

Experimentos de Física com *Tablets e Smartphones*

Carlos Eduardo Aguiar

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Instituto de Física
UFRJ

Baseado na dissertação de Leonardo Pereira Vieira



Mestrado Profissional em Ensino de Física
UFRJ – 2013

Resumo

- Experimentos didáticos no ensino de física
- Atividades práticas em sala de aula
- *Smartphones e tablets* na sala de aula
- Experimentos com:
 - Acelerômetro
 - Magnetômetro
 - Microfone
 - Giroscópio
 - Luxímetro
- Comentários finais

Experimentos didáticos no ensino da física

- Experimentos didáticos fazem parte das estratégias de ensino de física há mais de um século e desempenham papel central na educação científica em vários países.
- Atividades experimentais são consideradas importantes por, entre outros motivos:
 - Mostrar aos alunos que a física é uma ciência experimental, e o que isso significa.
 - Auxiliar na aprendizagem de conceitos e princípios físicos: *“é agindo sobre o mundo que nossas ideias sobre ele se desenvolvem”* (R. Millar).
 - Introduzir instrumentos e métodos essenciais à vivência e trabalho em uma sociedade tecnológica.

Experimentos didáticos no ensino da física

- Experimentos didáticos são realizados:
 - em laboratórios de ensino (geralmente);
 - nas salas de aula (menos frequentemente);
 - fora da escola (quase nunca).

Experimentos na sala de aula

- Associação em “tempo real” da atividade prática à apresentação expositiva de princípios e conceitos físicos.
- Estímulo à participação ativa dos estudantes na aula.
- Em geral são demonstrações qualitativas.
- Dificuldades com experimentos quantitativos:
 - Muito tempo gasto na aquisição e apresentação dos dados; quase todo empregado em operações repetitivas.
 - Sobra pouco tempo para análise e discussão do fenômeno observado.

Experimentos na sala de aula

- Computadores podem ajudar a superar essas dificuldades, facilitando a coleta rápida de dados e a apresentação gráfica imediata dos resultados. Mas ainda existem problemas:
 - *Desktops* são pesados e pouco portáteis, dificultando a montagem de muitos experimentos.
 - Normalmente estão em “salas de informática”, não nas salas de aula.
 - Necessitam sensores e interfaces especializados, geralmente caros e pouco acessíveis.
 - *Laptops* resolvem a questão da portabilidade, mas o problema dos sensores e interfaces permanece.

Experimentos com *smartphones* (e *tablets*)

- *Smartphones* e *tablets* podem resolver os problemas de portabilidade e sensores:
 - são extremamente portáteis;
 - têm grande capacidade de processamento e memória;
 - são muito difundidos entre os jovens em idade escolar;
 - e, principalmente, carregam consigo sensores capazes de medir grandezas físicas importantes no ensino da física.

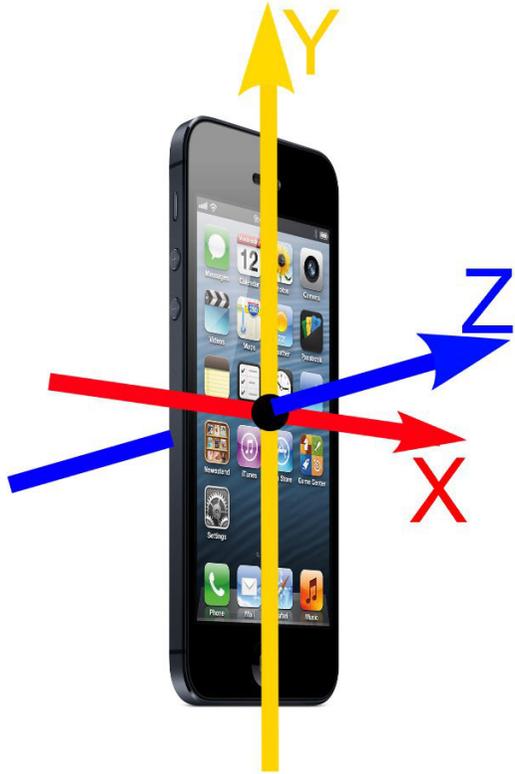
Sensores de *smartphones* e *tablets*

- Acelerômetro
- Giroscópio
- Magnetômetro
- Microfone
- Luxímetro
- Sensor de proximidade
- GPS
- Termômetro, barômetro, higrômetro, ...

Não são apenas os sensores

- Os *tablets* e *smartphones* são atraentes não só pelos sensores e portabilidade, mas também por fazerem parte da cultura e do cotidiano dos alunos.
- Uma atividade experimental bem sucedida necessita da participação ativa dos alunos. O uso dos dispositivos móveis é um importante mediador dessa participação.

O acelerômetro

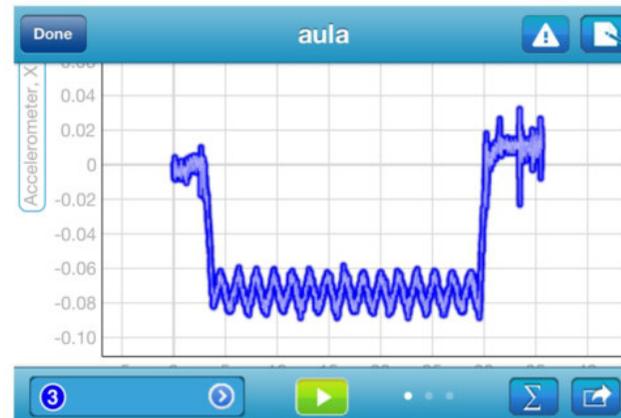


- Mede a aceleração em três eixos perpendiculares entre si.
- Intervalo de medida: $\pm 2g$ em cada eixo.

Leitura e apresentação dos dados

- Existem programas gratuitos que leem o acelerômetro e apresentam os resultados em forma gráfica.

gráfico da aceleração
em um eixo

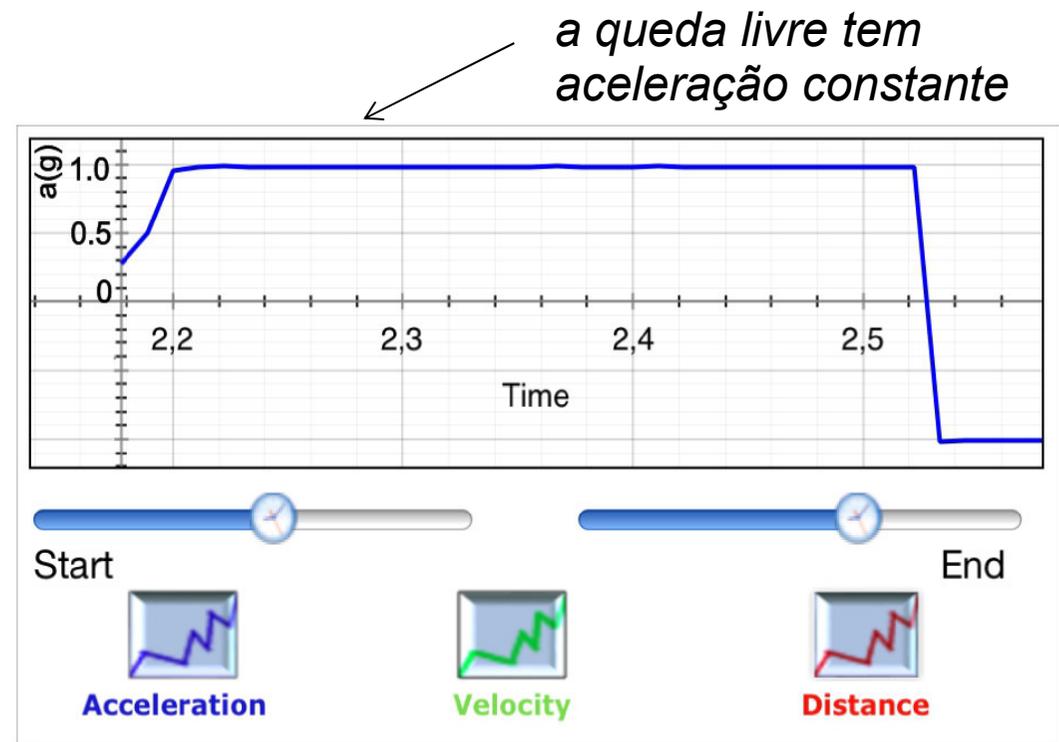
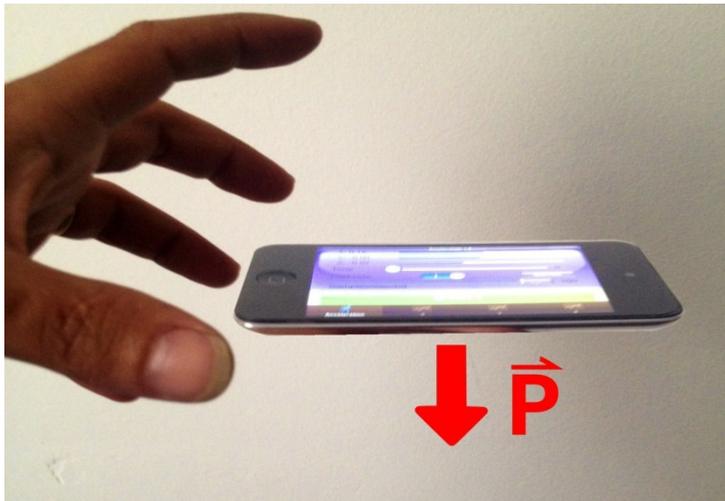


