E-fólio A | Folha de resolução para E-fólio

UNIDADE CURRICULAR: FÍSICA GERAL

CÓDIGO: 21048

DOCENTE: Nuno Sousa

A preencher pelo estudante

NOME:

N.º DE ESTUDANTE:

CURSO: Licenciatura em Engenharia Informática

DATA DE ENTREGA: 08/12/2025

TRABALHO / RESOLUÇÃO:

1 – a) Estamos perante um caso de um movimento balístico, em que as componentes vertical e horizontal são independentes uma da outra. Sabemos que, a única Força vertical que a pedra está sujeita é a gravidade, e que resulta numa aceleração constante de -g, adicionalmente sabemos que o ângulo de embate da pedra no edifício é 0º, isto quer dizer que na altura de embate a velocidade vertical da pedra é $v_y = 0m/s$, para além do mais sabemos a variação da altura, e só não sabemos a componente vertical da velocidade inicial. Tratando-se de um corpo submetido à aceleração constante de -g na vertical, podemos recorrer às Equações da Tabela 2.4.1, mais especificamente à equação 2.4.8. Assim:

$$y - y_0 = vt - \frac{1}{2}at^2 \Leftrightarrow 3{,}5 - 1{,}8 = 0t - \frac{1}{2}(-9{,}8)t^2 \Leftrightarrow t^2 = \frac{3{,}4}{9{,}8} \Leftrightarrow t = 0{,}589s$$

Agora poderemos saber o valor de v_{0y}, que utilizando a equação 2.4.1 da mesma tabela resulta que:

$$v = v_0 + at \Leftrightarrow 0 = v_0 + (-9{,}8)0{,}589 \Leftrightarrow v_0 = 5{,}77m/s$$

Agora estamos em condições de saber o ângulo do lançamento da pedra, pelo que utilizando:

$$v_y = v \operatorname{sen}\theta \Leftrightarrow 5{,}77 = 6{,}0 \operatorname{sen}\theta \Leftrightarrow \operatorname{sen}\theta = \frac{5{,}77}{6{,}0} \Leftrightarrow \theta = 74º$$

Neste momento, podemos calcular a componente horizontal da velocidade da pedra, que será:

$$v_x = v\cos\theta \Leftrightarrow v_x = 6{,}0\cos 74 \Leftrightarrow v_x = 1{,}65m/s$$

Como ao longo do eixo horizontal a única Força que pode atuar sobre a pedra é o atrito do ar, o qual se pode considerar desprezível, resulta que a pedra sofre uma aceleração constante de 0m/s ao longo do eixo horizontal, pelo que poderemos calcular a variação de distância horizontal, da seguinte forma:

$$\Delta x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \Leftrightarrow \Delta x = 1{,}65 \times 0{,}589 + \frac{1}{2}(0)(0{,}589) \Leftrightarrow \Delta x = 0{,}97m$$

Relativamente ao ricochete, e como o ângulo do embate é perpendicular à parede, podemos falar numa colisão na horizontal, ou seja, a uma dimensão, como houve uma perda de 80% da energia cinética, daqui resulta que:

$$\triangle K = K_f - K_i \Leftrightarrow -0{,}8K_i = K_f - K_i \Leftrightarrow K_f = 0{,}2K_i \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_f^2 = 0{,}2\frac{1}{2}mv_i^2 \Leftrightarrow v_f = \sqrt{0{,}2}v_i \Leftrightarrow v_f = \sqrt{0{,}2} \times 1{,}6 = 0{,}737m/s$$

Agora, necessitamos de saber quanto tempo dura a pedra a cair desde o momento do embate no edifício, a 3,5m de altura, até embater no chão. Para tal, podemos recorrer novamente à equação 2.4.8. e:

$$y - y_0 = vt - \frac{1}{2}at^2 \Leftrightarrow 0 - 3{,}5 = 0t - \frac{1}{2}(-9{,}8)t^2 \Leftrightarrow t^2 = \frac{7}{9{,}8} \Leftrightarrow t = 0{,}845s$$

Seguindo o raciocínio de que, ao longo do eixo horizontal a única Força que pode atuar sobre a pedra é o atrito do ar, o qual se pode considerar desprezível, podemos calcular a variação de distância horizontal, como anteriormente:

$$\Delta x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \Leftrightarrow \Delta x = 0{,}737 \times 0{,}845 + \frac{1}{2}(0)(0{,}845) \Leftrightarrow \Delta x = 0{,}62m$$

Ou seja, e considerando que a parede do edifício coincide com o valor 0 de x, a pedra foi lançada de x=0,97m a 6,0m/s, e depois do ricochete na parede a pedra deslocou-se até x=0,62m.

