

Mecânica III · Episódio 5

Onde a balança marca duas vezes e meia mais

A gravidade g com a altitude e em outros mundos

O caso



setas na MESMA escala (m/s^2) · a 400 km: $g = 8,7$, 88% do chão — a balança marcaria ZERO, porque cai junto

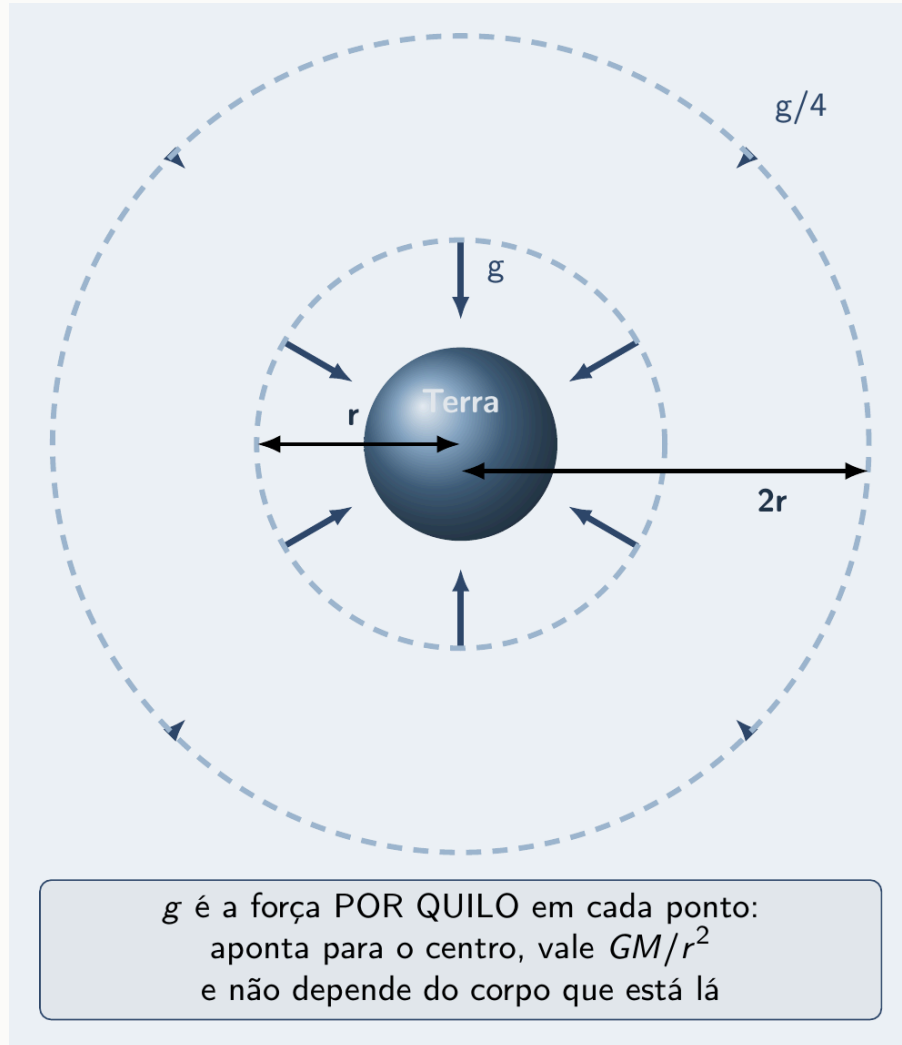
a mesma pessoa, a mesma balança, a mesma lei: $g = GM/r^2$ — o que muda é o lugar

- chão: ponteiro em **70**
- cume do Everest (8 849 m): **69,8**
- Júpiter: cerca de **175**
- estação a 400 km: g ainda **88%** do chão
- massa: 70 kg nos três lugares

Pergunta do episódio

Se a pessoa é a mesma, o que muda no ponteiro de lugar para lugar?