velocidade e posição calculadas
numericamente



Queda livre

- Basta deixar o dispositivo cair.
- A aceleração é gravada e apresentada em gráficos.
- Tópico discutido exaustivamente em cursos introdutórios sem que nenhum experimento seja realizado.



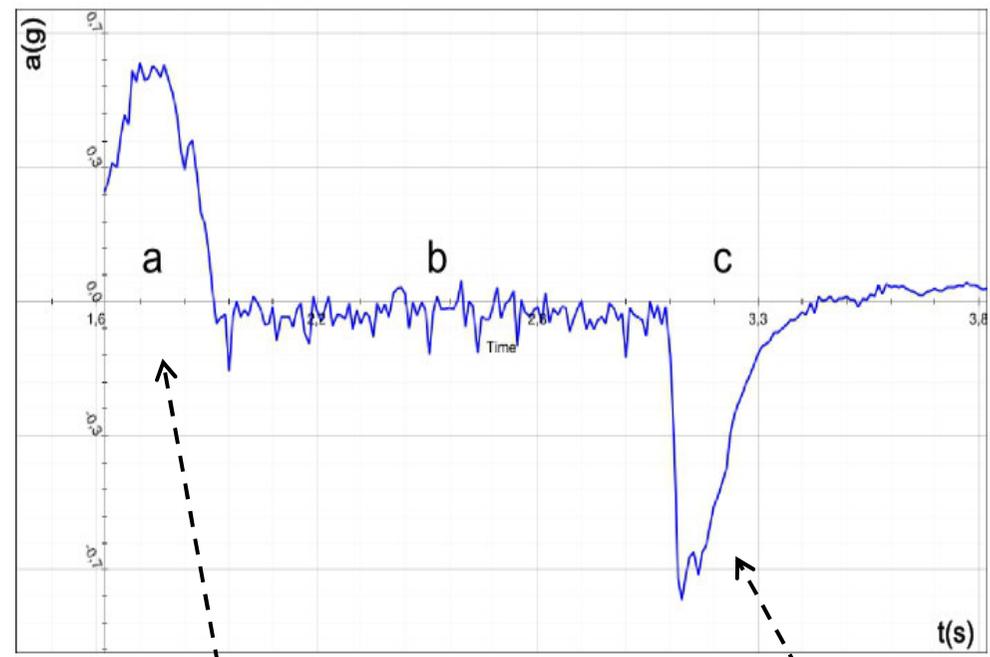
Discussão com os alunos

- Turma do segundo ano do ensino médio, que no momento estudava cinemática.
- Questão: se deixarmos cair um *tablet* e um *smartphone*, qual registrará maior valor para a aceleração?
- Resposta: dos 38 alunos da turma, 29 disseram que o *tablet* registraria a maior aceleração.
- Justificativa dada pelos alunos: “o *tablet* é **mais pesado** que *smartphone*”.
- Experimento realizado em seguida: o *tablet* (600g) e o *smartphone* (100g) caem com a mesma aceleração.

Movimento de um carrinho



o iCar

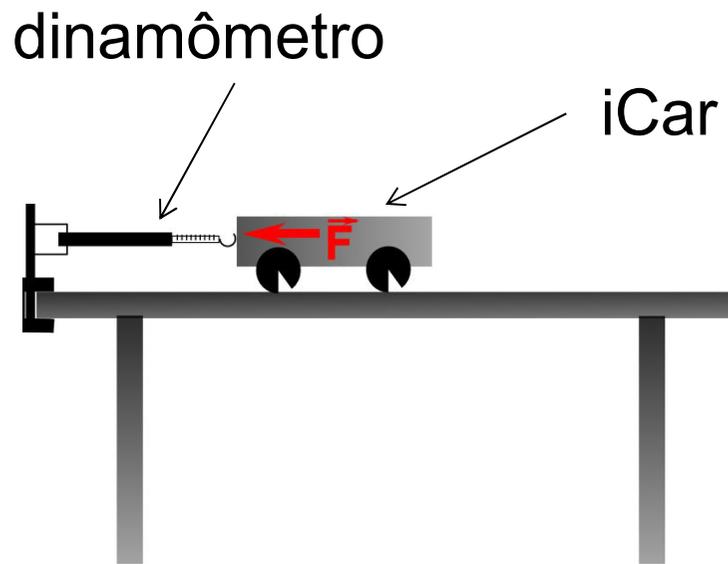


carrinho é
empurrado
($a > 0$)

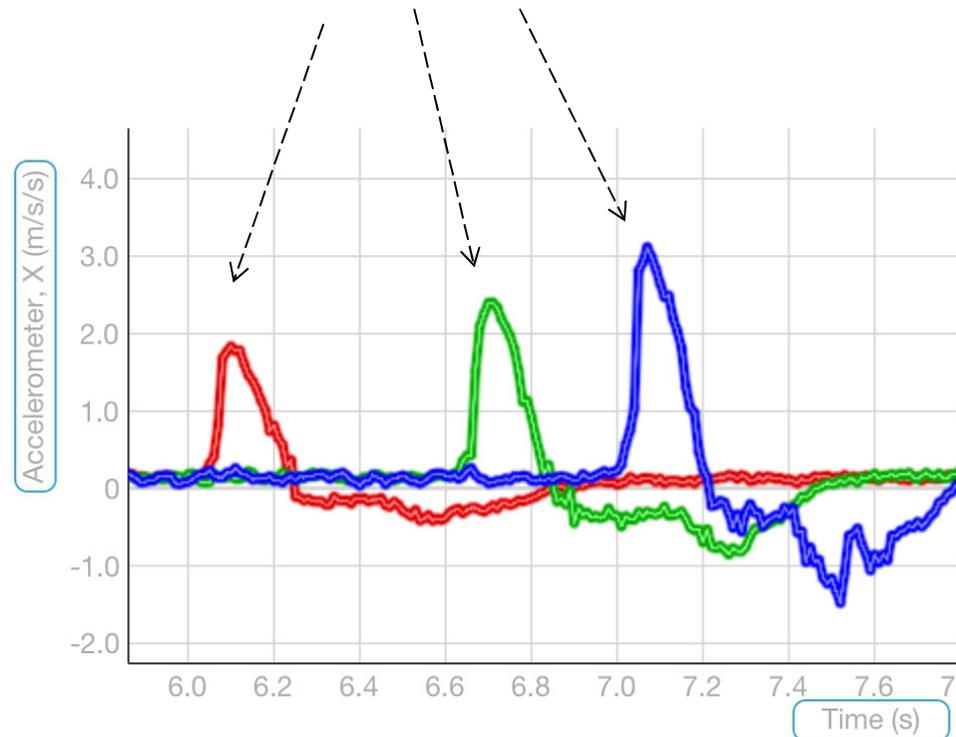
carrinho é
freado
($a < 0$)

