

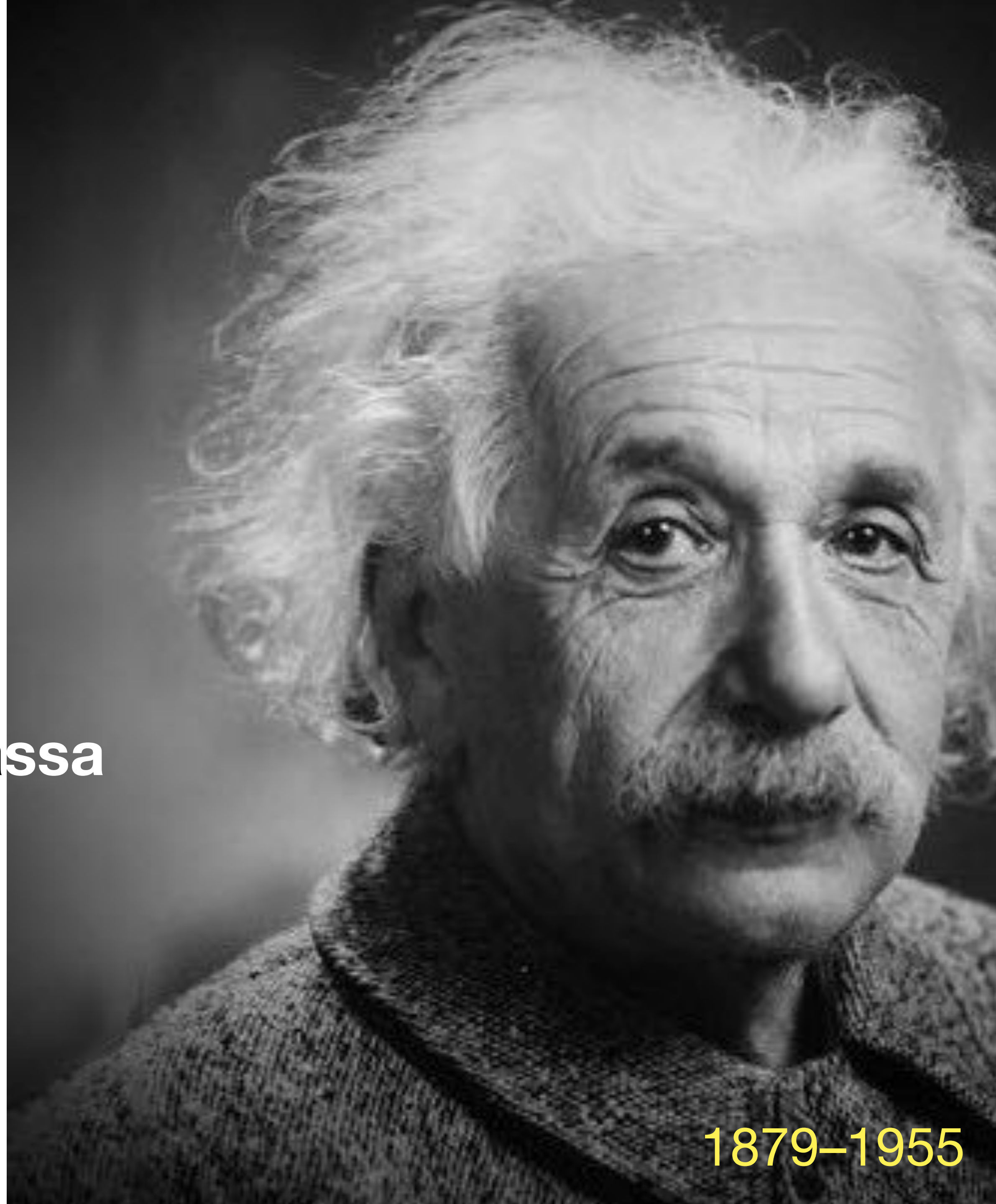
Física — 12.º ano

04 — Aprendendo Física com o
Método científico. $\vec{g}$ e centro de massa



José Pedro do Amaral zp.amaral@colegiodestomas.com

1879–1955

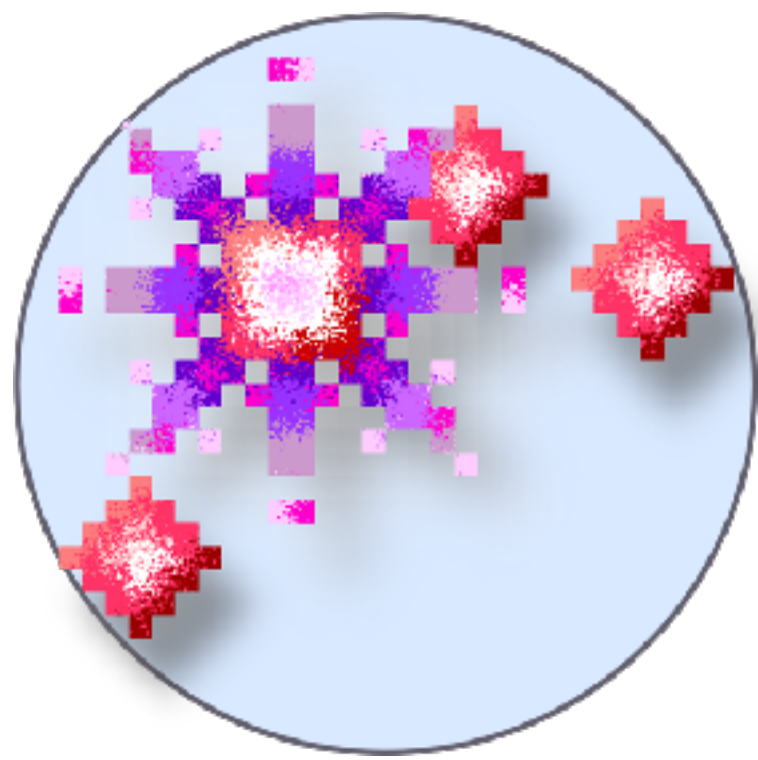


Vantagens de usar Tracker e R

Física fora da escola

Ao usar programas livres, os alunos ganham a capacidade de recriar experiências em situações extra-curriculares (em casa, noutra escola ou até na universidade)

O Tracker e sobretudo o R são programas extraordinariamente versáteis. O R é a plataforma estatística para investigação por excelência (sobretudo considerando o preço, as capacidades, o número de pacotes de expansão e o número de utentes)



- **Tracker:**

- <https://opensourcephysics.github.io/tracker-website/>
- <https://physlets.org/tracker/installers/download.php?file=Tracker-6.3.2-windows-x64-installer.exe>





- **R:**
 - <https://www.r-project.org/>
 - <https://cran.radicaldevelop.com/bin/windows/base/>
 - <https://support.microsoft.com/en-us/topic/update-for-universal-c-runtime-in-windows-c0514201-7fe6-95a3-b0a5-287930f3560c>



Gravidade

Gravidade

Algumas considerações

- Permite comparar escalares e vectores (e matéria e força)
- $\vec{g}$ é uma constante variável
- Depende de parâmetros locais (ex.: altitude e geologia)
- Afeta o tempo
- É relativamente misteriosa...
- E afeta a queda de objectos