Conceito 1 – g é força por quilo



$$g = \frac{G M}{r^2}$$

- unidade: $\text{N/kg} = \text{m/s}^2$
- vetor para o **centro** ·
independe do corpo

- Terra:

$$G M = 4,0 \times 10^{14} \text{ m}^3/\text{s}^2$$

- peso: $P = m g$ **do lugar**

Exemplo resolvido – g no chão

Terra: $6,0 \times 10^{24}$ kg, raio $6,4 \times 10^6$ m

Fórmula:

$$g = \frac{G M}{R^2}$$

Substituição:

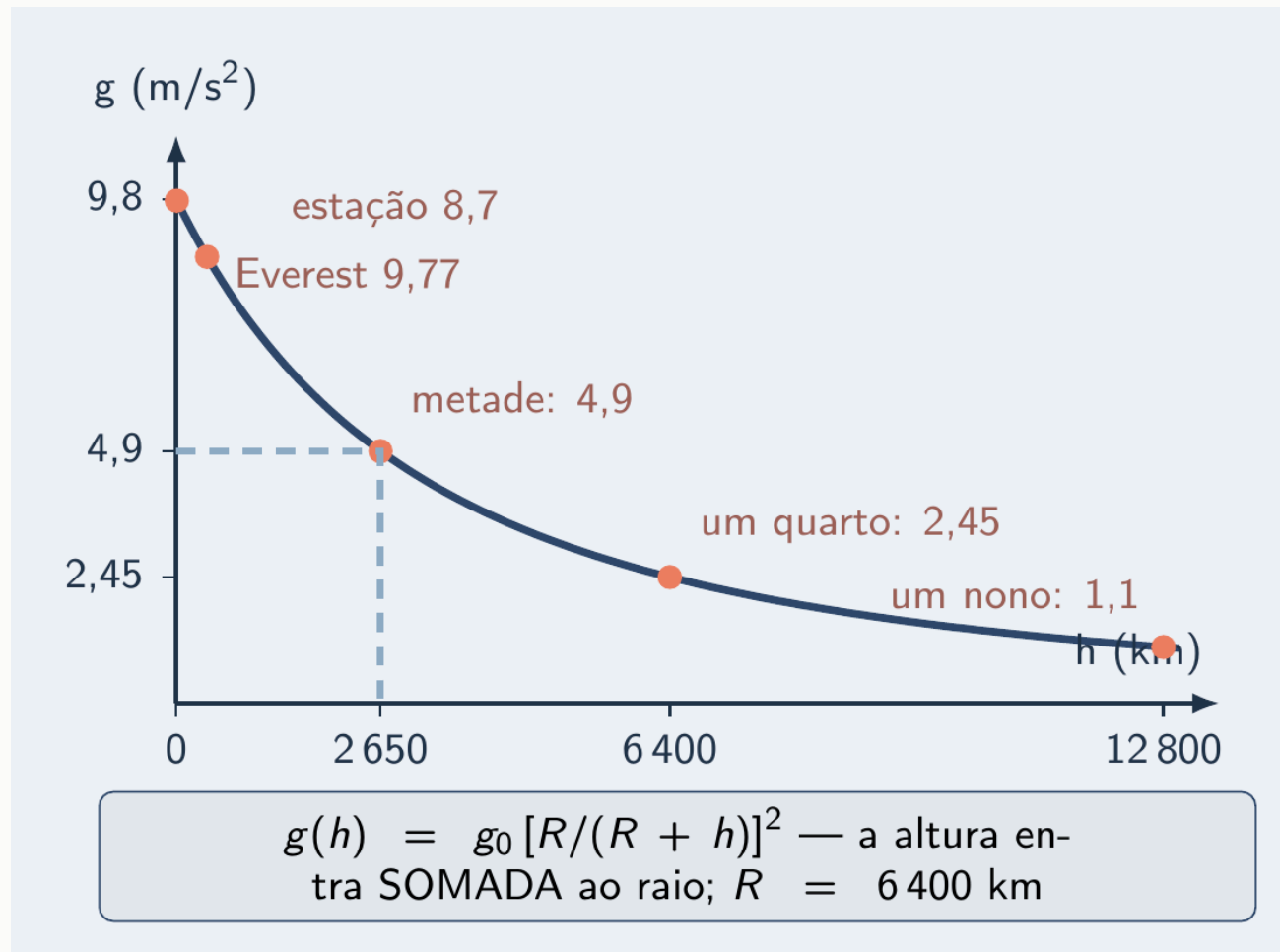
$$g = \frac{4,0 \times 10^{14}}{(6,4 \times 10^6)^2} = \frac{4,0 \times 10^{14}}{4,1 \times 10^{13}}$$