↑
--- áreas semelhantes ---
↑

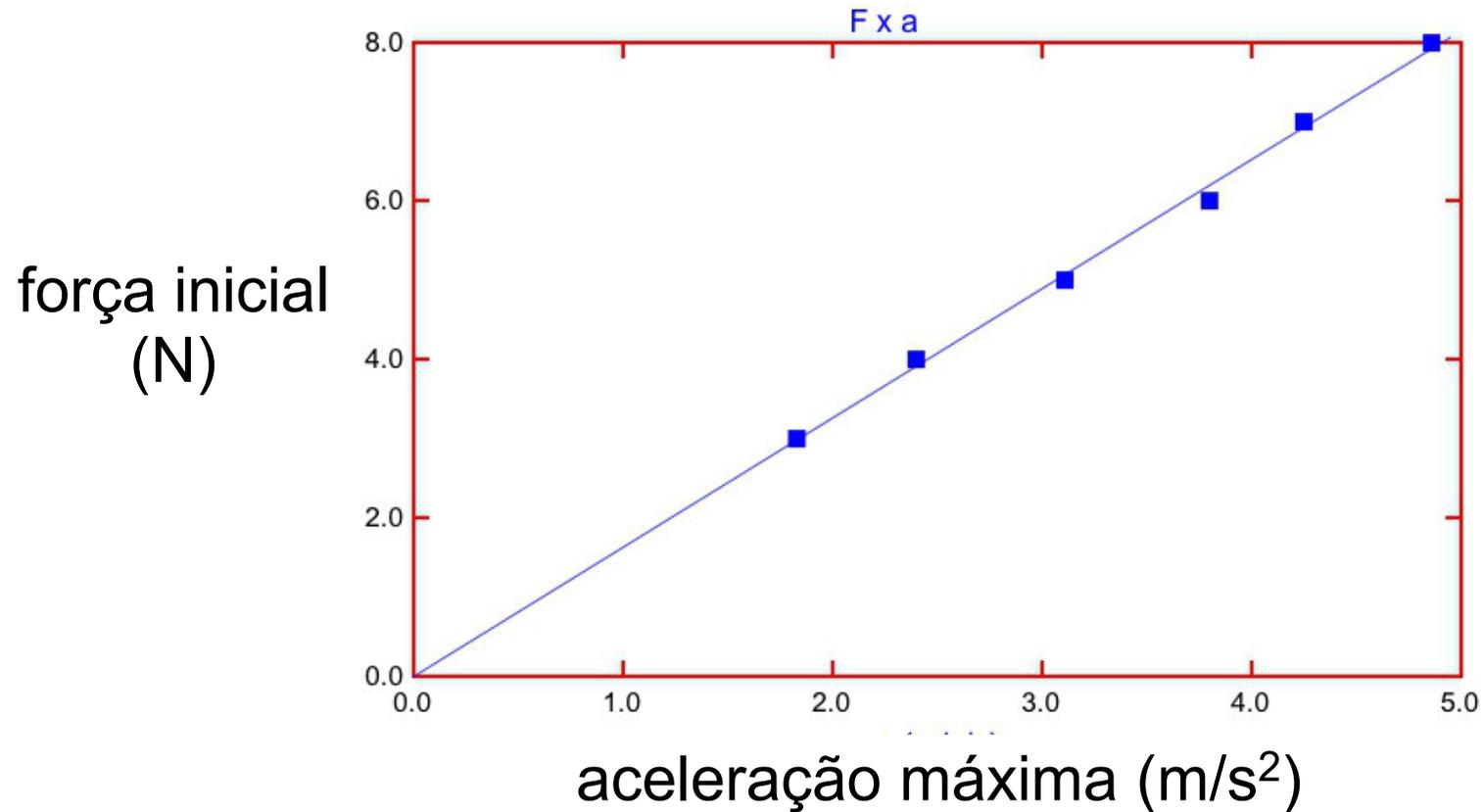
A segunda lei de Newton



acelerações para diferentes distensões iniciais do dinamômetro

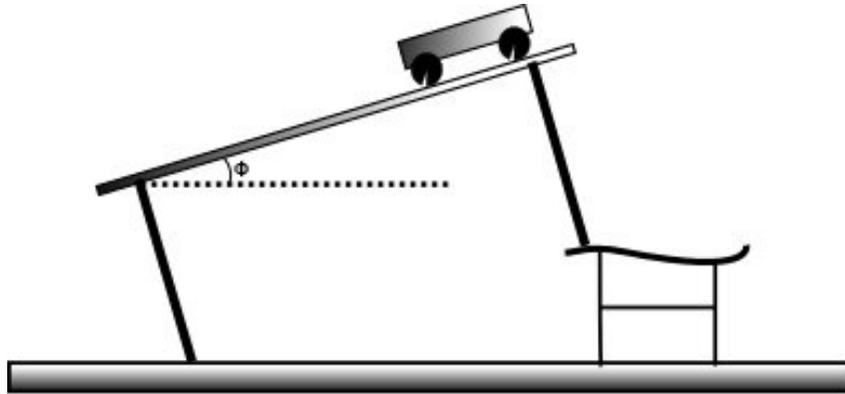


A segunda lei de Newton

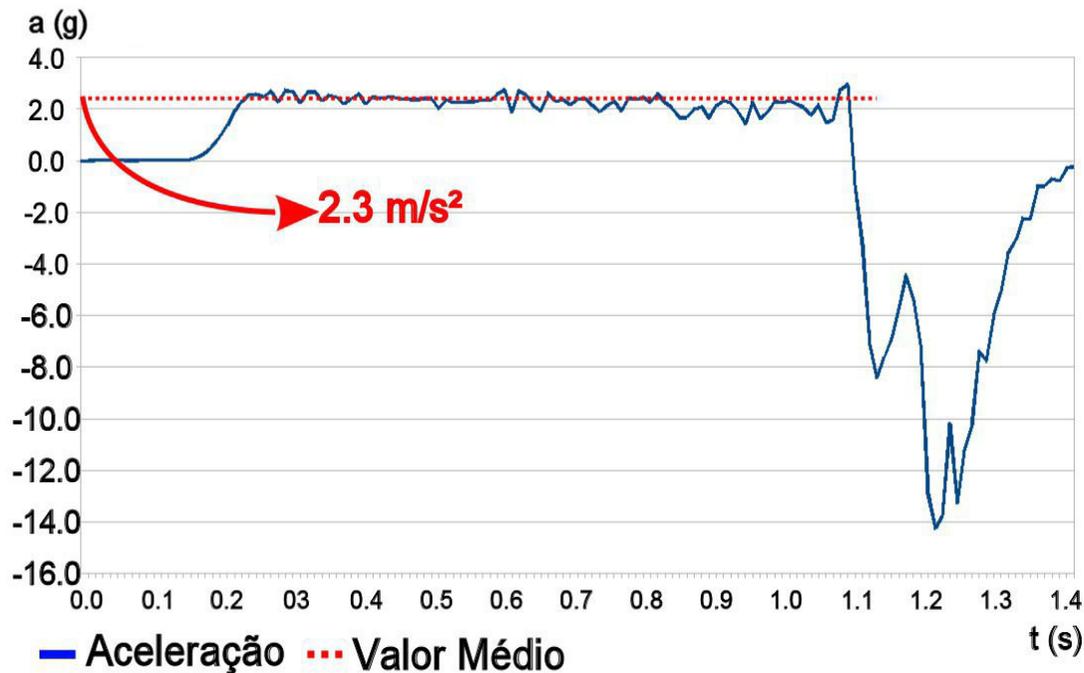


- Coeficiente angular da reta: 1,63 kg
- Massa do *iCar* + *smartphone*: 1,54 kg

O *iCar* no plano inclinado



ângulo de inclinação = $14,5^\circ$
(medido com o *tablet*)



