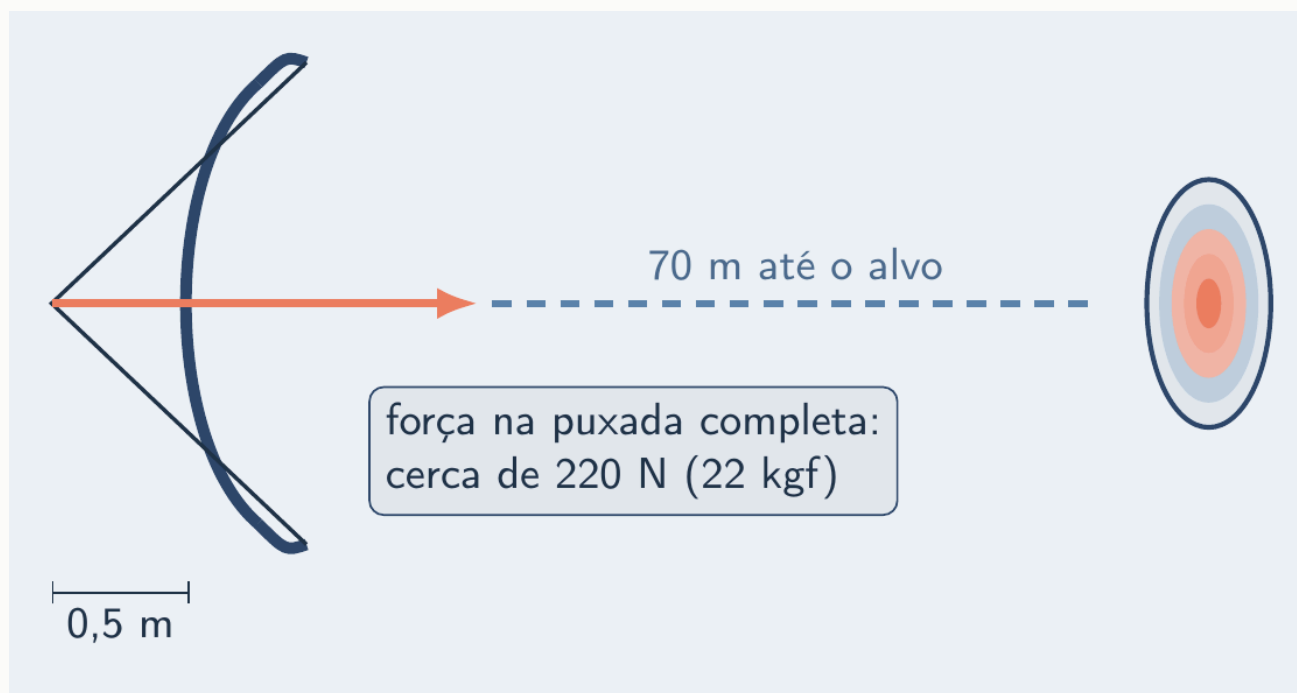


Mecânica II · Episódio 5

A flecha que estava guardada no arco

Energia potencial elástica

O caso

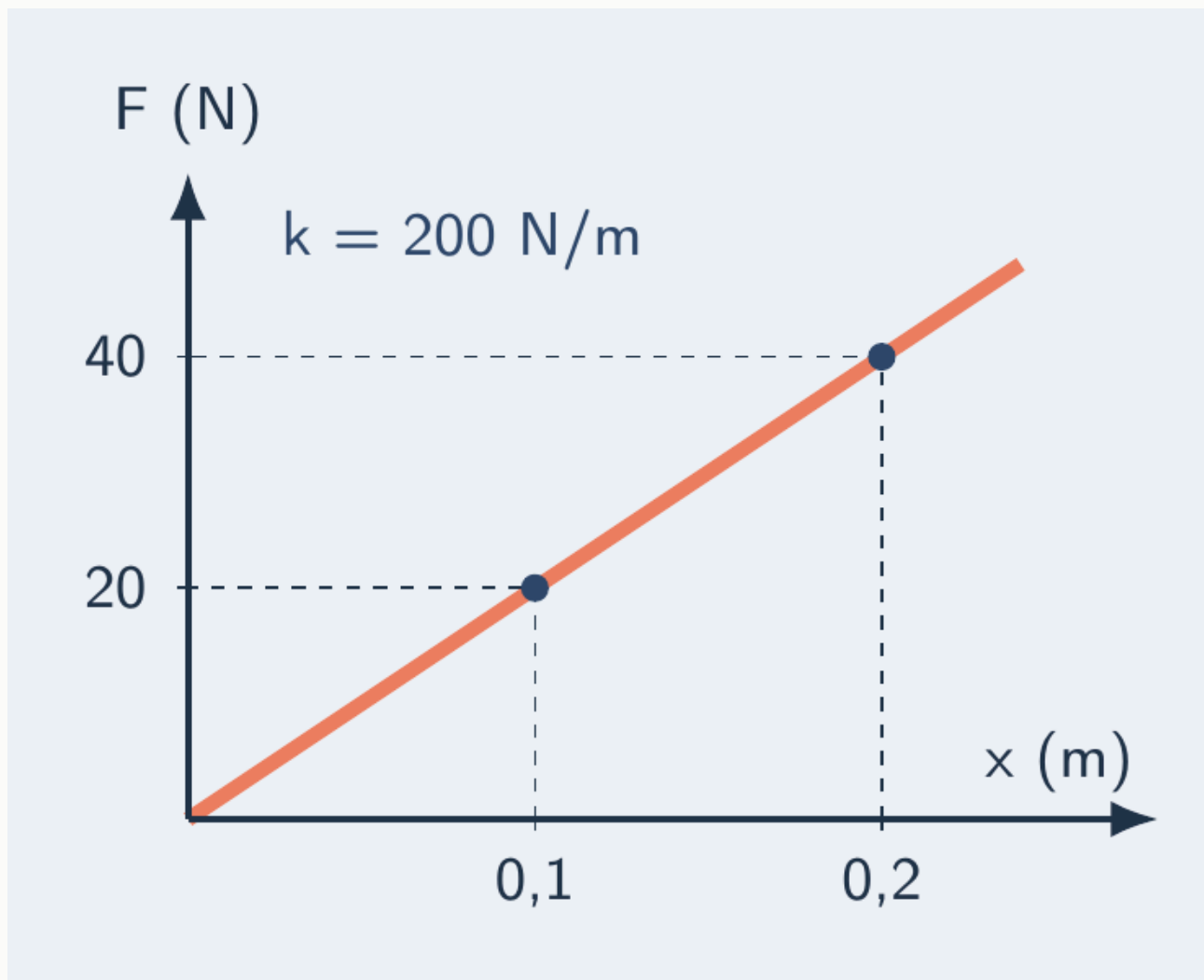


- alvo a **70 m** · centro com 12,2 cm
- tração de elite: 48 a 50 lb, cerca de **22 kgf**, ou **220 N**
- 72 flechas na qualificação: cerca de 1.600 kgf somados
- flecha cruza os 70 m em pouco mais de **1 s**

Pergunta do episódio

No disparo o braço está parado — de onde sai a energia da flecha?

Conceito 1 – Lei de Hooke



$$F = k x$$

- x a partir do comprimento natural
- k em **N/m** · mola dura: k grande
- força sempre de volta ao natural · gráfico: reta, inclinação k

Exemplo resolvido – força da mola

Mola de 200 N/m esticada 0,15 m

Fórmula:

$$F = k x$$

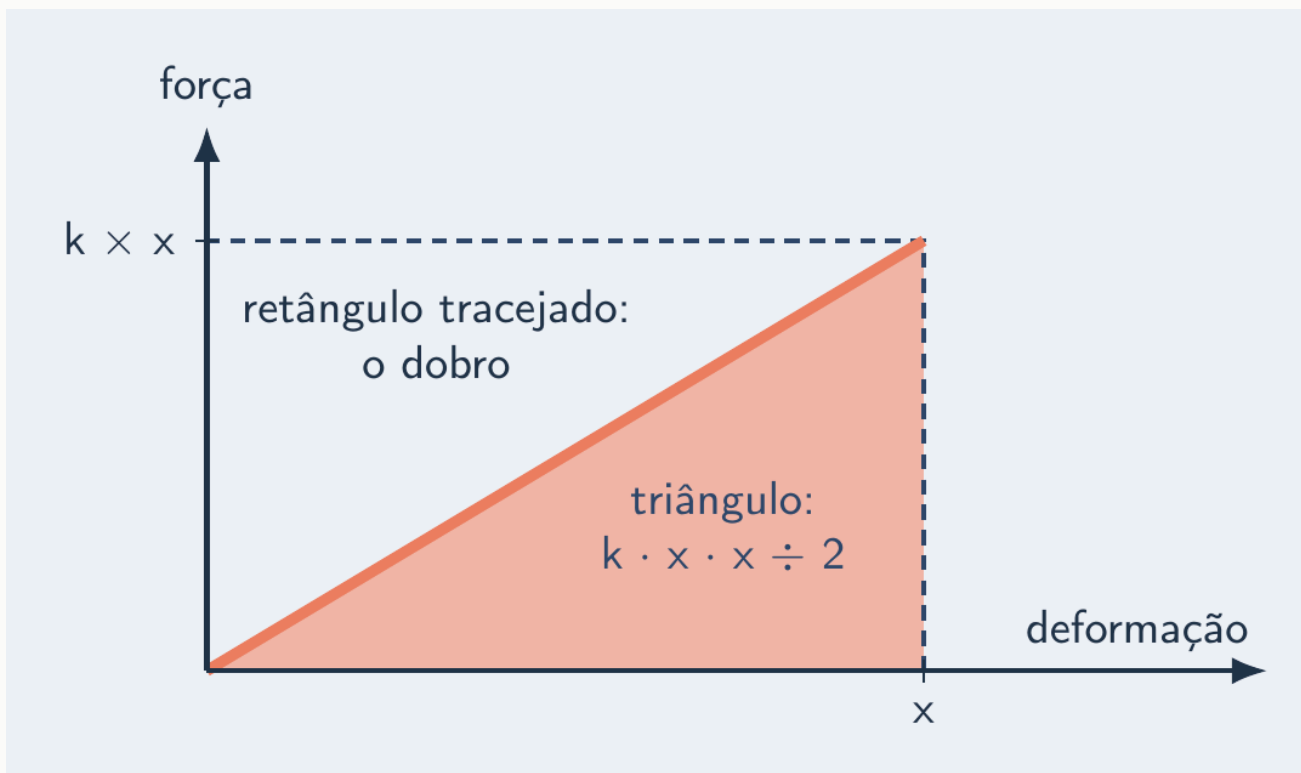
Substituição:

$$F = 200 \cdot 0,15$$

Resultado:

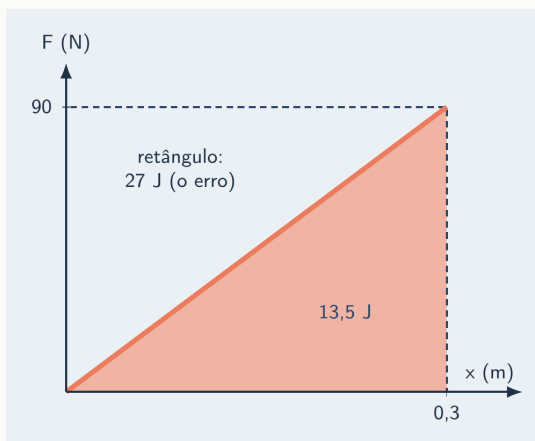
$$F = \mathbf{30\ N}$$

Conceito 2 – Trabalho: o triângulo



- força variável → trabalho é a **área** do gráfico
 - reta saindo do zero → **triângulo**:
- $$W = \frac{k x^2}{2}$$
- ~~X~~ força final vezes deformação: dá o **dobro**