1 – b) A ferramenta de IA utilizada foi o ChatGPT, e utilizou a equação 2.4.6 para calcular diretamente a velocidade inicial vertical, tendo resultado que:

$$v_y^2 = v_{0y}^2 + 2a_y(y - y_0) \Leftrightarrow 0 = v_{0y}^2 + 2(-g)(1{,}7) \Leftrightarrow v_{0y} = 5{,}77m/s$$

De seguida calculou a componente horizontal da velocidade, através do seguinte cálculo:

$$v_0^2 = v_{0y}^2 + v_{0x}^2 \Leftrightarrow v_{0x}^2 = v_0^2 - v_{0y}^2 \Leftrightarrow v_{0x}^2 = 6^2 - 5{,}77^2 \Leftrightarrow v_{0x} = 1{,}64m/s$$

Posteriormente, calculou a distância horizontal, calculando inicialmente o tempo até ao impacto, e depois a distância percorrida:

$$v_y\ (t) = v_{0y} - gt \Leftrightarrow 0 = v_{0y} - gt \Leftrightarrow t = \frac{5{,}77}{9{,}8} \Leftrightarrow t = 0{,}589s$$

E,

$$\Delta x_1 = v_0 t \Leftrightarrow \Delta x_1 = -1{,}64 \times 0{,}589 \Leftrightarrow \Delta x_1 = -0{,}96m$$

Seguidamente, como a pedra perde 80% da energia cinética, faz:

$$K_2 = 0{,}2K_1 \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_2^2 = 0{,}2\frac{1}{2}mv_1^2 \Leftrightarrow v_2^2 = 0{,}2v_1^2 \Leftrightarrow v_2 \ = \sqrt{0{,}2}v_1 \Leftrightarrow v_2 = \sqrt{0{,}2} \times 1{,}64 = 0{,}73m/s$$

Com a velocidade horizontal após ricochete, calcula o tempo para atingir o chão, da seguinte forme:

$$y(t) = 3{,}5 - \frac{1}{2}gt^2 \Leftrightarrow 0 = 3{,}5 - \frac{1}{2}(-9{,}8)t^2 \Leftrightarrow t = 0{,}846s$$

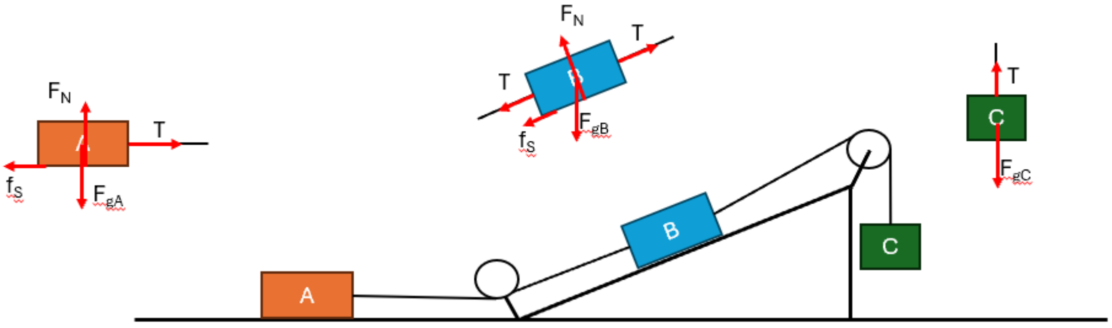
E depois a distância percorrida desde a parede:

$$\Delta x = v_0 t \Leftrightarrow \Delta x = 0{,}73 \times 0{,}846 \Leftrightarrow \Delta x = 0{,}62m$$