aceleração medida = $2,3 \text{ m/s}^2$

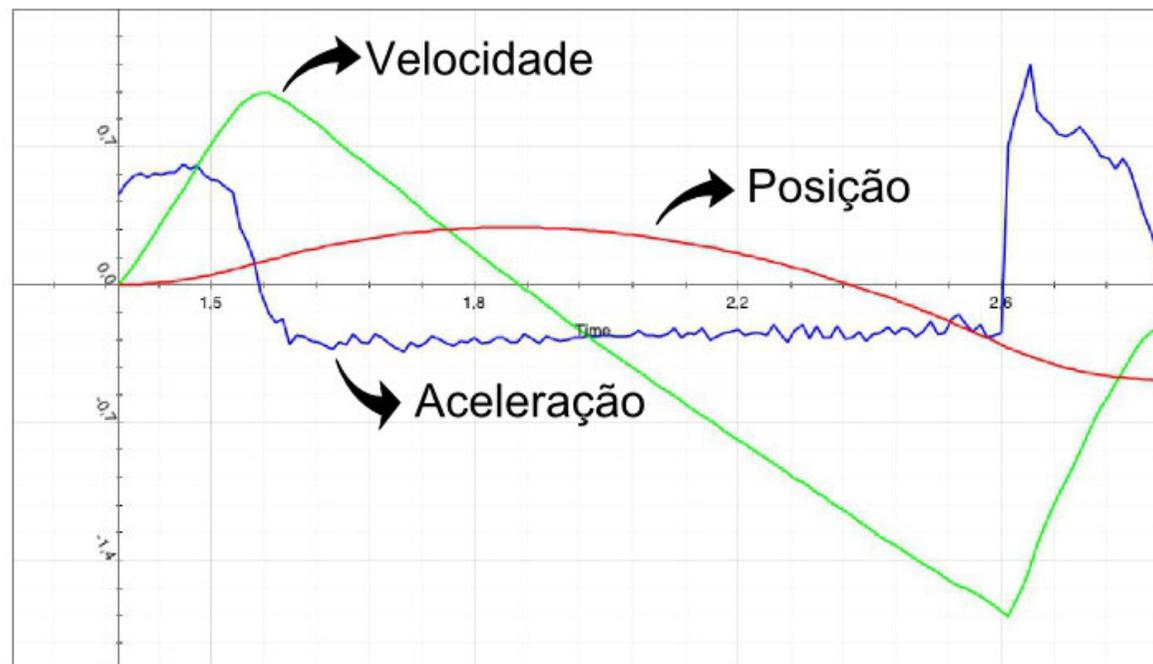
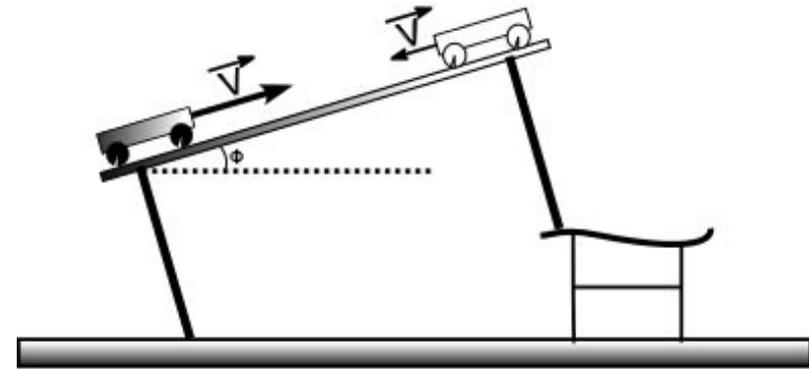
$$g \sin(14,5^\circ) = 2,4 \text{ m/s}^2$$

Discussão com os alunos

- Se aumentarmos a massa do *iCar* de 200g e o deixarmos descer o plano inclinado, o que ocorrerá com a aceleração?
 - (i) Diminui.
 - (ii) Mantém-se a mesma.
 - (iii) Aumenta.
- De 32 alunos, 9 deram a resposta correta (ii). A alternativa (iii) foi a escolhida por 18 alunos, mais da metade do total. A opção (i) foi escolhida por 7 alunos.
- Apesar de terem discutido a queda livre corpos de massas diferentes em um experimento anterior, a maior parte dos alunos não fez a conexão entre as duas situações.

Discussão com os alunos

- Extensão do experimento: o *iCar* sobe e desce a ladeira.



Discussão com os alunos

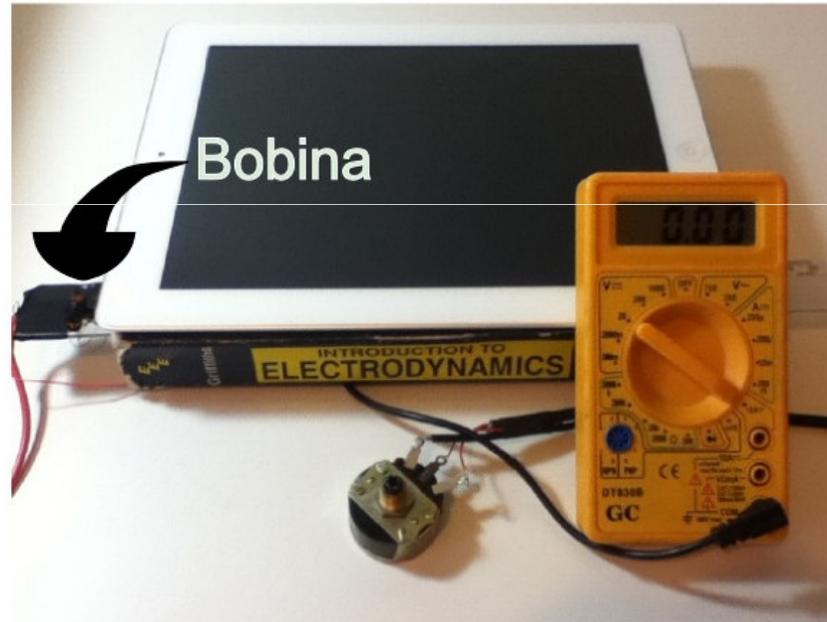
- O que acontece com a aceleração do *iCar* quando ele está no ponto máximo de sua trajetória?
- Sem exceção, todos responderam que a aceleração caía a **zero**. *Isso tendo à sua frente um gráfico do resultado experimental, que dizia outra coisa!*
- Em seguida os alunos foram solicitados a apontar no gráfico (que continuava projetado à vista de todos) o instante de tempo em que o valor a aceleração assumia o valor zero.
- Os alunos responderam que não havia esse instante.
- Perguntados sobre por que, então, haviam afirmado que a aceleração era zero quando o carrinho chegava no ponto mais alto, os alunos disseram, em grande maioria, que *isso era óbvio e que não precisavam do gráfico para responder à questão*.

O magnetômetro



- Mede as componentes do campo magnético ao longo de três eixos perpendiculares entre si.
- Limite: ± 2 mT em cada componente.
- Existem programas que leem o magnetômetro e apresentam os resultados em diferentes formas.