Planeta	Gravidade	Aceleração	Desaceleração
Mercúrio	0,3800 g	Não	Sim
Vénus	0,9040 g	Não	Sim
Lua	0,1654 g	Não	Sim
Marte	0,3800 g	Não	Sim
Júpiter	2,5280 g	Sim	Não
Saturno	1,0650 g	Sim	Não
Urano	0,8860 g	Não	Sim
Neptuno	1,1400 g	Sim	Não

Massa: 50 kg

Massa: 50 kg

Peso: 490 N

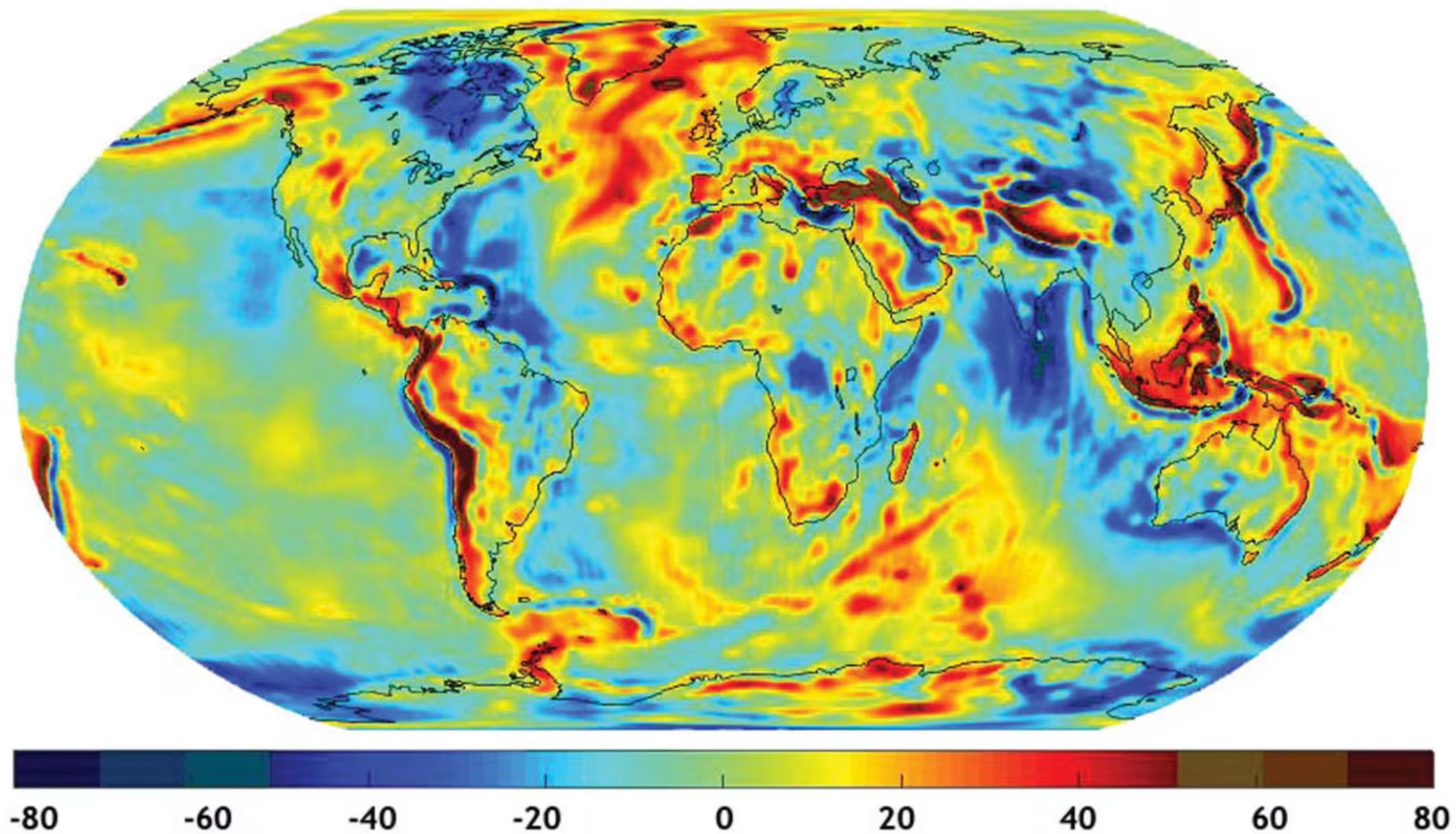
Peso: 186 N



Terra



Marte

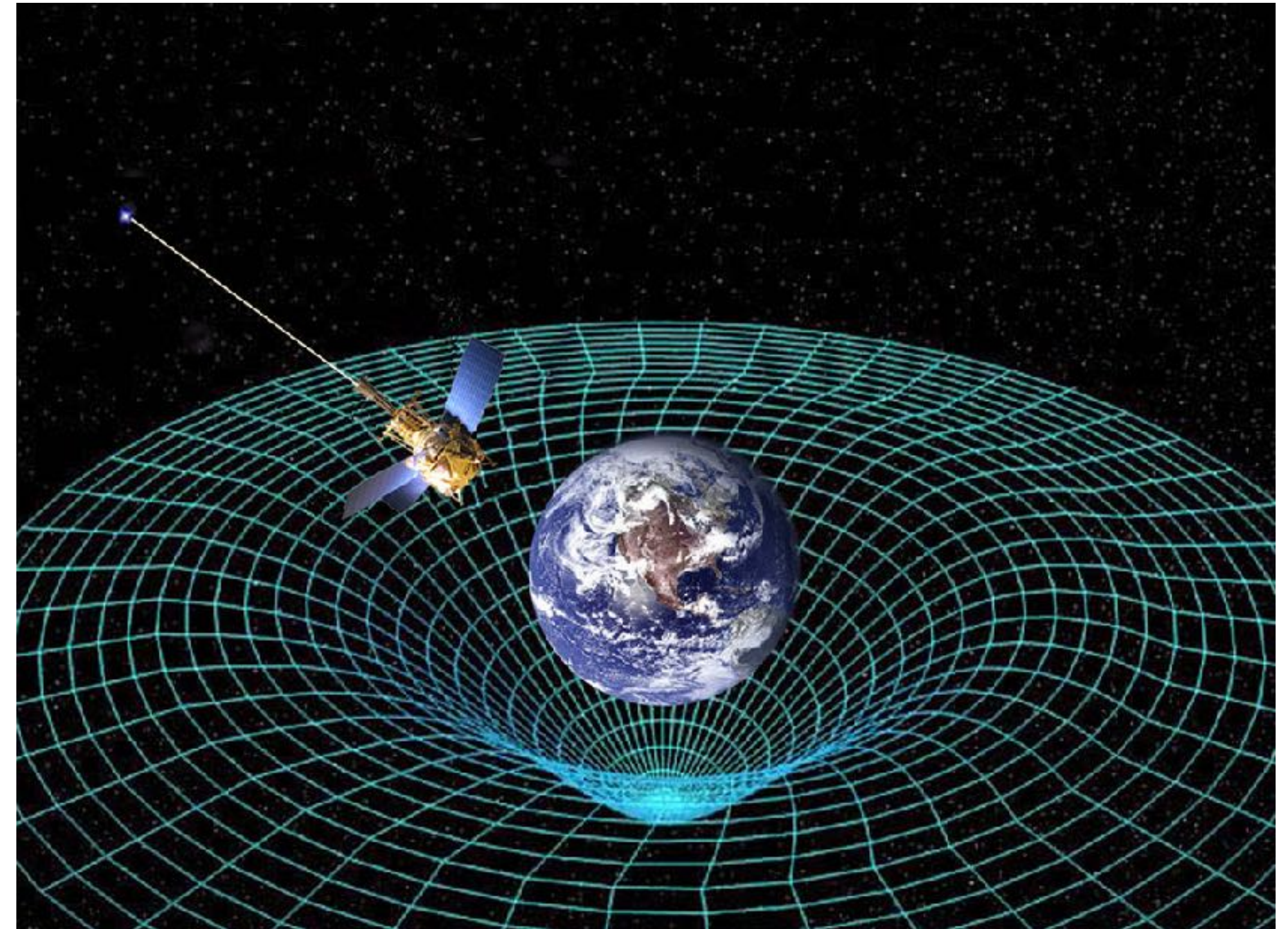


Anomalia gravítica (mGal) $g=980.665$ mGal

Dilatação Gravitacional do Tempo

Einstein 1907

- Um relógio anda mais devagar perto de um centro gravítico
- Um relógio anda mais depressa longe de um centro gravítico
- Por exemplo, se posto desde a criação da Terra (4,54 mil milhões de anos), um relógio no topo do Monte Everest (8,848 km), estaria cerca de 39 horas à frente de um posto ao nível do mar.
- Outro, Voyager 1 (1977; rapidez corrente 61.000 km/h) é agora cerca de 20 segundos mais velha do que seria se tivesse ficado na Terra