O problema descrito por ambas as resoluções é o mesmo: movimento balístico em duas dimensões, com decomposição em componentes horizontal e vertical independentes, sem atrito do ar, aceleração vertical constante $-g$, e um ricochete tratado como colisão unidimensional na horizontal em que a pedra perde 80 % da energia cinética, pelo que a rapidez após o choque fica $vf = 0{,}2vi$. Em termos de modelo físico, não há divergências: nas duas abordagens, o ponto de embate na parede é o topo da trajetória ($v_y = 0$), a componente horizontal mantém-se constante entre eventos e o ricochete só altera a componente horizontal da velocidade.

As diferenças aparecem na forma de chegar às mesmas grandezas. Na fase até à parede, eu uso primeiro uma equação horária do tipo $y - y_0 = vt - \frac{1}{2}at2$, com $v = 0$ para obter o tempo e depois $v = v_0 + at$ para achar v_{0y}, o resulta em dois cálculos para chegar à mesma incógnita e com . Já a IA vai diretamente à equação $v_y^2 = v_{0y}^2 + 2a_y(y - y0)$, que relaciona apenas estados inicial e final, obtendo v_{0y} de forma mais direta; e depois usa o Teorema de Pitágoras para v_{0x}, sem precisar de introduzir o ângulo de lançamento. Na fase após o ricochete, ambos usamos Movimento Uniformemente Variado em y e Movimento Retilíneo Uniforme em x, chegando a tempos e distâncias muito próximos; aqui também a IA escreve as equações de forma ligeiramente mais limpa, enquanto eu volto a usar a mesma forma com v=0m/s, o que funciona, mas não é a apresentação mais rigorosa. Em resumo, fisicamente as duas soluções são equivalentes; a principal diferença está na eficiência e clareza matemática da abordagem da IA face à minha, que é um pouco mais "torta" na escrita das equações, embora chegue aos mesmos resultados.

2 – a) Se o dinamómetro assinala 29,6N, isso quer dizer que a intensidade da Força que a corda está sujeita é T=29,6N. Considerando a massa da corda desprezível e que a mesma é inextensível, e que a polia apresenta massa e atrito desprezível, então a corda exerce também um T=29,6N sobre o bloco B.



Analisando o diagrama de forças, e considerando que, como o sistema está em equilíbrio, a Força Resultante do mesmo é 0, assim, iniciando pela análise das Forças a que o corpo B se encontra sujeito, temos que:

$$F_{resB} = T_{BC} + T_{AB} + f_{SB} + F_{gB} + F_N \Leftrightarrow F_{resB} = T_{BC} + T_{BA} + f_{SB} + F_{gB}\operatorname{sen}\theta + F_{gB}\cos\theta + F_N$$

Como F_N e $F_{gB}\cos\theta$ se anulam, logo:

$$F_{resB} = T_{BC} + T_{BA} + f_{SB} + F_{gB}\operatorname{sen}\theta$$

Analisando agora as Forças a que o bloco A está sujeito, temos que:

$$F_{resA} = T_{AB} + f_{SA} + F_{gA} + F_N \Leftrightarrow F_{resA} = T_{AB} + f_{SA}$$

Como F_N e F_{gA} se anulam, temos que:

$$F_{resA} = T_{AB} + f_{SA}$$

Como já referido, o sistema está em equilíbrio, tem-se que:

$$F_{res} = 0 \Leftrightarrow F_{resA} + F_{resB} + F_{resC} = 0 \Leftrightarrow T_{AB} + f_{SA} + T_{BC} + T_{BA} + f_{SB} + F_{gB}\operatorname{sen}\theta + T_{CB} + F_{gC} = 0$$