Exemplo resolvido – lendo o gráfico



Reta de 0 a 90 N enquanto x vai de 0 a 0,3 m

Fórmula:

$$k = \frac{F}{x}$$

$$W = \frac{F x}{2}$$

Substituição:

$$k = \frac{90}{0,3}$$

$$W = \frac{90 \cdot 0,3}{2}$$

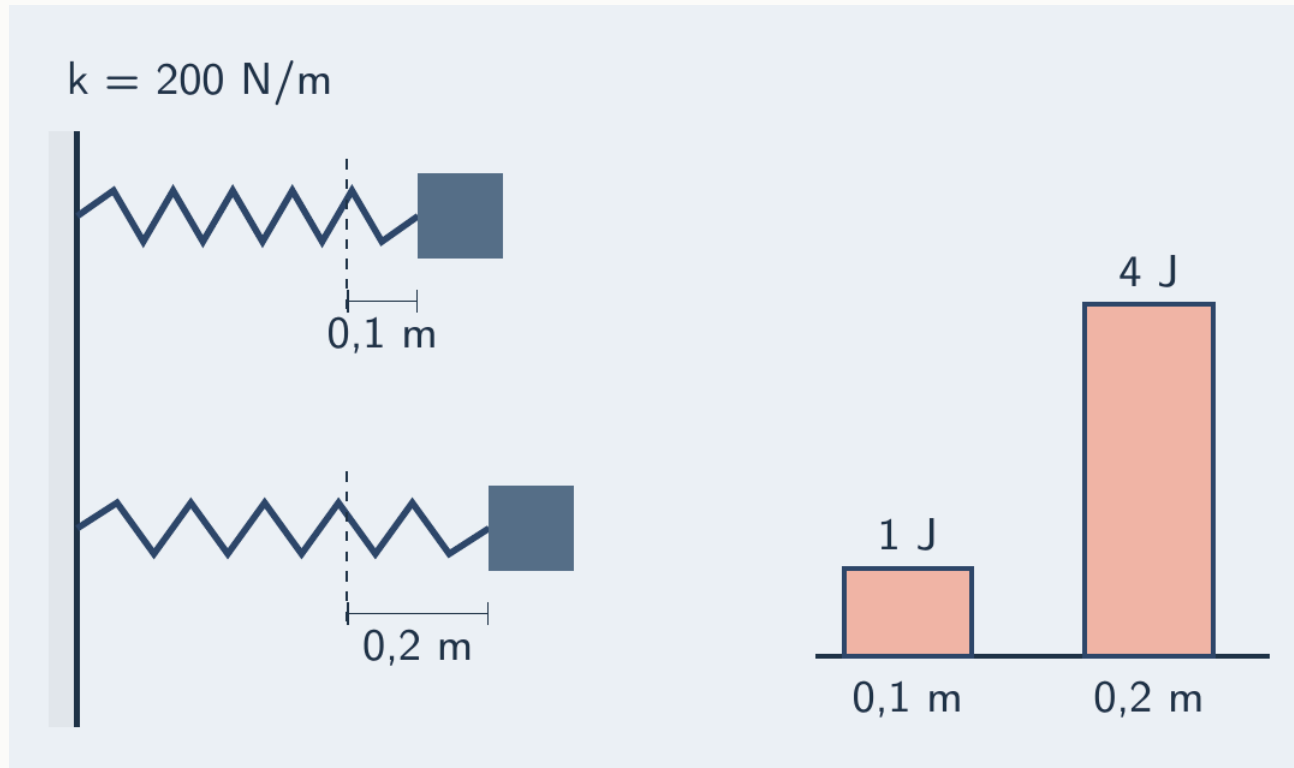
Resultado:

$$k = \mathbf{300 \text{ N/m}}$$

$$W = \mathbf{13,5 \text{ J}}$$

- não 27 J

Conceito 3 – Energia potencial elástica



$$E_{\text{el}} = \frac{k x^2}{2}$$

- em joules · esticada ou comprimida: x ao quadrado
- x dobra $\rightarrow$ energia **4 vezes** ·
desenho: barra

Exemplo resolvido – dobrar a deformação

Mola de 200 N/m esticada 0,1 m (E_1) e depois 0,2 m (E_2)