Objectos em queda livre

Newtoniana

Gravidade para Newton

- Em Newton, sem forças o movimento é rectilíneo e uniforme. A gravidade é uma **força atractiva entre massas**, dirigida ao longo da linha que as une, que podemos descrever por um campo gravitacional.
- Um corpo sujeito apenas a essa força acelera segundo a segunda lei de Newton; assim, a órbita planetária é a trajectória gerada por uma força central que mantém o planeta sempre a acelerar em direcção à estrela.

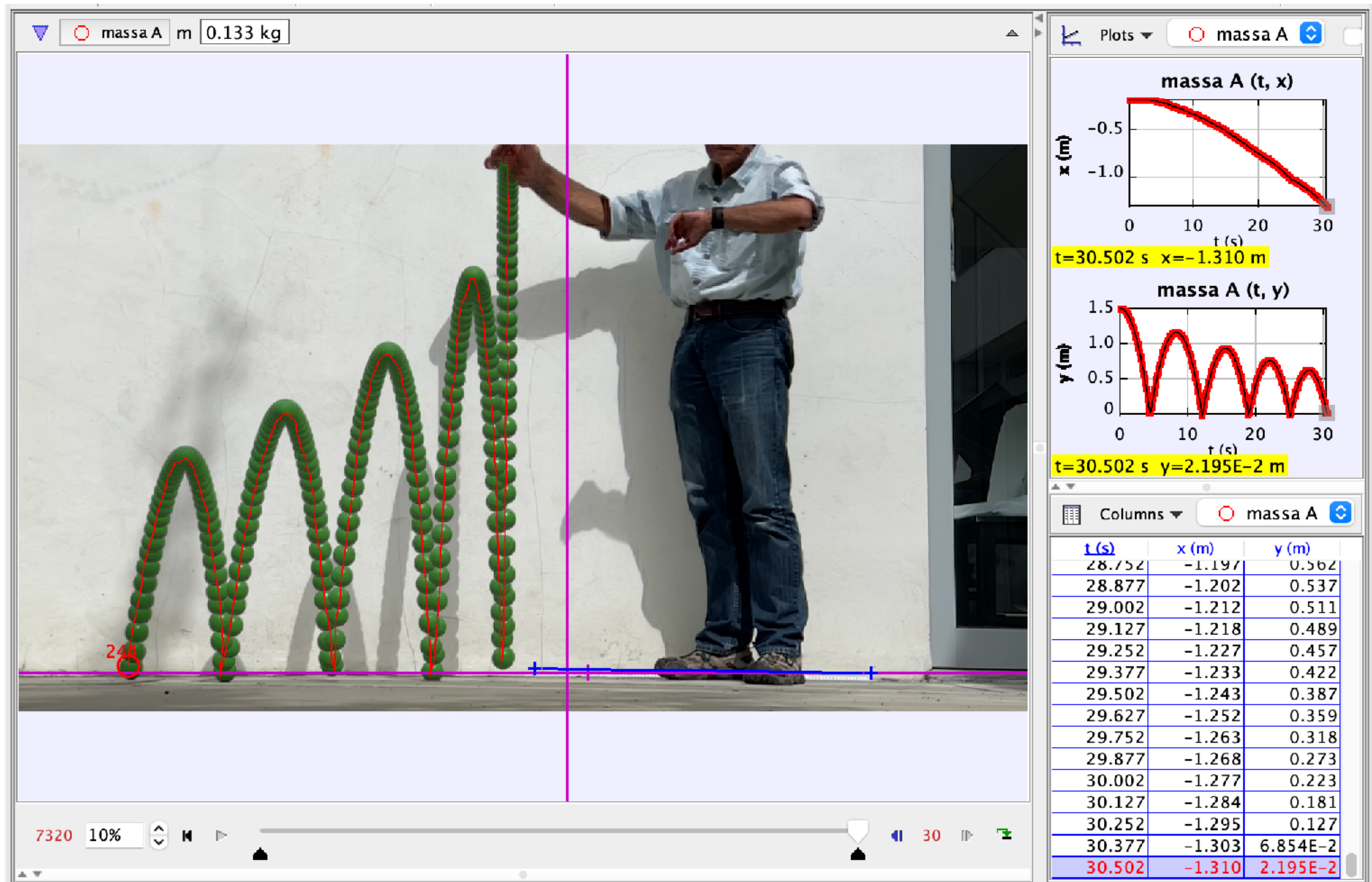
Relatividade Geral

Gravidade para Einstein

- Gravidade é **curvatura do espaço-tempo** causada por matéria e energia; os corpos em queda livre seguem **geodésicas** dessa geometria. Não é uma força adicional: o que sentimos como peso resulta de estarmos impedidos de seguir a queda livre.