Como as forças T_{AB} e T_{BA}, e T_{CB} e T_{BC}, se anulam, logo:

$$f_{SA} + f_{SB} + F_{gB}\operatorname{sen}\theta + F_{gC} = 0$$

Como $F_{gC} = T_{BC}$, logo:

$$f_{SA} + f_{SB} + F_{gB} \operatorname{sen} \theta + T_{BC} = 0 \Leftrightarrow f_{SA} + f_{SB} + 5{,}0(-9{,}8) \operatorname{sen} 30 + 29{,}6 = 0$$
$$\Leftrightarrow f_{SA} + f_{SB} = -5{,}1N$$

Daqui resulta que as Forças de Atrito são contrárias à Força exercida pelo bloco C sobre o remanescente do sistema, e, portanto, as Forças de Atrito são paralelas à superfície de contacto e apontam para a esquerda, ou seja, para o sentido negativo de x. A soma da magnitude destas forças é 5,1N.

2 – b) Se a corda que liga A e B se partisse, restariam os sistemas B-C e A.

Relativamente ao Bloco A, verificamos que:

$$F_{resA} = f_{SA} + F_{gA} + F_N$$

Como F_N e F_{gA} se anulam, temos que:

$$F_{resA} = f_{SA}$$

Sabemos que, o valor máximo da força de atrito estático para o bloco A é:

$$f_{Smax} = \mu_S F_N \Leftrightarrow f_{Smax} = \mu_S(mg) \Leftrightarrow f_{Smax} = 0{,}75 \times 3{,}0(-9{,}8) \Leftrightarrow f_{Smax} = -22{,}05N$$

Contudo, como existe apenas a Força de Atrito, e considerando que esta se equilibra com a componente da Força paralela à superfície, sendo esta a única força restante, o seu valor é 0, daí:

$$F_{resA} = 0N$$

Aplicando a 2ª Lei de Newton:

$$F_{resA} = ma \Leftrightarrow 0 = 3a \Leftrightarrow a = 0m/s^2$$

No que diz respeito ao sistema B-C, tomando como desprezível a massa da corda, sabemos a massa de B=5,0kg, e necessitamos de saber a massa de C, seguindo:

$$F = ma \Leftrightarrow 29{,}6 = m(-9{,}8) \Leftrightarrow m = 3{,}02kg$$

Agora aplicando a 2ª Lei de Newton para sistemas, temos que:

$$F_{res} = Ma_{BC} \Leftrightarrow a_{BC} = \frac{F_{res}}{M}$$

Da análise do diagrama de forças, as Forças resultantes são $T_{BC} + f_{SB} + F_{gB} \operatorname{sen}\theta + F_{NB} + T_{CB} + F_{gC}$, considerando que T_{BC} e T_{CB} se anulam:

$$a_{BC} = \frac{f_{SB} + F_{gB} \operatorname{sen}\theta + F_{gC}}{M} \Leftrightarrow a_{BC} = \frac{f_{SB} + 5{,}0(9{,}8) \operatorname{sen} 30 + 29{,}6}{3{,}02 + 5{,}0} \Leftrightarrow a_{BC} = \frac{f_{SB} + 5{,}1}{8{,}02}$$

Ou seja, temos o somatório de todas as forças que atuam sobre o sistema 5,1N, faltando saber a força de atrito a que o bloco B está sujeito. Para tal, precisamos calcular, o valor máximo da força de atrito estático, e verifica-se que, para iniciar um movimento do bloco B, é necessária pelo menos uma força de:

$$f_{Smax} = \mu_S F_N \Leftrightarrow f_{Smax} = \mu_S(mg\cos\theta) \Leftrightarrow f_{Smax} = 0{,}75 \times 5{,}0(-9{,}8)\cos 30 \Leftrightarrow f_{Smax} = -31{,}82N$$

Portanto, se não existisse atrito, a aceleração de B e C seria:

$$a_{BC} = \frac{5{,}1}{8{,}02} \Leftrightarrow a_{BC} = 0{,}64m/s^2$$

Seriam 0,64m/s^2 no sentido descendente de C, e ascendente pela rampa de B. Contudo, atendendo às propriedades da Forças de atrito, como f_{Smax} é superior ao somatório das restantes Forças envolvidas (5,1N), e como as Forças de Atrito tendem a igualar a componente da Força sobre o sistema paralela à superfície, temos que:

$$a_{BC} = \frac{-5{,}1 + 5{,}1}{8{,}02} a_{BC} = 0m/s^2$$

2 – c) A resposta da IA à alínea a) da 2ª questão é a seguinte. Começando pelo blocos e ignorando o atrito só para ver a tendência de movimento:

- No bloco B (5 kg) a componente do peso ao longo da rampa é

$$P_{B\parallel} = m_B g \sin\ 30° = 5 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}5 \approx 24{,}5\ \text{N}$$

- A tração no cabo ligado a C é dada pelo dinamómetro:

$$T_2 = 29{,}6\ \text{N}$$

Como $T_2 > P_{B\parallel}$, o "lado" do bloco C é mais forte: sem atrito, o bloco B tenderia a subir a rampa.

Se B sobe a rampa, a corda que o liga a A puxa o bloco A para a direita.

Logo, no equilíbrio com atrito:

- O atrito em B tem de ser para baixo da rampa, contrariando a tendência de B subir.
- O atrito em A tem de ser para a esquerda, contrariando a tendência de A deslizar para a direita.

Soma das magnitudes das forças de atrito

Chamemos:

- F_A= módulo do atrito no bloco A (para a esquerda);
- F_B= módulo do atrito no bloco B (para baixo da rampa);
- T_1= tração no cabo que liga A a B.

Equilíbrio em A (horizontal):

$$T_1 = F_A$$

Equilíbrio em B (ao longo da rampa, positivo para cima):

$$T_2 - T_1 - P_{B\parallel} - F_B = 0$$

Substituindo $T_1 = F_A$:

$$T_2 - F_A - P_{B\parallel} - F_B = 0$$
$$F_A + F_B = T_2 - P_{B\parallel}$$
$$F_A + F_B = 29{,}6 - 24{,}5 \approx 5{,}1 \text{ N}$$

Portanto:

- Sentido do atrito:
  - Em A: para a esquerda;
  - Em B: para baixo da rampa.
- Soma das magnitudes das forças de atrito:

$$F_A + F_B \approx \boxed{5{,}1 \text{ N}}$$

Relativamente à minha resposta e à resposta da IA verifica-se que, em ambas as resoluções parte-se dos mesmos pressupostos (corda ideal, T = 29,6 N, rampa a 30º) e obtém-se o mesmo resultado quantitativo para o atrito: $|f_{SA}| + |f_{SB}| = 5{,}1$ N. A diferença principal está na metodologia: na minha resolução faço uma abordagem global, somando resultantes $F_{\text{res}A}$, $F_{\text{res}B}$ e $F_{\text{res}C}$ e usando $F_{\text{res}} = 0$ para o sistema completo; isso exige algum cuidado com o cancelamento das tensões internas (T_{AB} e T_{BC}) e torna menos explícita a escolha de eixos e sinais. A IA segue a abordagem mais canónica em Mecânica, com diagramas de corpo livre de cada bloco, projeção das forças em eixos bem definidos (horizontal em A, ao longo da rampa em B) e equações de equilíbrio separadas, obtendo por exemplo $T_{AB} = f_{SA}$ e, em B, $T_{BC} - T_{AB} - f_{SB} - m_B g \sin\,\theta = 0$, donde resulta diretamente $f_{SA} + f_{SB} = T_{BC} - m_B g \sin\,\theta$. Além disso, a IA determina primeiro a tendência de movimento sem atrito ($T > m_B g \sin\,\theta$) para fixar o sentido do atrito (em B para baixo da rampa, em A para a esquerda), enquanto na minha resolução o sentido é inferido apenas a partir do sinal final. Assim, embora ambas estejam corretas, a solução da IA é mais rigorosa na definição de eixos, na separação de corpos e na explicitação do sentido das forças.

A IA respondeu da seguinte forma para a resposta à alínea b) da 2ª pergunta. Depois de a corda entre A e B se partir, o que fica "ligado" é apenas o sistema B–C.