Campo magnético de uma bobina

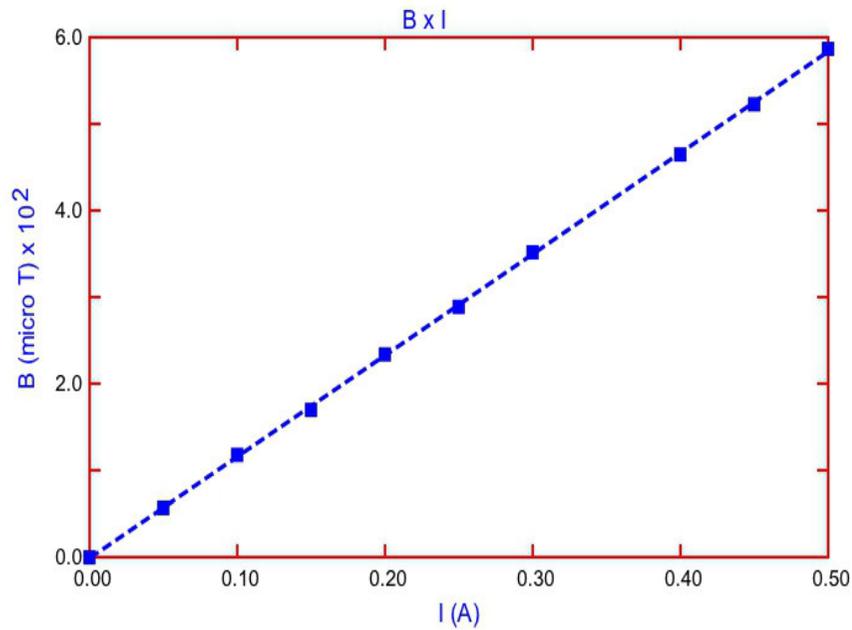


Experimentos:

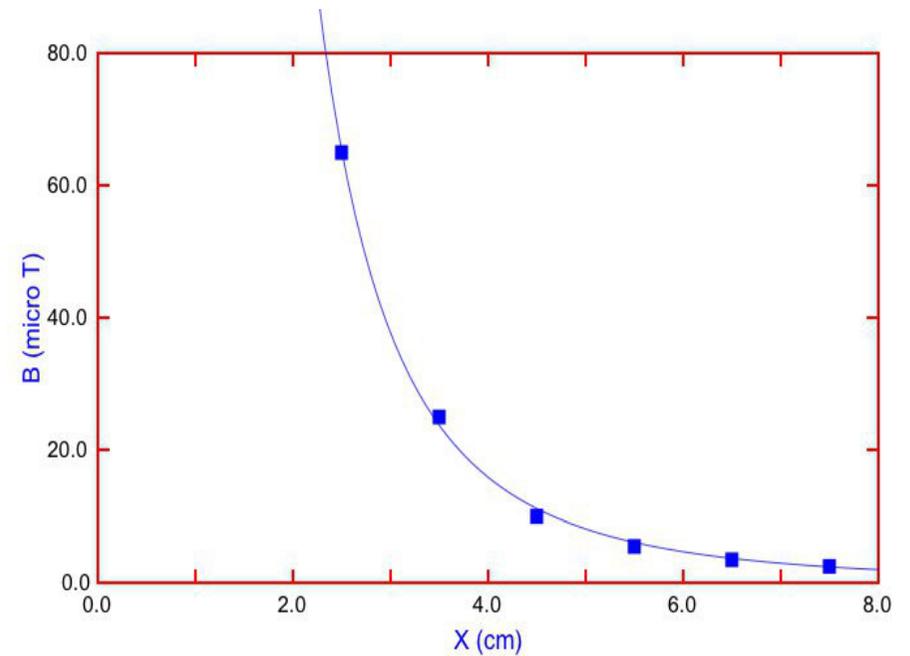
- campo \times corrente
- campo \times distância

Campo magnético de uma bobina

Resultados:

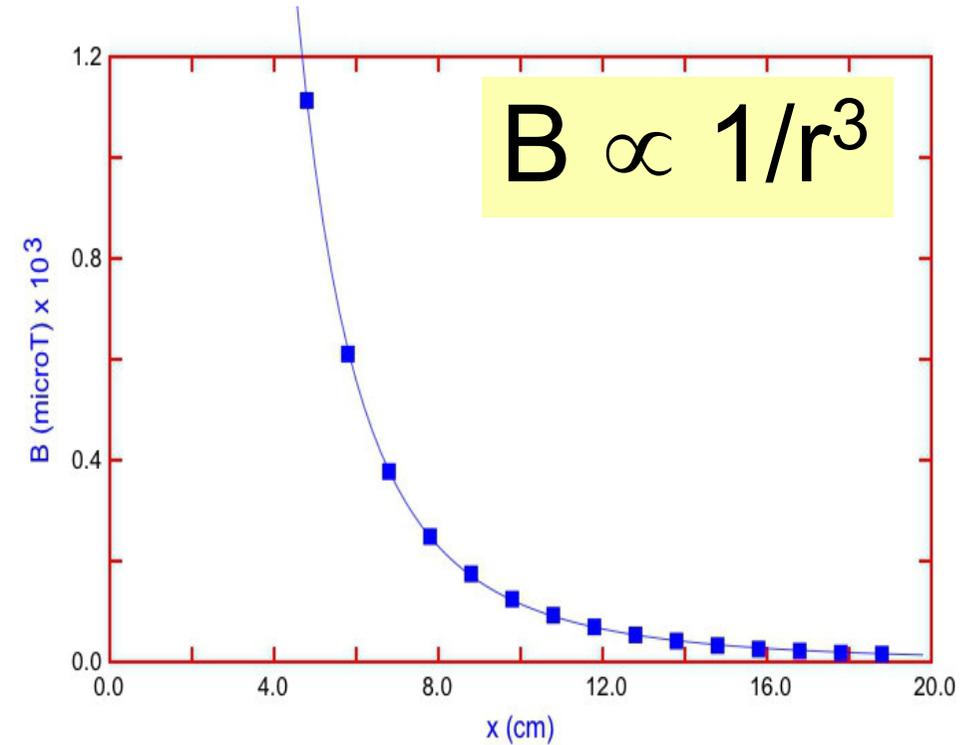
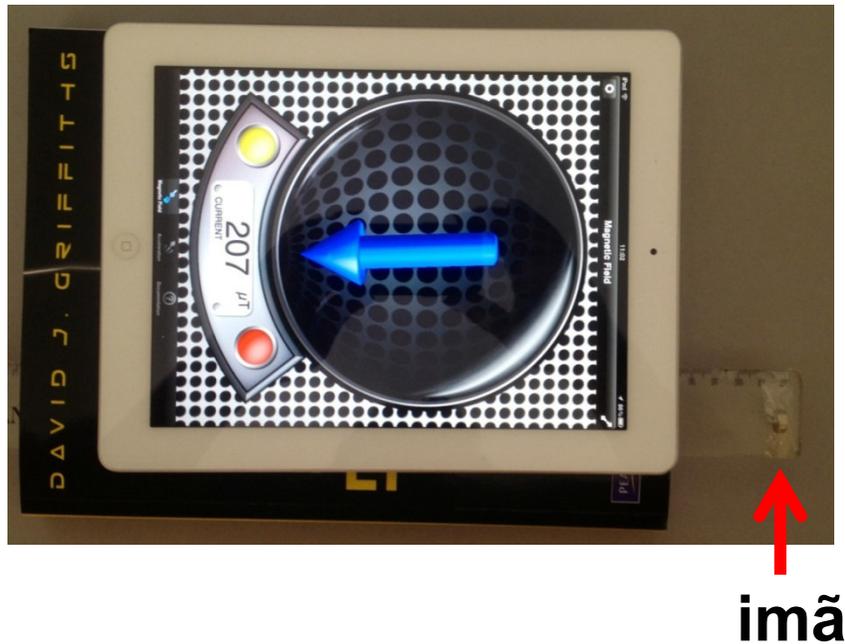


$$B \propto I$$



$$B \propto 1/r^3$$

Campo magnético de um ímã



Os campos da bobina e do ímã são semelhantes!