Cálculo de $\vec{g}$

Cálculo de $\vec{g}$

Determinar a constante da aceleração gravítica

- Normalizar o vídeo para 240 qps (ou 30 qps)
 - Este passo normaliza a componente t
 - Garantir que o movimento parte do repouso $v_0=0$
 - Para isso usar o programa **ffmpeg**
- Um segundo problema é que o vídeo foi filmado a 240 qps mas é tocado a 30 qps. Por isso os tempos poderão ter que ser ajustados por $t=240/30=8$ vezes



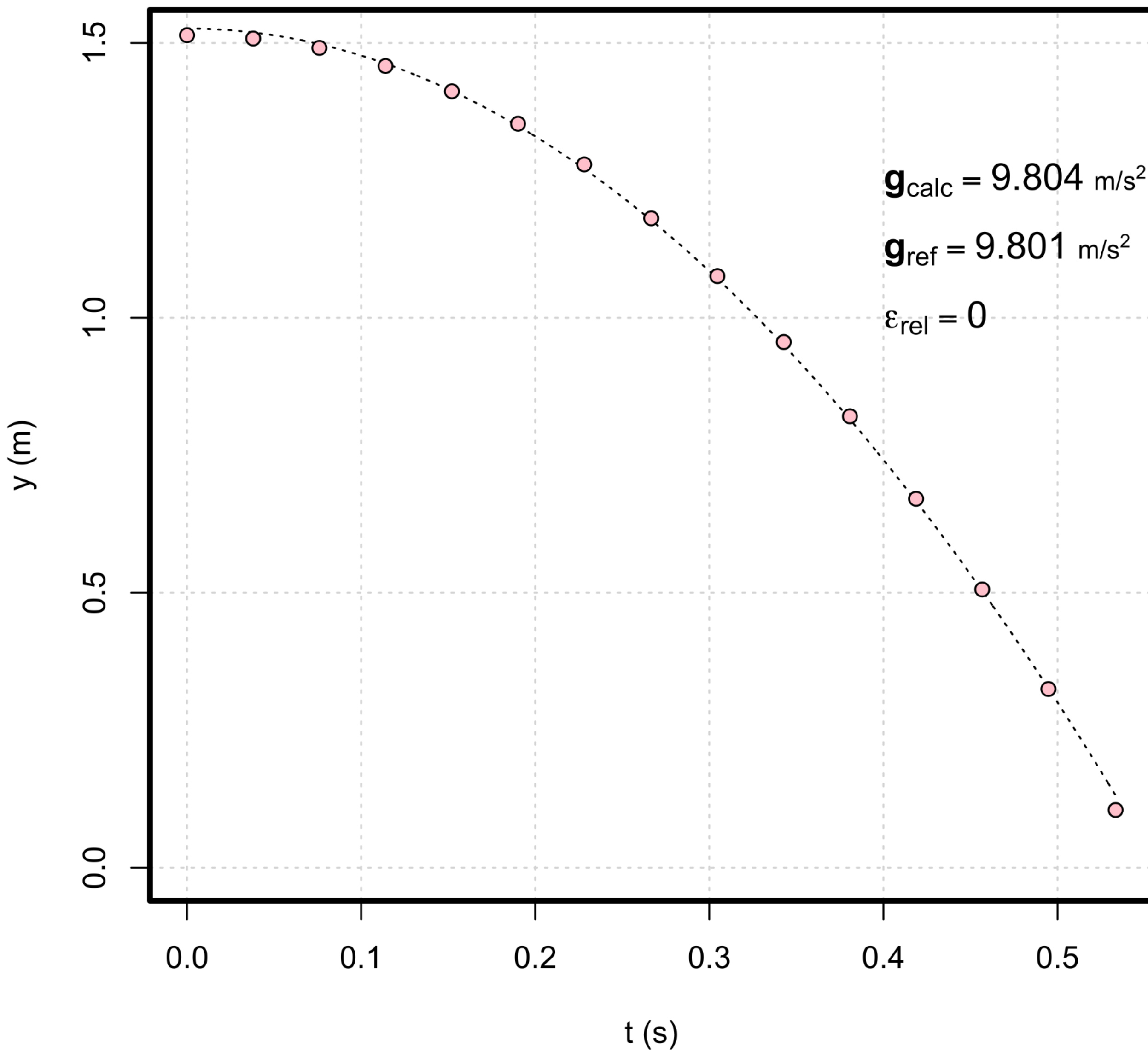
Cálculo de $\vec{g}$

Determinar a constante da aceleração gravítica

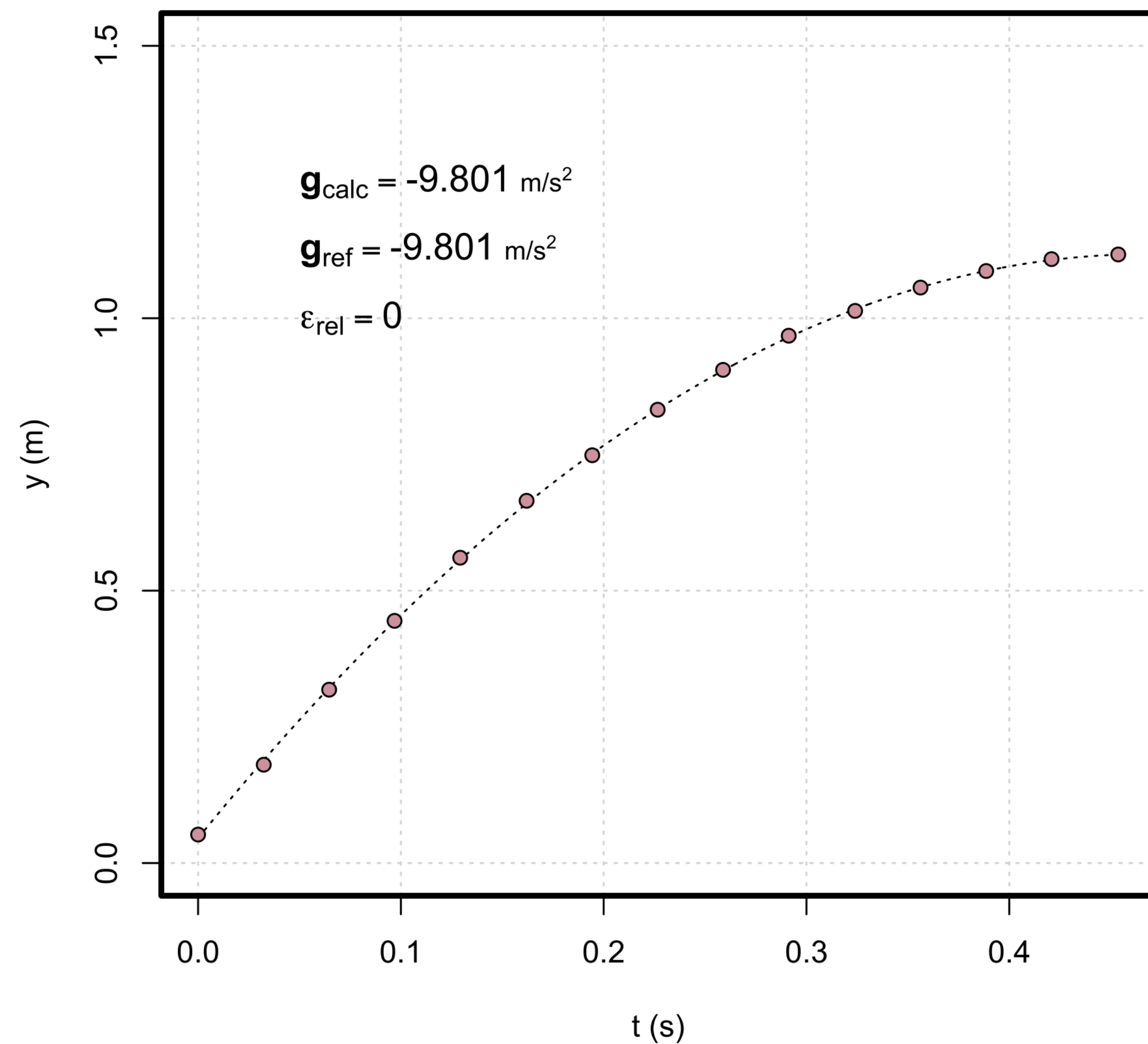
- Normalizar a escala espacial com a linha de 1 m
 - Este passo normaliza a componente y (e o x , mas este é pouco importante)
 - Garantir que o movimento está expresso em metros
 - Usar um metro de referência na imagem no mesmo plano em que a queda ocorre
 - Garantir que as extremidades desse metro sejam óbvias no vídeo