Resultado:

$$g \approx \mathbf{9,8 \text{ m/s}^2}$$

- o "10" é arredondado

Conceito 2 – Subir: g cai com o quadrado



$$g(h) = g_0 \left(\frac{R}{R + h} \right)^2$$

- $r = R + h$ — nunca h sozinho
- h igual a $R \rightarrow$ um quarto
- metade só em cerca de 0,41 raio:

$$h \approx 0,41 R \approx 2\,650 \text{ km}$$

Exemplo resolvido – um raio de altura

Satélite a 6 400 km de altura · $g_0 = 9,8 \text{ m/s}^2$

Fórmula:

$$f = \left(\frac{R}{R + h} \right)^2$$

$$g = g_0 f$$

Substituição:

$$f = \left(\frac{6\,400}{12\,800} \right)^2$$

$$g = 9,8 \cdot 0,25$$

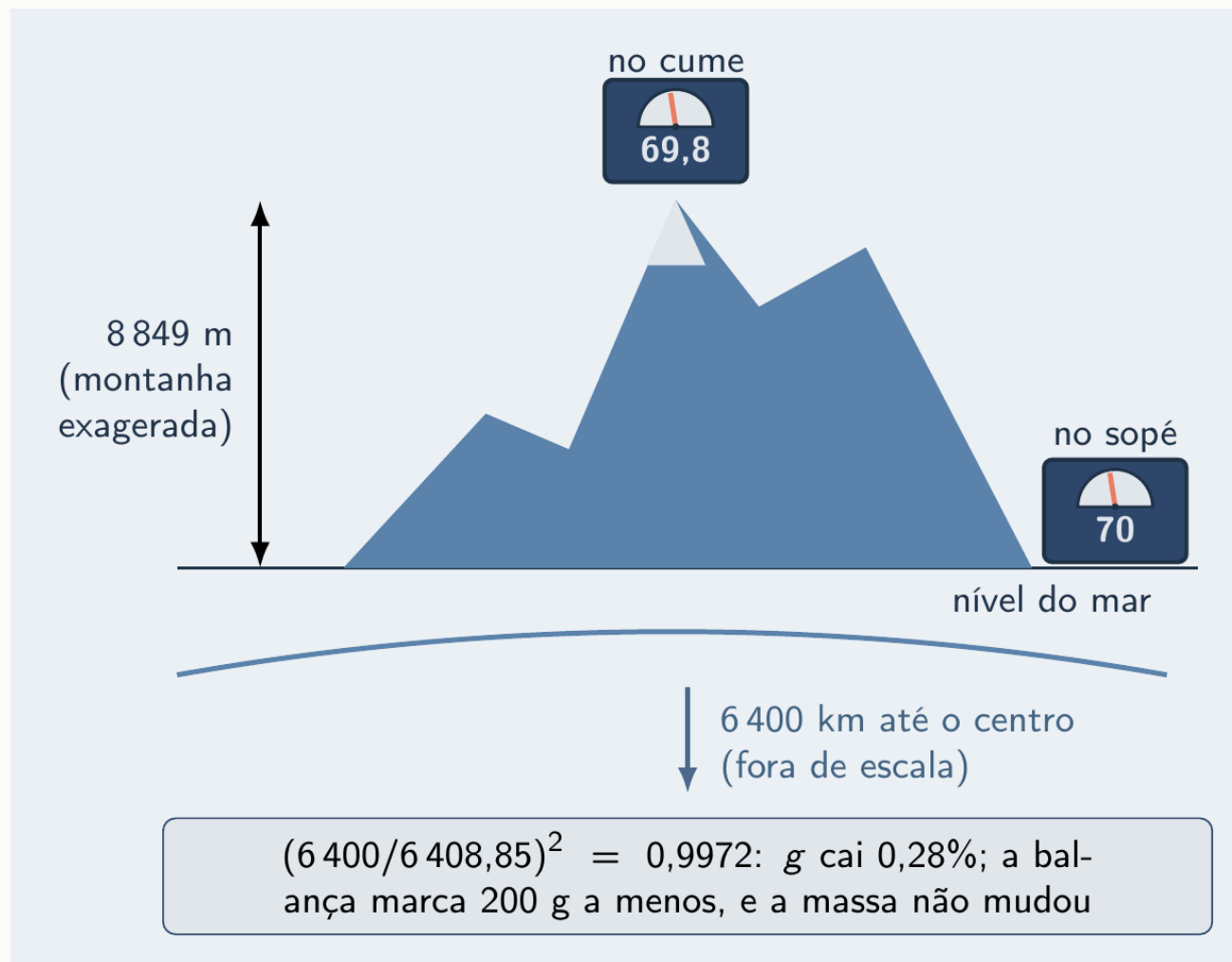
Resultado:

$$f = \mathbf{0,25}$$

$$g \approx \mathbf{2,5 \text{ m/s}^2}$$

- um quarto, não metade

Conceito 3 – Everest: -0,28%



- altura de 8,85 km diante de um raio de 6 400 km

- mola mede a **normal** → mostra

$$\text{leitura} = m \frac{g}{g_0}$$

- pessoa igual · ponteiro 200 g abaixo

Exemplo resolvido – a balança no cume

70 kg · raio de 6 400 km · cume a 6 408,85 km do centro

Fórmula:

$$\frac{g}{g_0} = \left(\frac{R}{R + h} \right)^2$$

$$\text{leitura} = m \frac{g}{g_0}$$

Substituição:

$$\frac{g}{g_0} = \left(\frac{6\,400}{6\,408,85} \right)^2$$

$$\text{leitura} = 70 \cdot 0,9972$$

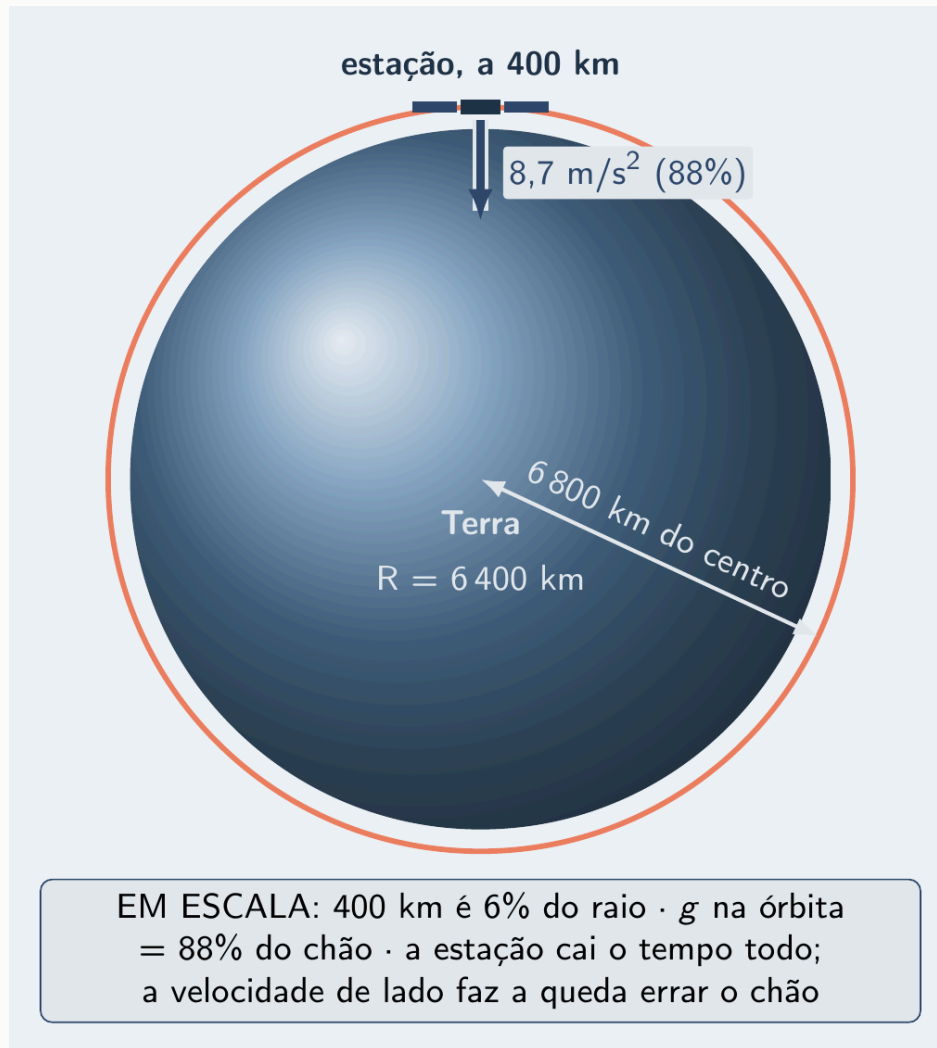
Resultado:

$$\frac{g}{g_0} \approx \mathbf{0,9972}$$

$$\text{leitura} \approx \mathbf{69,8}$$

- g cai 0,28%

Conceito 4 – Estação: 88% e queda livre



- 400 km: **6%** do raio ·
 $g \approx 8,7 \text{ m/s}^2$
- astronauta e estação **caem juntos**
- normal zero → flutua ·
"gravidade zero" é falso

Exemplo resolvido – g na estação

Altura de 400 km · raio de 6 400 km · $g_0 = 9,8 \text{ m/s}^2$

Fórmula:

$$f = \left(\frac{R}{R + h} \right)^2$$

$$g = g_0 f$$

Substituição:

$$f = \left(\frac{6\,400}{6\,800} \right)^2$$

$$g = 9,8 \cdot 0,886$$

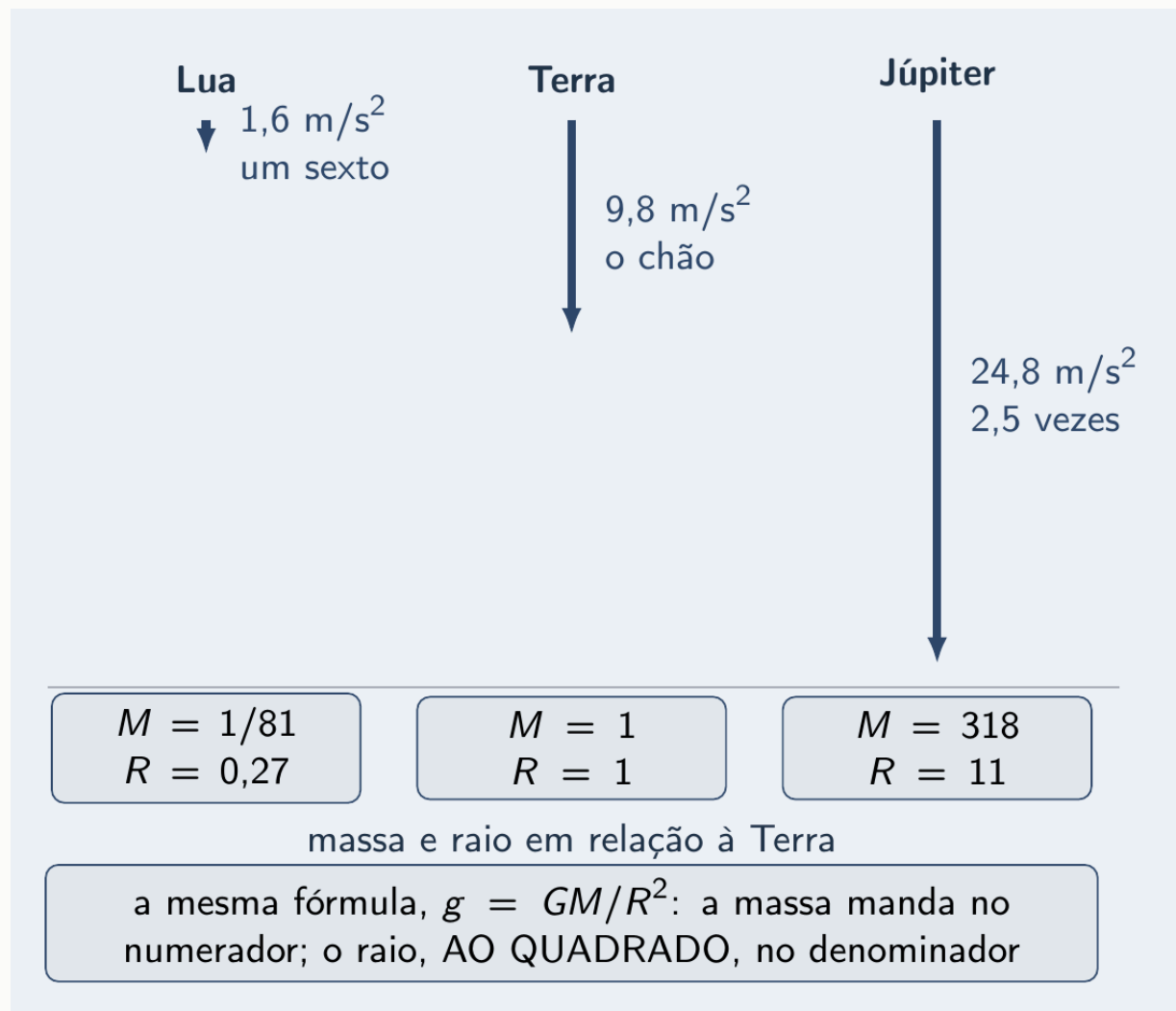
Resultado:

$$f \approx \mathbf{0,886}$$

$$g \approx \mathbf{8,7 \text{ m/s}^2}$$

- 88% do chão

Conceito 5 – Outros mundos



- mesma fórmula, M e R de lá
- Lua: massa $1/81$, raio $0,27 \rightarrow$ **$1/6$**
- Júpiter: 318 massas, 11 raios $\rightarrow$ **$2,5$ vezes**

Exemplo resolvido – Júpiter

Júpiter: $1,9 \times 10^{27}$ kg, raio $7,15 \times 10^7$ m · pessoa de 70 kg

Fórmula:

$$g = \frac{G M}{R^2}$$

$$\text{leitura} = m \frac{g}{g_0}$$

Substituição:

$$g = \frac{1,27 \times 10^{17}}{5,1 \times 10^{15}}$$

$$\text{leitura} = 70 \cdot 2,5$$

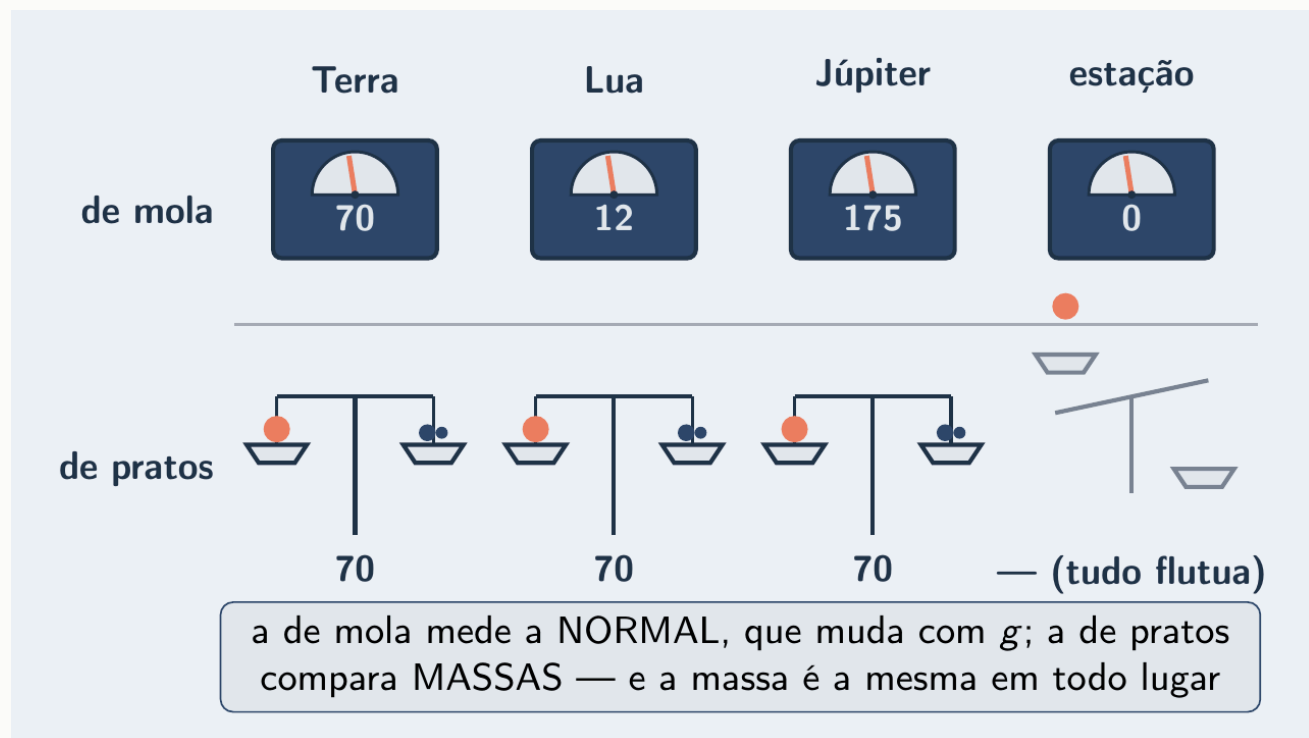
Resultado:

$$g \approx \mathbf{24,8 \text{ m/s}^2}$$

$$\text{leitura} \approx \mathbf{175}$$

- 24,8 contra 9,8: cerca de 2,5 vezes

Conceito 6 – Peso muda, massa não



- **massa** (kg): a mesma em todo canto
- **peso** (N): $P = m g$ local
- mola: 70, 12, 175, 0 · pratos: 70 (com gravidade)

Exemplo resolvido – em Marte

Pessoa de 70 kg · Marte: $3,72 \text{ m/s}^2$ · Terra: $9,8 \text{ m/s}^2$

Fórmula:

$$P = m g$$

$$\text{mola} = \frac{P}{g_0}$$

Substituição:

$$P = 70 \cdot 3,72$$

$$\text{mola} = \frac{260}{9,8}$$

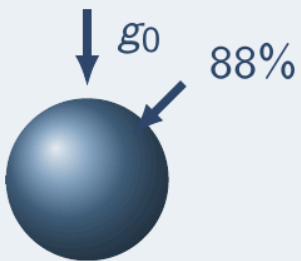
Resultado:

$$P \approx \mathbf{260 \text{ N}}$$

$$\text{mola} \approx \mathbf{27}$$

- pratos: **70**

Radar ENEM



no chão
e a 400 km

$g = GM/r^2$, r do CENTRO;
a 400 km, 88%;
metade: $h = 0,41R$;
dobro de M e de R : metade;
a massa não muda

~~no espaço não há gravidade;
a 6 400 km g cai à metade;
a massa na Lua é 12 kg;
1/6 porque a massa é 1/6~~

a gravidade nunca acaba: só encolhe
com o quadrado da distância ao centro

- ✗ espaço sem gravidade
- ✗ h igual a $R \rightarrow g$ pela metade
- ✗ massa na Lua de 12 kg
- ✗ 1/6 porque massa 1/6
- ✗ dobro de M e $R \rightarrow$ dobro de g
- ✓ astronauta flutua: **queda livre**

Resumo em cinco peças

1 $g = GM/r^2$:
força por quilo,
aponta para o centro

2 sobe, cai com
o quadrado:
 $g_0 [R/(R + h)]^2$

3 a 400 km, 88%:
o astronauta flutua
porque CAI

4 outro
mundo, mesma
fórmula: Lua 1/6,
Júpiter 2,5 vezes

5 a balança mede
PESO; a massa
não muda de lugar

1. $g = \frac{GM}{r^2}$

2. altura soma ao raio

3. estação: 88%, caindo

4. outro mundo, outro M e R

5. peso varia; massa fica

Treine no jogo



QR do jogo → <https://professorcanario.com.br/m3/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/m3/c5/video>

Lista no app



As questões deste episódio,
para treinar.

<https://professorcanario.com.br/m3/c5/lista>

Livro da minissérie



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

<https://professorcanario.com.br/mecanica3/livro/>