Experimentos com o microfone



- *Smartphones* têm sistemas de processamento de áudio quase tão poderosos quanto os de computadores convencionais.
- Existem vários programas que permitem a gravação e visualização da onda sonora.
- Alguns programas também fazem análises de Fourier.

A velocidade do som

- Medida da velocidade do som usando apenas cinemática*.

“tubo sonoro”

pulso sonoro: ida e volta por dentro do tubo



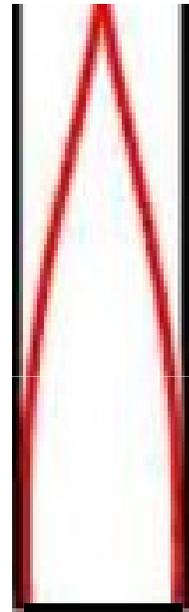
$$d = 2 \times 3,26 \text{ m} = 6,52 \text{ m}$$
$$v_{som} = d/t = 340 \text{ m/s.}$$

* Sergio Tobias da Silva, Dissertação de Mestrado, Programa de Ensino de Física, UFRJ

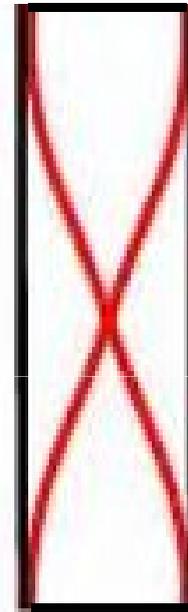
Acústica de uma garrafa



tubo aberto ou fechado?



$$\lambda = 4L$$



$$\lambda = 2L$$

Dimensões da garrafa



Ondas estacionárias na garrafa

$c = \text{velocidade do som} = 344 \text{ m/s}$

$L = \text{comprimento da garrafa} = (19 + 3,0/2) \text{ cm} = 20,5 \text{ cm}$

Tubo fechado nos dois lados:

$$f_n = \frac{c}{2L} n$$

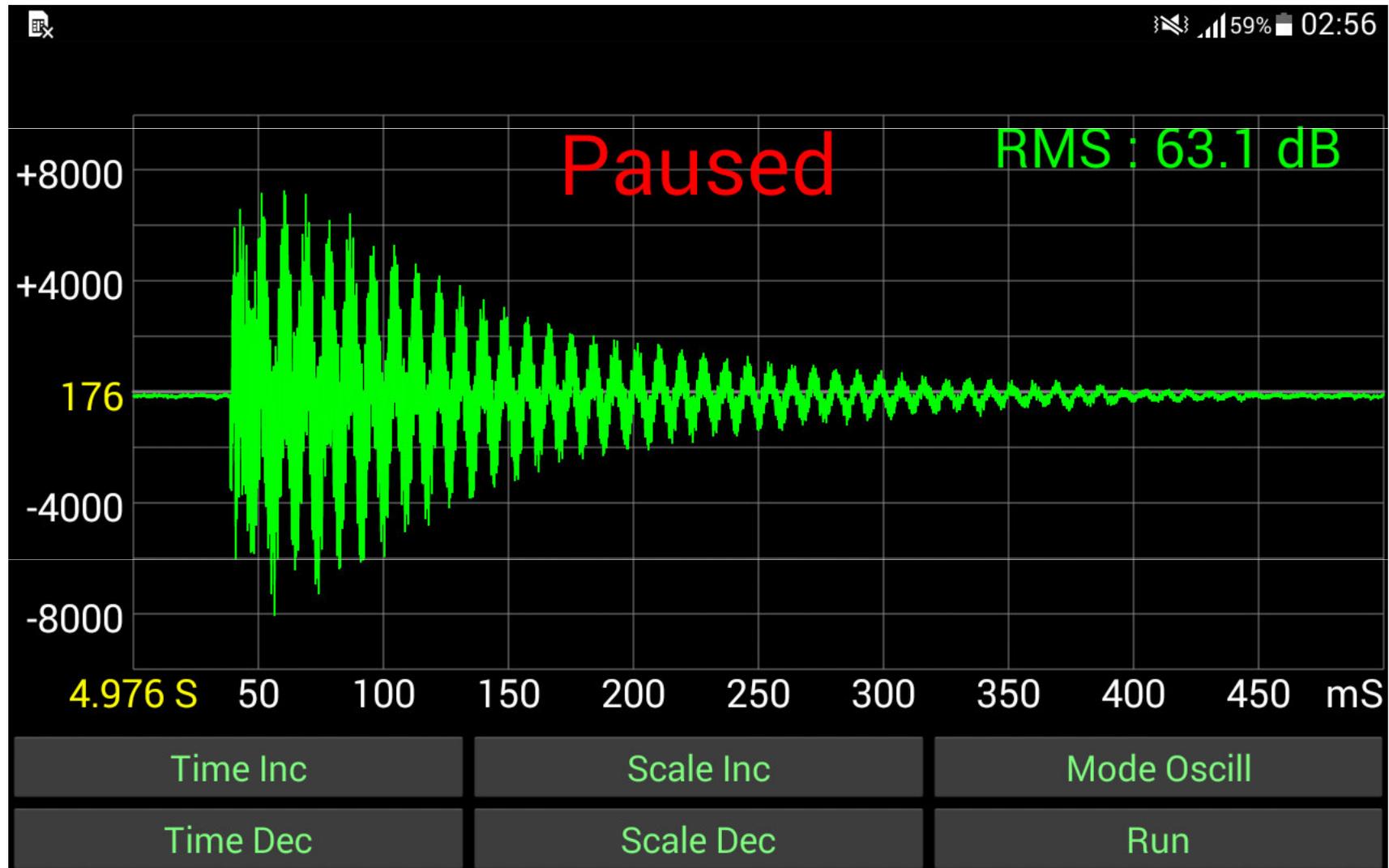
$$f_1 = 829 \text{ Hz}$$

Tubo aberto em um dos lados:

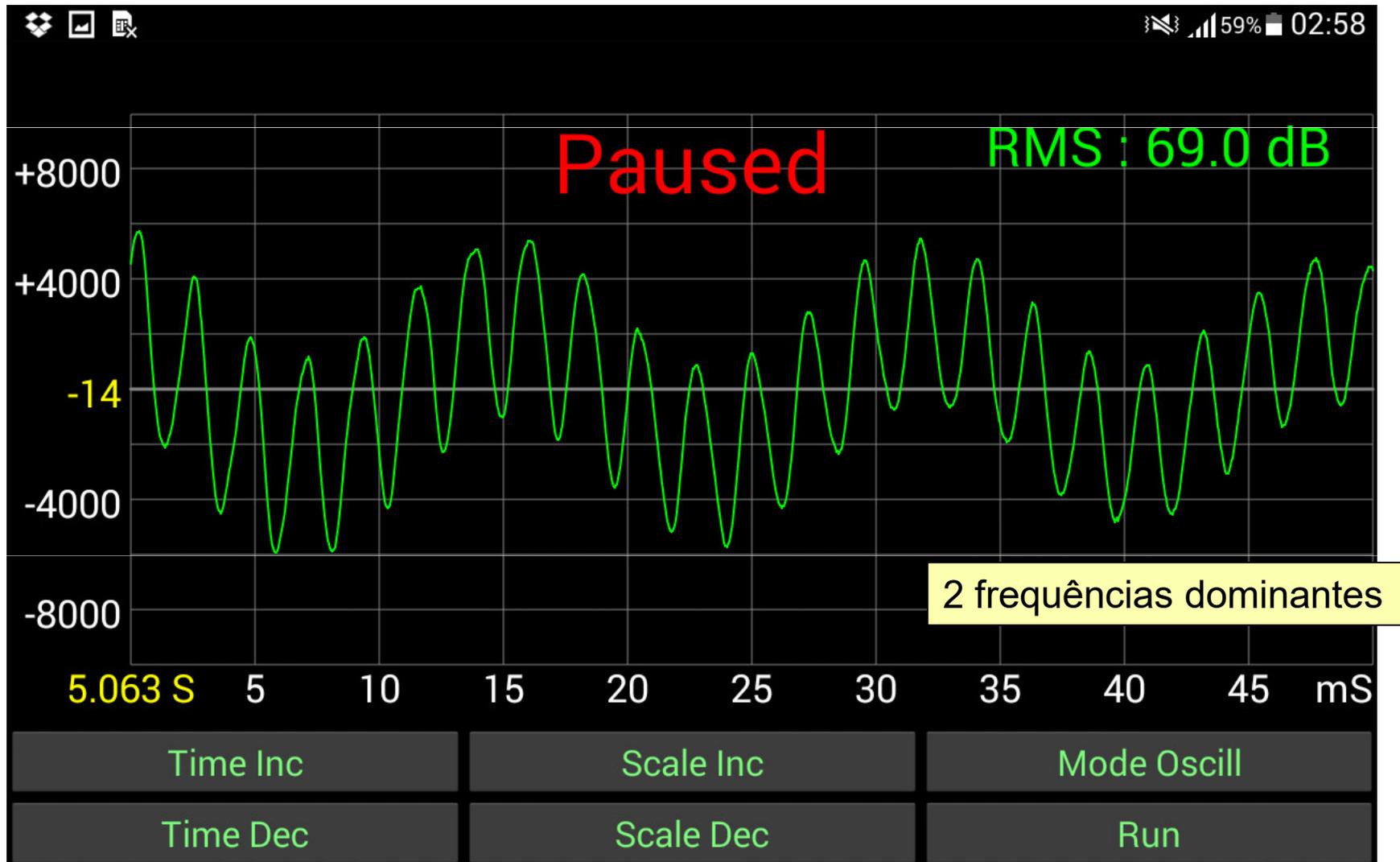
$$f_n = \frac{c}{4L} (2n - 1)$$

$$f_1 = 415 \text{ Hz}$$

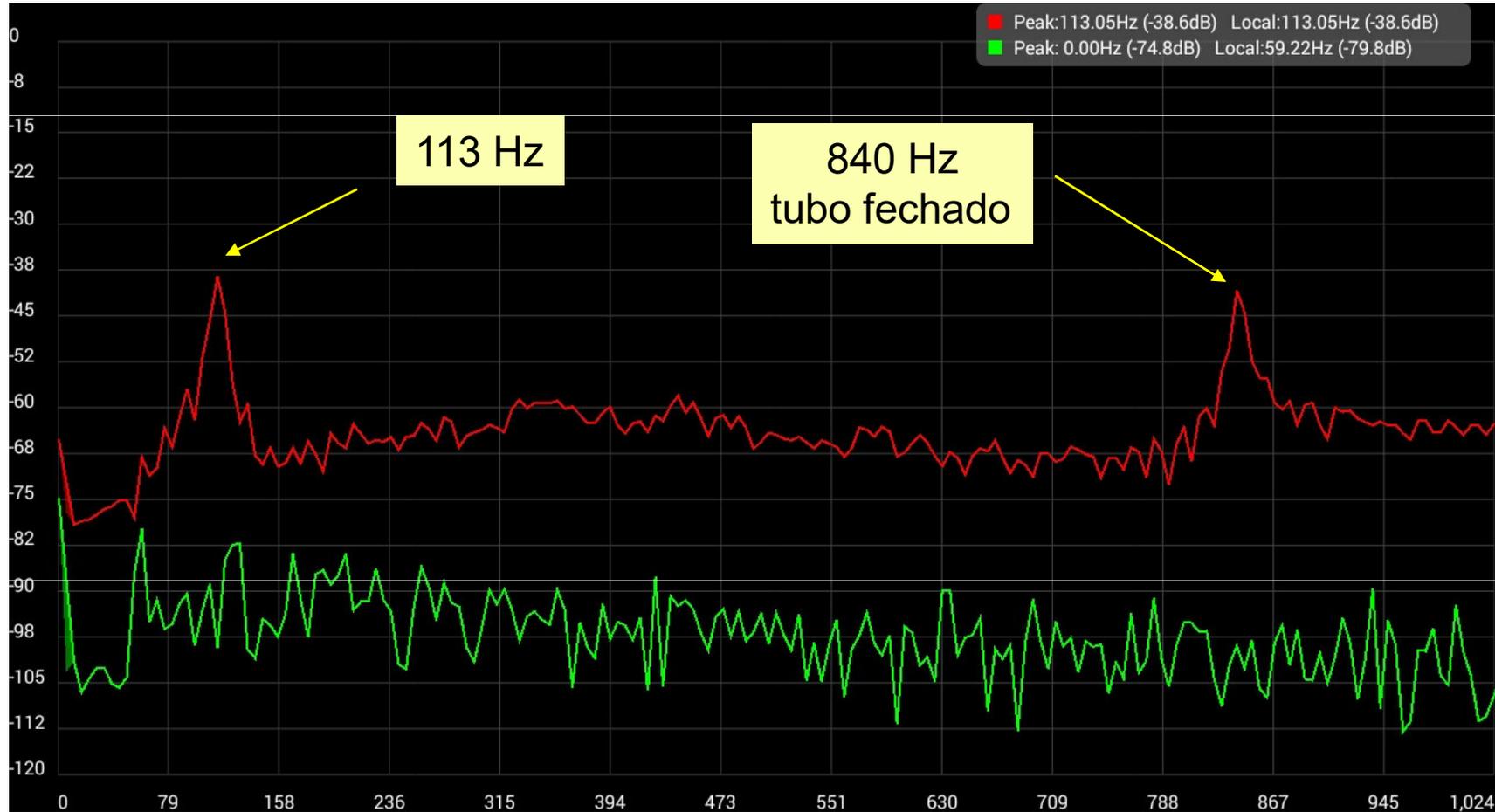
Batida no fundo da garrafa



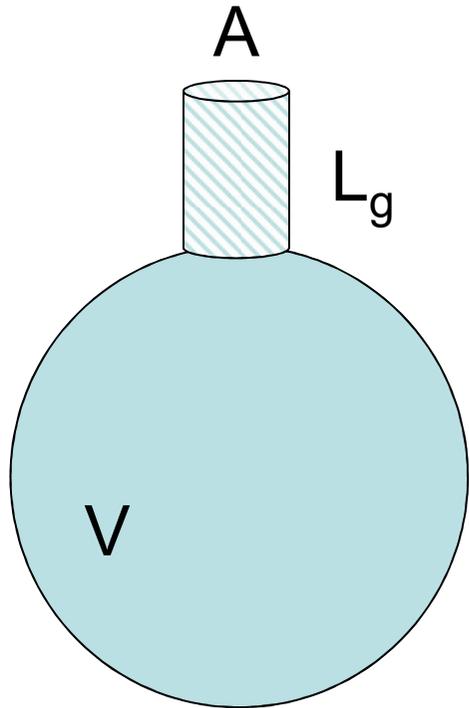
Batida no fundo da garrafa (zoom)



Espectro sonoro



Ressonância de Helmholtz



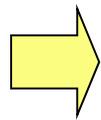
ar na garrafa:

“mola” com $k = \gamma P A^2 / V$

ar no gargalo:

“massa” com $m = \rho A L_g$

$$\Rightarrow f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$



$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{L_g V}}$$

velocidade do som:

$$c = \sqrt{\gamma P / \rho}$$

Ressonância de Helmholtz

c = velocidade do som = 344 m/s

A = área do gargalo = $\pi \times (\text{raio do gargalo})^2 = 2,54 \text{ cm}^2$

$L_{\text{ef}} = L_g + \delta L$ = comprimento efetivo do gargalo

L_g = comprimento do gargalo = 7,5 cm

δL = correção de borda = $1.5 \times (\text{raio do gargalo}) = 1,35 \text{ cm}$

V_0 = volume do corpo da garrafa = 750 ml

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{L_{\text{ef}} V_0}}$$



$$f_0 = 107 \text{ Hz}$$

o som dominante na garrafa é o da ressonância de Helmholtz

O giroscópio

- Mede as componentes X, Y, Z da velocidade angular em rad/s.
- Intervalo de medida: ± 30 rad/s em cada eixo.
- Mais estável que o acelerômetro (menos sensível a ruídos).