Resultados

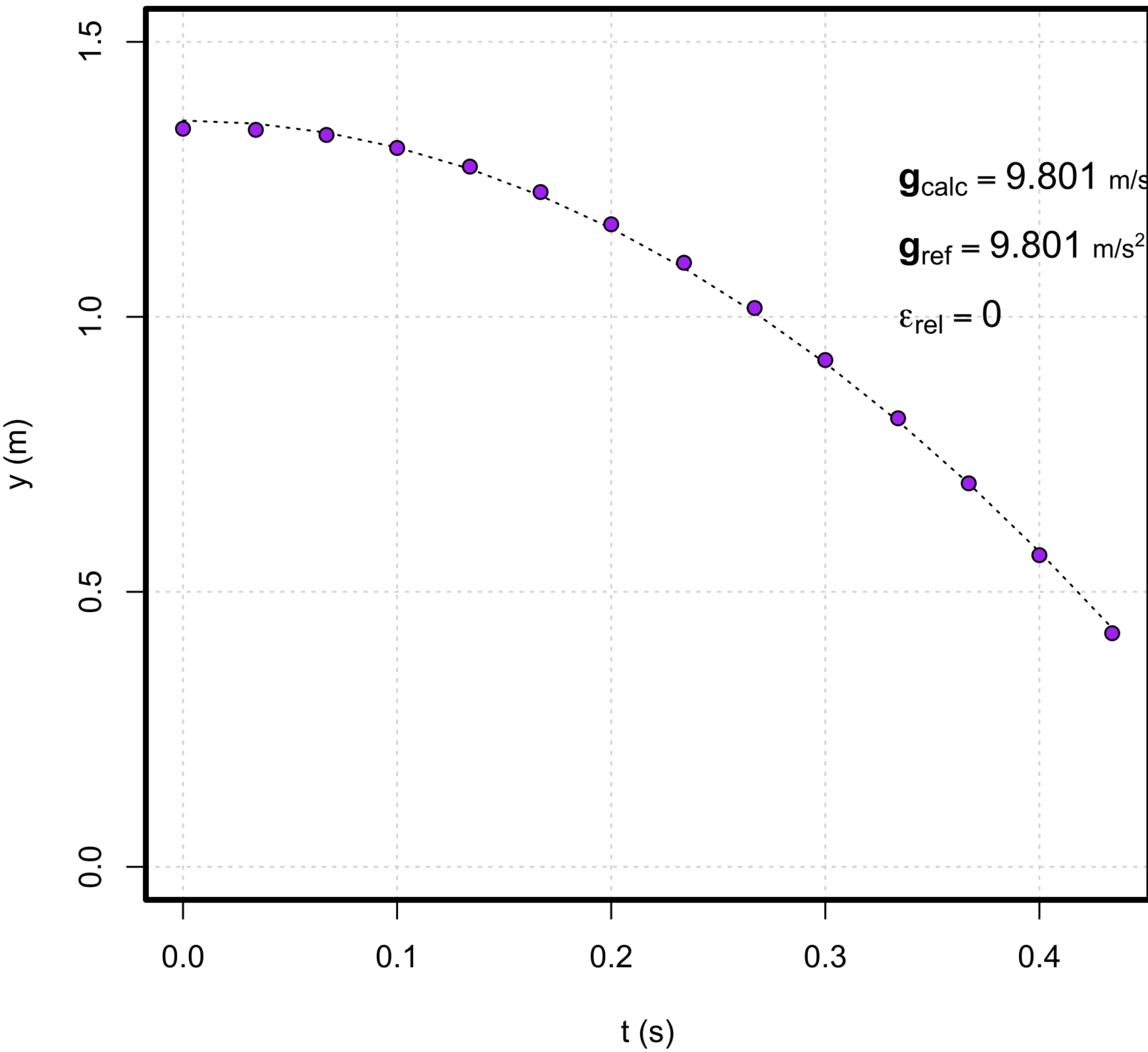
bola verde (câmara-lenta)



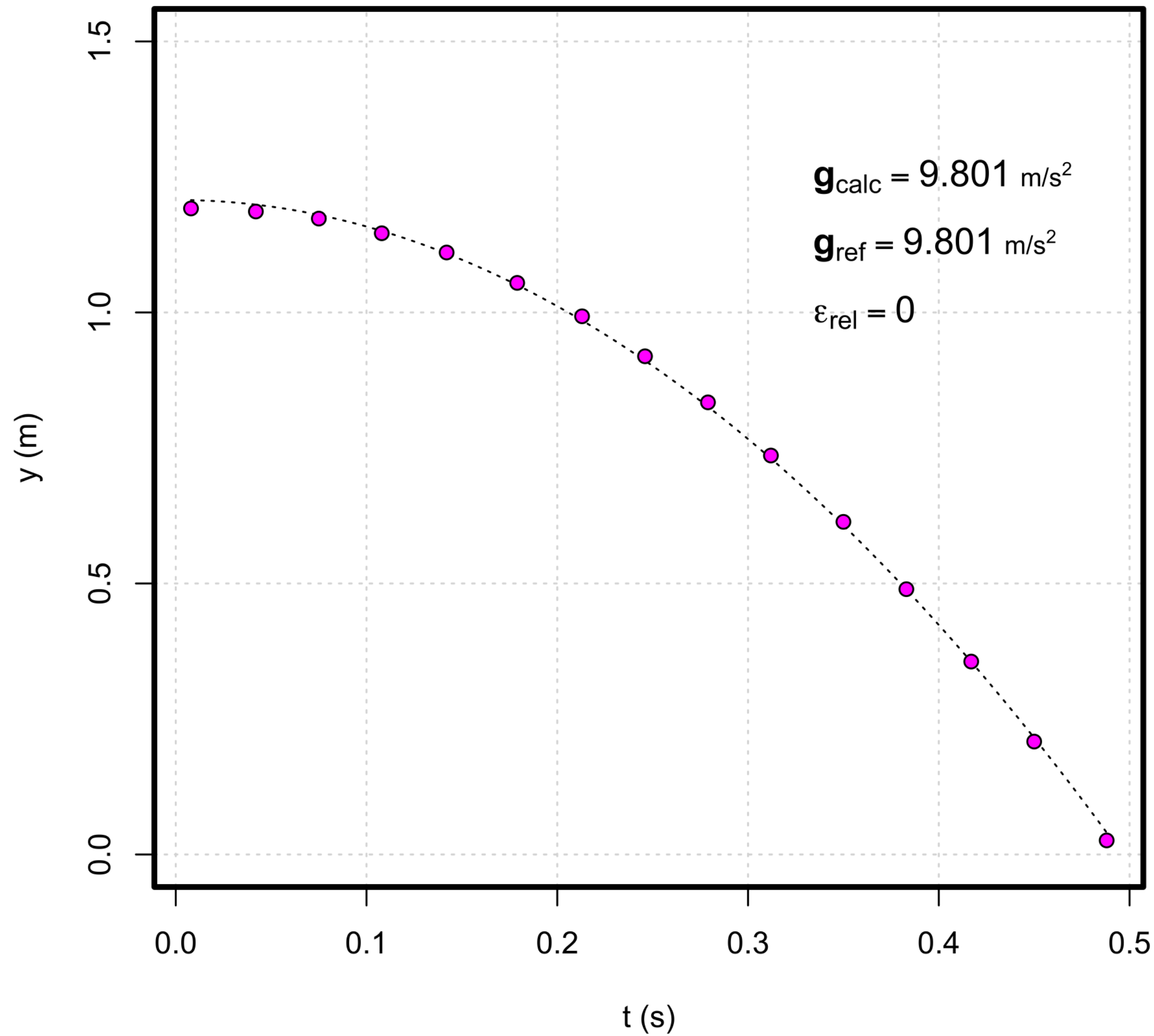
bola verde ascendente (câmara-lenta)



