existência de interações com a bola durante sua trajetória: 1- a curvatura da trajetória, que evidencia mudança de direção da velocidade (certamente devida à interação com o ar); 2- O espaçamento entre pontos inicialmente maior, e gradativamente menor até o final da trajetória (presumindo-se registros da posição da bola a intervalos de tempo regulares) o que indica mudança na magnitude da velocidade; e 3- o fato da bola subir (permanecendo no ar) e descer (tocando novamente o solo), portanto sua velocidade sofreu mudança de sentido na direção vertical (como já seria de se esperar devido à existência da interação gravitacional).*

2. Adote o seguinte sistema de referências:

*Origem:* ponto em que os pés do goleiro tocam o gramado

*Direção x:* horizontal para a direita, na figura; *Direção y:* vertical para cima (perpendicular ao plano do gramado);

*Direção z:* Perpendicular à linha de fundo, no plano horizontal, crescendo na direção do centro do campo.

- a) [2,0] Faça estimativas e escolha qual das opções abaixo melhor descreve a posição inicial, a posição final, e a velocidade média da bola?

A-( )  $r_i = 35\text{m}$ ;  $r_f = 1,0\text{m}$ ;  $\vec{v}_m = -28,3\text{m/s}$ .

B-( )  $\vec{r}_i = \langle 0; -35; 0 \rangle\text{m}$ ;  $\vec{r}_f = \langle 1, 0; 0; 0 \rangle\text{m}$ ;  $v_m = 29\text{m/s}$ .

C-(X)  $\vec{r}_i = \langle 0; 0; 35 \rangle\text{m}$ ;  $\vec{r}_f = \langle 1, 0; 0; 0 \rangle\text{m}$ ;  $\vec{v}_m = \langle 0, 8; 0; -29 \rangle\text{m/s}$ .

D-( )  $\vec{r}_i = \langle 0; 0; 35 \rangle\text{m}$ ;  $\vec{r}_f = \langle 1, 0; 0; 0 \rangle\text{m}$ ;  $\vec{v}_m = \langle -0, 8; 0; 29 \rangle\text{m/s}$ .

*A bola parte do solo ( $y_i = 0$ ) e retorna ao solo ( $y_f = 0$ ). Na direção  $x$ , a bola se desloca uma fração da dimensão do gol, da ordem de 1 m, a partir de  $x_i \approx 0$ . Como indicado na figura,  $z_i = 35\text{ m}$ , e  $z_f = 0$ . A velocidade é  $\vec{v} = \frac{\vec{r}_f - \vec{r}_i}{\Delta t}$ .*

- b) [1,0] Qual das duas quantidades é maior: a magnitude da velocidade média ou a velocidade escalar média da trajetória? Explique.

*Como a trajetória é curva o espaço percorrido ao longo da trajetória é maior que a distância entre seus pontos inicial e final, portanto a velocidade escalar é maior que a magnitude da velocidade média.*

- c) [2,0] Qual dos versores abaixo melhor indica a direção e sentido inicial da trajetória da bola. Explique.

A- ( )  $\hat{v}_i = \langle 8; 3; -17 \rangle$  m/s;

B-(X)  $\hat{v}_i = \langle 0, 4; 0, 2; -0, 9 \rangle$ ;

C-( )  $\hat{v}_i = \langle -0, 4; 0, 2; 0, 9 \rangle$ ;

D-( )  $\hat{v}_i = \langle 0, 9; 0, 0; -0, 43 \rangle$ ;

*O versor tem magnitude unitária (adimensional), componente x deve ser positiva e bem menor em magnitude do que a componente z, que deve ser negativa. A componente y deve ser positiva e relativamente pequena.*

- d) [2,0] Indique na figura um ponto da trajetória em que a velocidade instantânea poderia ter a direção  $\langle 0; 0; -1 \rangle$ . Justifique.

*A velocidade instantânea é sempre tangencial à trajetória em cada ponto. Para ter esta orientação, com componente  $v_y = 0$ , a bola deve estar no ponto de altura máxima da trajetória. Nem subindo, nem descendo ainda. Como a componente  $v_x = 0$  também, poderia ser um ponto da trajetória na região próxima do jogador da França que está isolado dentro da grande área. Nesse ponto a tangente da curva teria a direção do eixo z, e a bola estaria se movendo no sentido negativo desse eixo.*