1. Forças depois de a corda A–B partir

- No bloco C (pendurado): $P_C = m_C g$ para baixo e tensão T para cima. Se o sistema estiver em repouso: $P_C = T$. O dinamómetro indicava 29,6 N $\Rightarrow T = P_C = 29{,}6$ N
- No bloco B (na rampa, sentido positivo "para cima da rampa"):
  - Tensão $T = 29{,}6$N (para cima da rampa);
  - Componente do peso ao longo da rampa (para baixo):

$$P_{B,\parallel} = m_B g \sin\ 30° = 5 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}5 = 24{,}5 \text{ N}$$

  - Força de atrito estático f_s, que se opõe à tendência de movimento. Como $T > P_{B,\parallel}$, B tenderia a subir a rampa; logo o atrito será para baixo da rampa.

2. Atrito necessário para manter o repouso

Equilíbrio ao longo da rampa para B:

$$T - P_{B,\parallel} - f_s = 0$$
$$f_s = T - P_{B,\parallel} = 29{,}6 - 24{,}5 = 5{,}1 \text{ N}$$

Valor máximo do atrito estático:

$$N_B = m_B g \cos\ 30° = 5 \cdot 9{,}8 \cdot \cos\ 30° \approx 42{,}4 \text{ N}$$
$$f_{s,\max} = \mu_s N_B = 0{,}75 \times 42{,}4 \approx 31{,}8 \text{ N}$$

Como

$$f_s = 5{,}1\ \text{N} < f_{s,\max} \approx 31{,}8\ \text{N},$$

o atrito estático consegue equilibrar o sistema.

3. Aceleração do sistema

O atrito ajusta-se para 5,1 N e anula a diferença entre a tração e o peso componente de B. Assim, a resultante das forças em B e em C é zero:

$$a_B = a_C = 0$$

Resposta: depois de a corda A–B partir, o sistema B–C continua em repouso; a aceleração do sistema é $\mathrm{a} = 0\mathrm{m/s}^2$.

No que diz respeito à comparação entre a minha resolução e a da IA parte-se do mesmo modelo físico: após a rutura da corda A–B o bloco A fica isolado (e continua em repouso) e o sistema relevante passa a ser B–C. Eu e a IA concluímos que a aceleração final é nula porque o atrito estático em B é suficiente para contrariar a tendência de movimento. No bloco A, eu chego corretamente a $a_A = 0$, mas escrevo uma 2.ª lei com F_ge F_N na horizontal para depois dizer que "se anulam"; aqui bastava notar que, na direção do movimento possível, não há qualquer força aplicada (a corda partiu), logo o atrito é nulo e a resultante é zero. Para C, obtenho $m_C \approx 3{,}02$ kg usando $29{,}6 = m(-9{,}8)$, o que numericamente bate certo, mas mistura a ideia de aceleração com uma situação de repouso; é mais claro escrever simplesmente $T = m_C g$ com $T = 29{,}6$ N. A principal diferença surge na análise de B–C: eu tento aplicar logo a 2.ª lei "ao sistema" com um somatório de forças que inclui normais e tensões repetidas, e só depois, por via dos números, chego à diferença $29{,}6 - 24{,}5 = 5{,}1$ N e à aceleração de $0{,}64$ m/s "sem atrito". A IA separa primeiro o bloco B, escreve explicitamente a resultante ao longo da rampa $T - m_B g \sin 30°$, calcula a aceleração que existiria sem atrito, determina o valor de atrito estático necessário para a anular ($f_s = 5{,}1$ N) e compara-o com $f_{s,\max} = 0{,}75\, m_B g \cos\, 30^\circ \approx 31{,}8$ N; como $f_s < f_{s,\max}$, conclui que o atrito consegue equilibrar o sistema e que $a_{BC} = 0$. Em termos de conteúdo físico digo o mesmo: sem atrito haveria $0{,}64 m/s^2$, mas como o atrito disponível é maior do que o necessário, a resultante anula-se. A diferença é sobretudo de rigor e clareza na escrita das equações: o diagrama de forças deve ser mais limpo, primeiro deveria separar cada bloco e evitar incluir forças que não atuam na direção escolhida (como a normal), a minha solução fica tão tecnicamente sólida quanto a da IA.