bola basquetebol



bola pequena vermelha



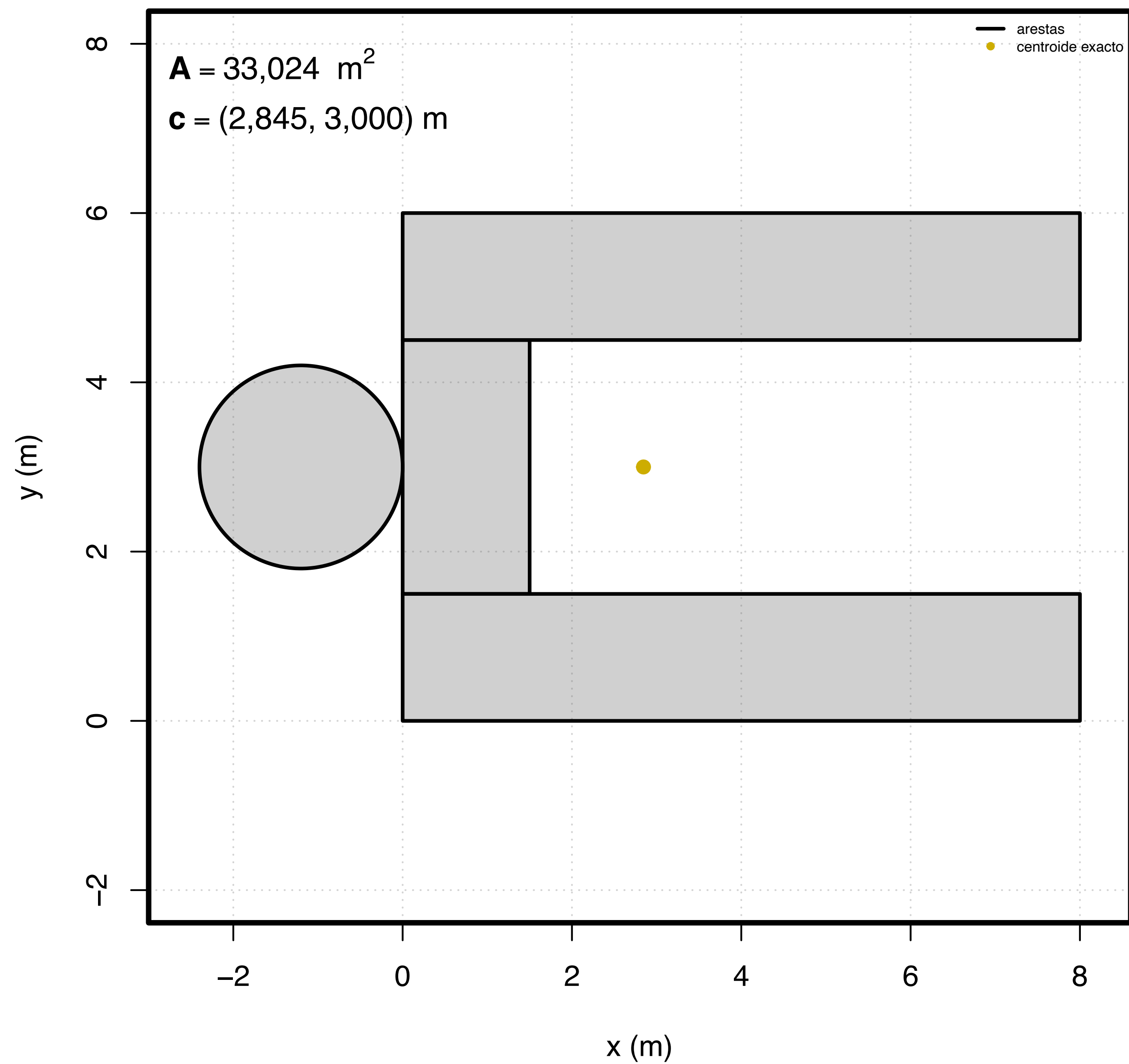
Tipos de experiências

Uma vez mais, cada grupo fará uma

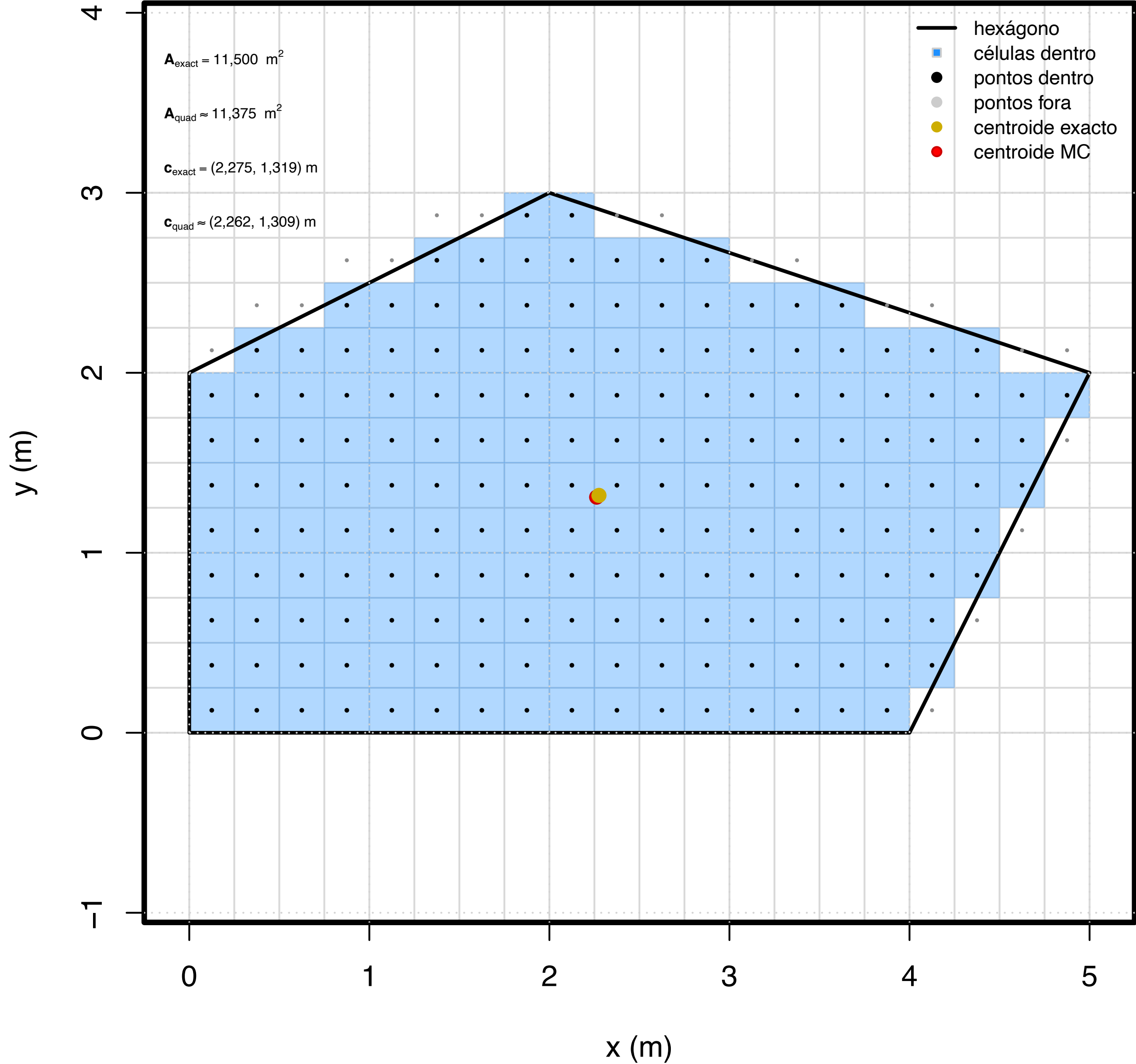
- Queda livre com vídeo
 - Escolha possível: o tipo de bola
- Queda livre com esferas (um par de sensores):
 - Escolha possível: o tamanho da esfera
- Queda livre com esferas (dois pares de sensores):
 - Escolha possível: o tamanho da esfera
- Pêndulo