Fórmula:

$$E_1 = \frac{k x_1^2}{2}$$

$$E_2 = \frac{k x_2^2}{2}$$

Substituição:

$$E_1 = \frac{200 \cdot 0,01}{2}$$

$$E_2 = \frac{200 \cdot 0,04}{2}$$

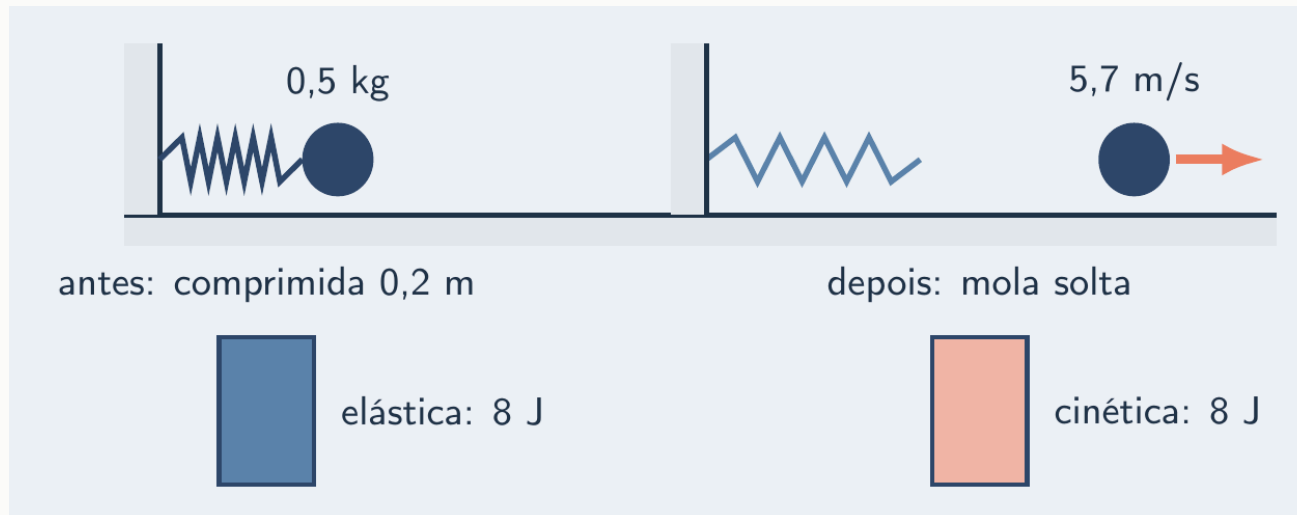
Resultado:

$$E_1 = \mathbf{1\ J}$$

$$E_2 = \mathbf{4\ J}$$

- fator 4: o quadrado de 2

Conceito 4 – Conservação com mola



- só peso e mola trabalham → **soma constante:**

$$E_c + E_p + E_{el}$$

- horizontal:

$$\frac{k x^2}{2} = \frac{m v^2}{2}$$

- vertical:

$$\frac{k x^2}{2} = m g h$$

- método: três contas antes e depois, riscar os zeros

Exemplo resolvido – lançador de mola

Mola de 400 N/m comprimida 0,2 m · bola de 0,5 kg, piso liso

Fórmula:

$$E_{\text{el}} = \frac{k x^2}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 E_{\text{el}}}{m}}$$

Substituição:

$$E_{\text{el}} = \frac{400 \cdot 0,04}{2}$$

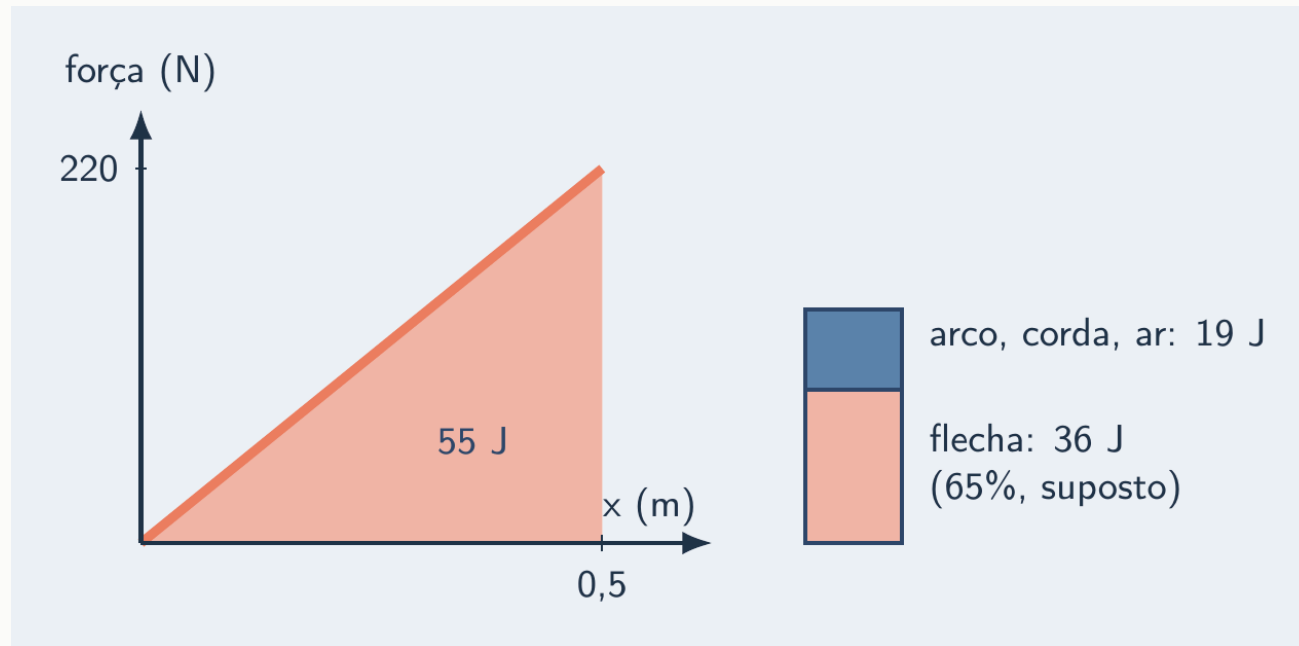
$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 8}{0,5}} = \sqrt{32}$$

Resultado:

$$E_{\text{el}} = \mathbf{8 \text{ J}}$$

$$v \approx \mathbf{5,7 \text{ m/s}}$$

Conceito 5 – O arco como mola



- arco real não é Hooke exato
→ **modelo** linear
- perdas: rendimento **suposto** de 65%
- vale a **ordem de grandeza**:
dezenas de m/s
- flecha mais leve, mesma energia → mais rápida

Exemplo resolvido – a flecha

220 N no fim de 0,5 m de recuo · 65% para flecha de 20 g

Fórmula:

$$E = \frac{F x}{2}$$

$$E_f = 0,65 E$$

$$v = \sqrt{\frac{2 E_f}{m}}$$

Substituição:

$$E = \frac{220 \cdot 0,5}{2}$$

$$E_f = 0,65 \cdot 55$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 36}{0,02}} = \sqrt{3600}$$

Resultado:

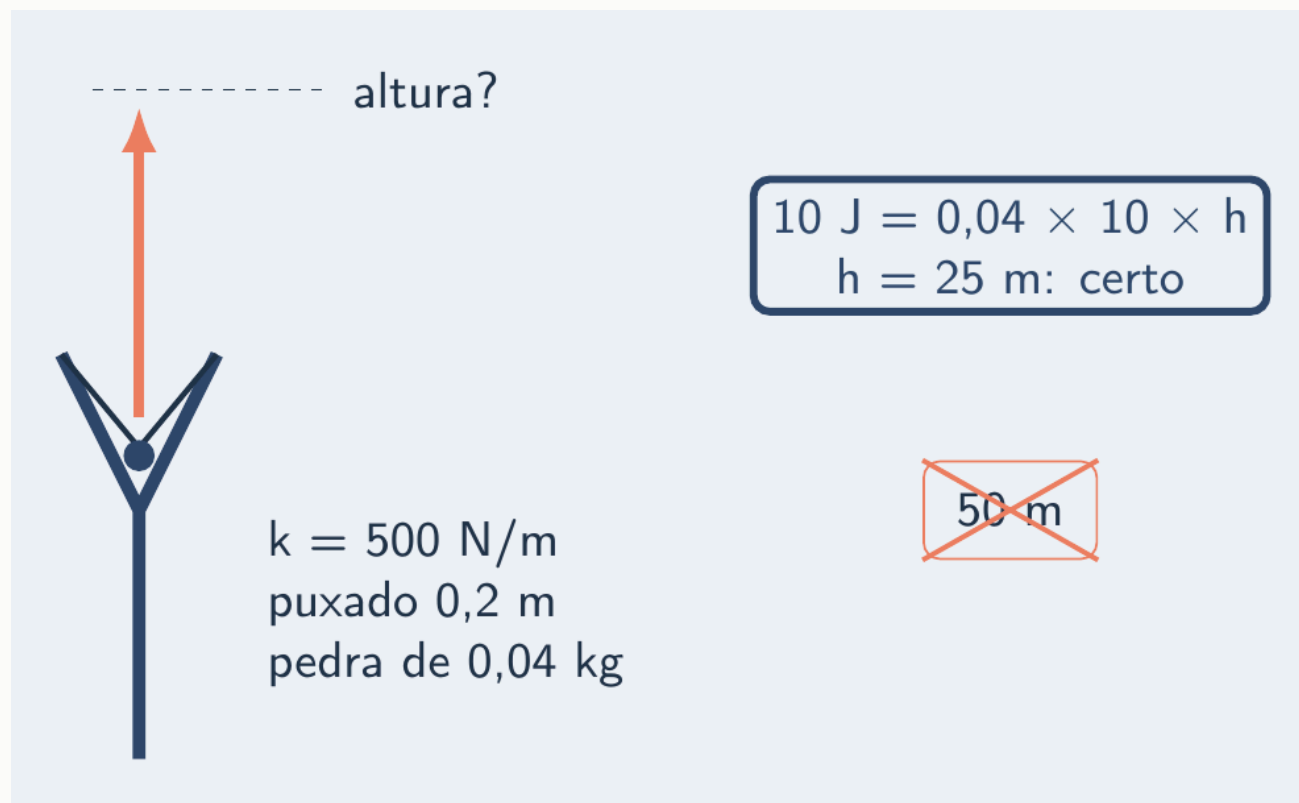
$$E = \mathbf{55 \text{ J}}$$

$$E_f \approx \mathbf{36 \text{ J}}$$

$$v = \mathbf{60 \text{ m/s}}$$

- 70 m em cerca de 1,2 s

Radar ENEM



- ✗ sem dividir por 2: 50 m em vez de 25 m
- ✗ energia dobrando junto com x
- ✗ x em centímetros na fórmula
- ✗ energia vinda do braço no disparo
- ✓ gráfico: inclinação é $k \cdot \text{área}$ é energia

Resumo em cinco peças

1 Hooke: $F = k \times x$; trabalho = área do triângulo

2 $E_{el} = k \cdot x \cdot x \div 2$

3 dobrou a deformação: 4 vezes a energia

4 na soltura: energia elástica vira cinética ou altura

5 com perdas, o rendimento se declara

1. $F = k x$, trabalho é triângulo

2. $E_{el} = \frac{k x^2}{2}$

3. x dobra, energia quadruplica

4. soltura: elástica vira cinética

5. perdas: rendimento declarado

Treine no jogo



QR do jogo → <https://professorcanario.com.br/m2/c5/lista>

Canarinho · lista do Episódio 5

Depois da aula: o combo deste episódio

[Abrir arena](#)

Vídeo em capítulos



Vá direto ao trecho que precisa.

<https://professorcanario.com.br/m2/c5/video>

Lista no app



As questões deste episódio,
para treinar.

<https://professorcanario.com.br/m2/c5/lista>

Livro da minissérie



Com QR em cada capítulo, que
leva ao vídeo e à lista daquele
tema.

<https://professorcanario.com.br/mecanica2/livro/>