Cálculo do centro de massa

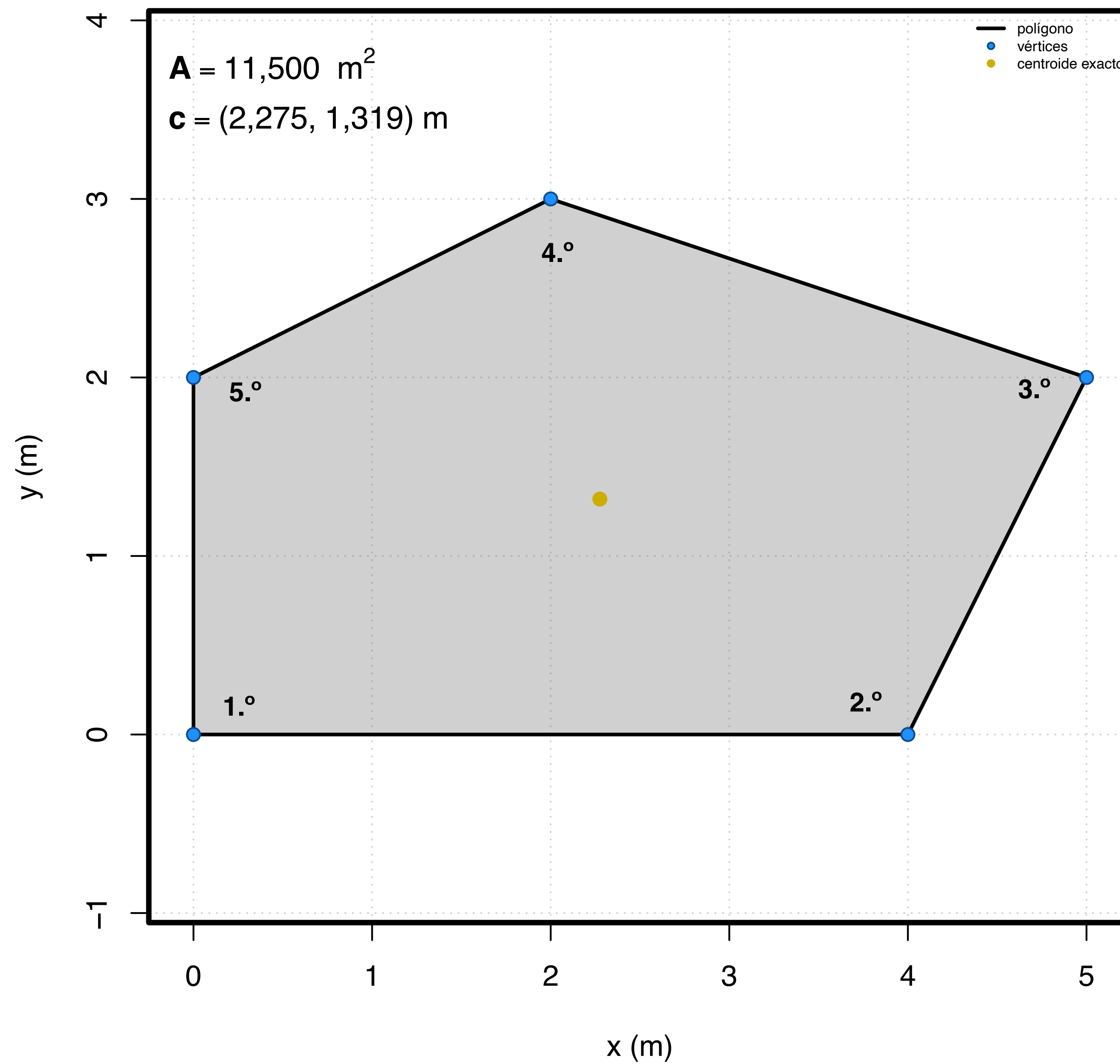
Centro de massa por decomposição



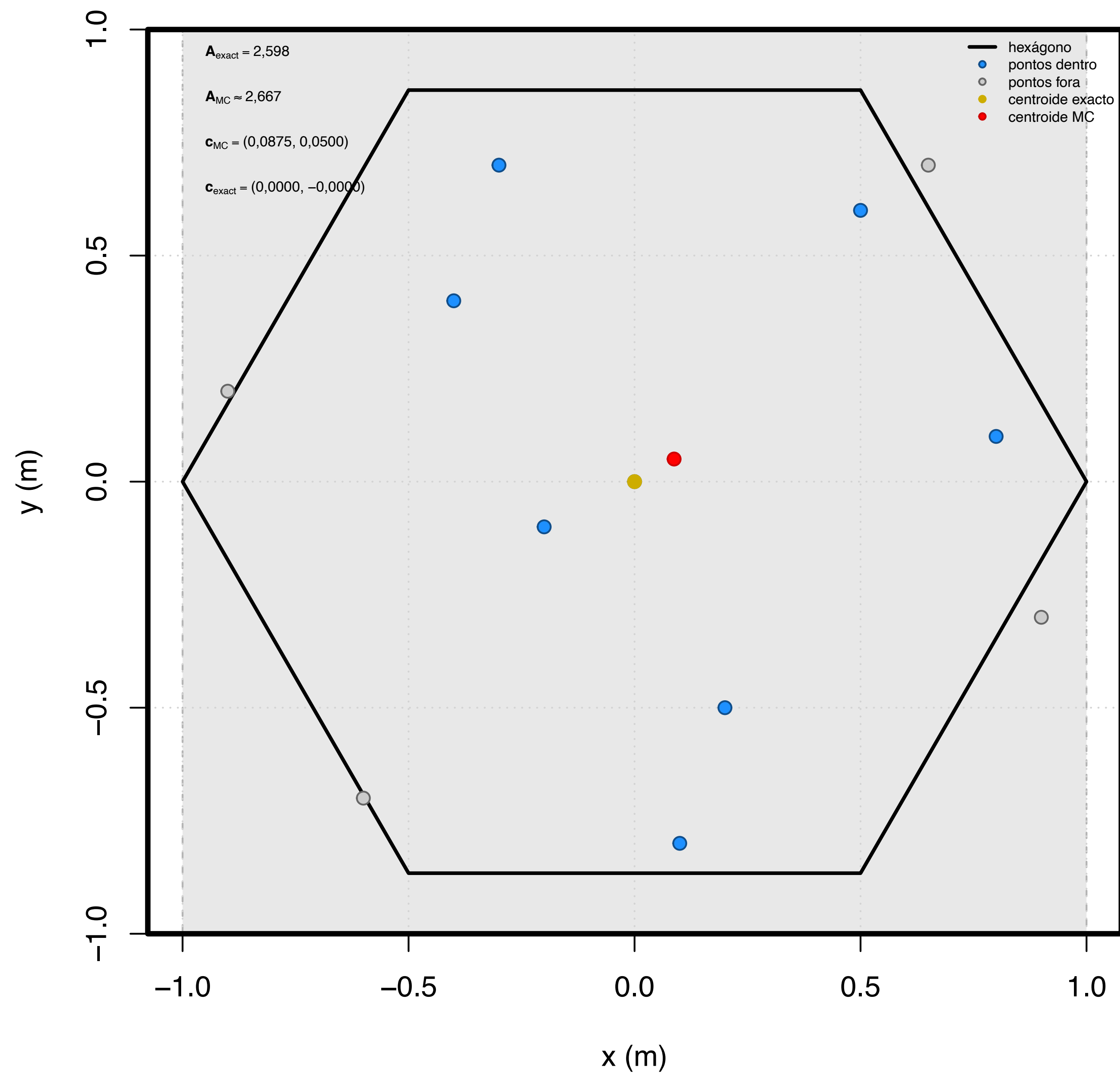
Método da quadrícula



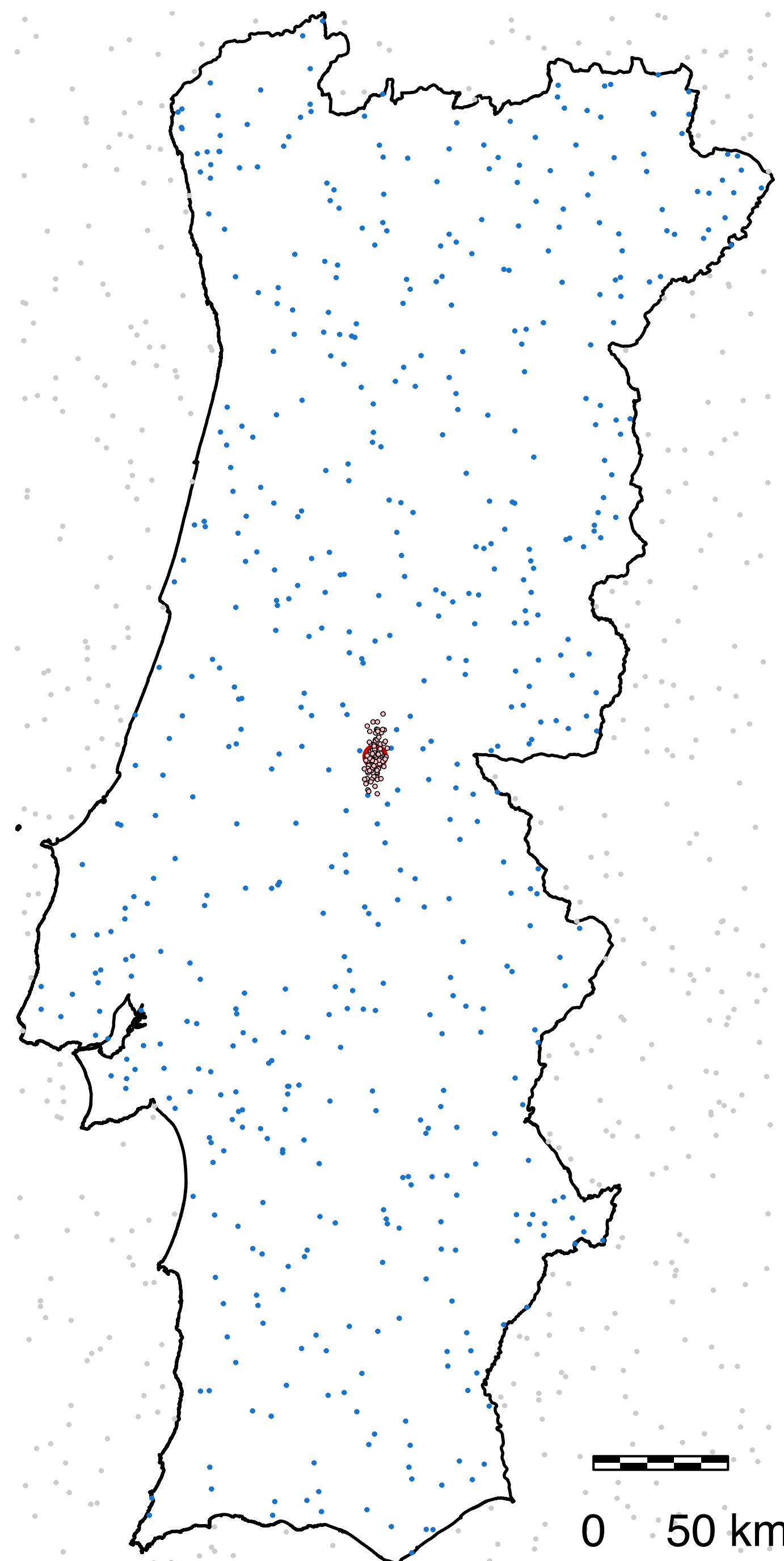
Polígono (sapateiro)



Hexágono regular (amostragem Monte Carlo de 12 pontos)



- polígono
- candidatos fora (últ.)
- candidatos dentro (últ.)
- centroide médio
- centroide oficial
- centroides (nrep_x)



0 50 km

- polígono
- candidatos fora (últ.)
- candidatos dentro (últ.)
- centroide médio
- centroide oficial
- centroides (nrep $\times$)