A ponte de Tacoma

CHAPTER 13 Oscillatory Motion



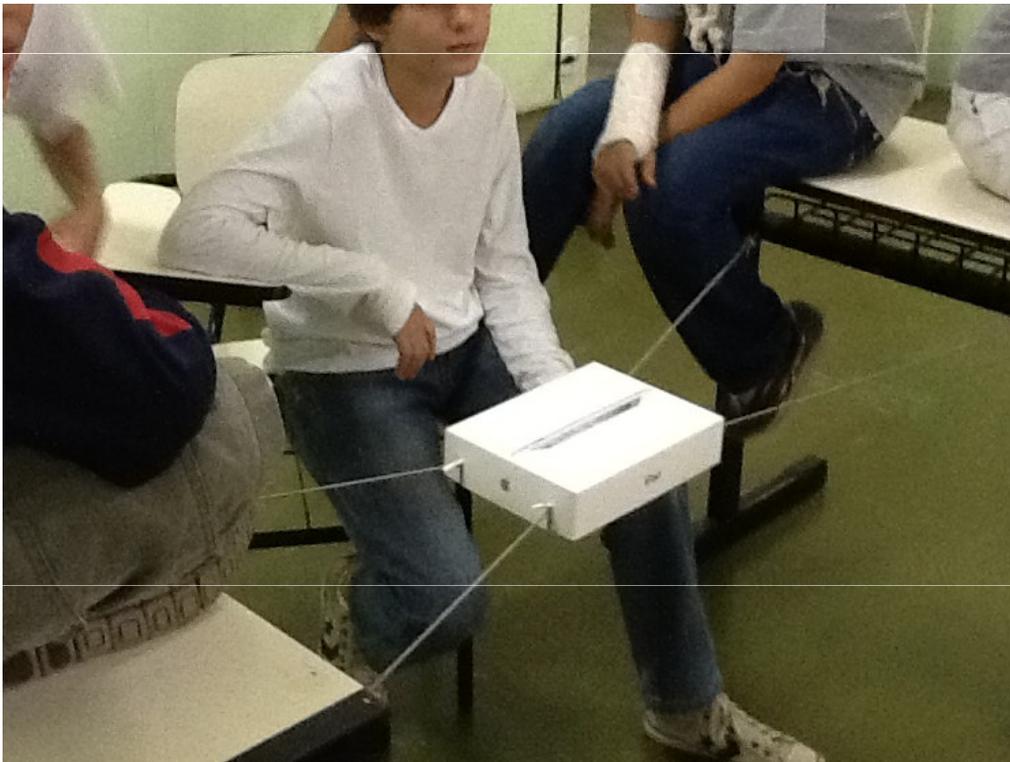
(a)



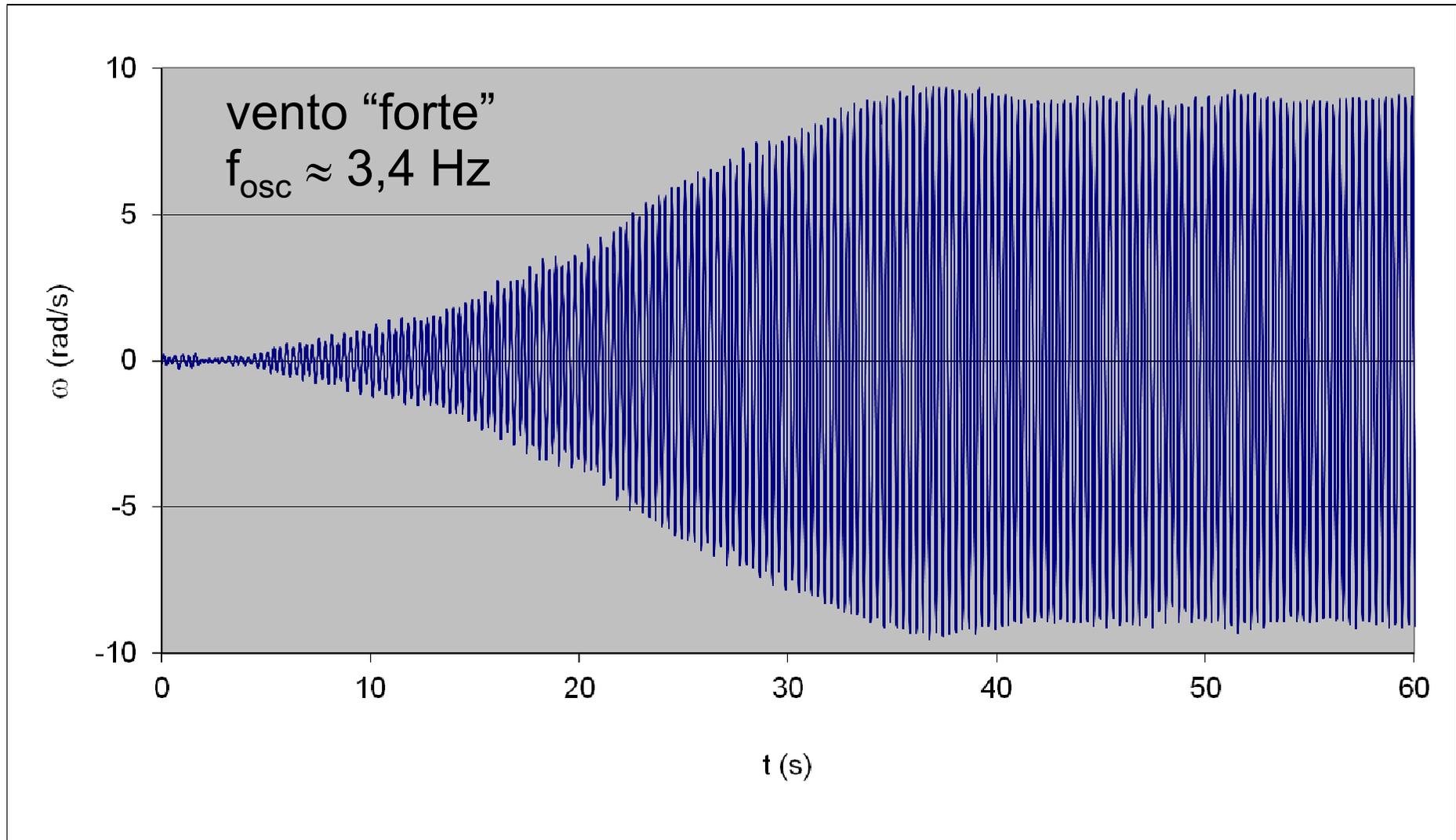
(b)

Figure 13.23 (a) In 1940 turbulent winds set up torsional vibrations in the Tacoma Narrows Bridge, causing it to oscillate at a frequency near one of the natural frequencies of the bridge structure. (b) Once established, this resonance condition led to the bridge's collapse.

O *tablet* de Tacoma



O *tablet* de Tacoma



Ressonância?

Oscilador harmônico forçado: $F = -kx - bv + F_0 \cos(2\pi ft)$

Após algum tempo \Rightarrow movimento com frequência f e grande amplitude quando $f \approx f_0$ (a frequência natural)

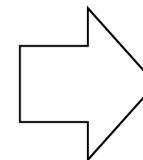
- frequência natural (medida com o giroscópio): $f_0 = 3,4$ Hz

- frequência de criação de vórtices: $f = St \frac{U}{D}$

- número de Strouhal: $St \sim 0,1$

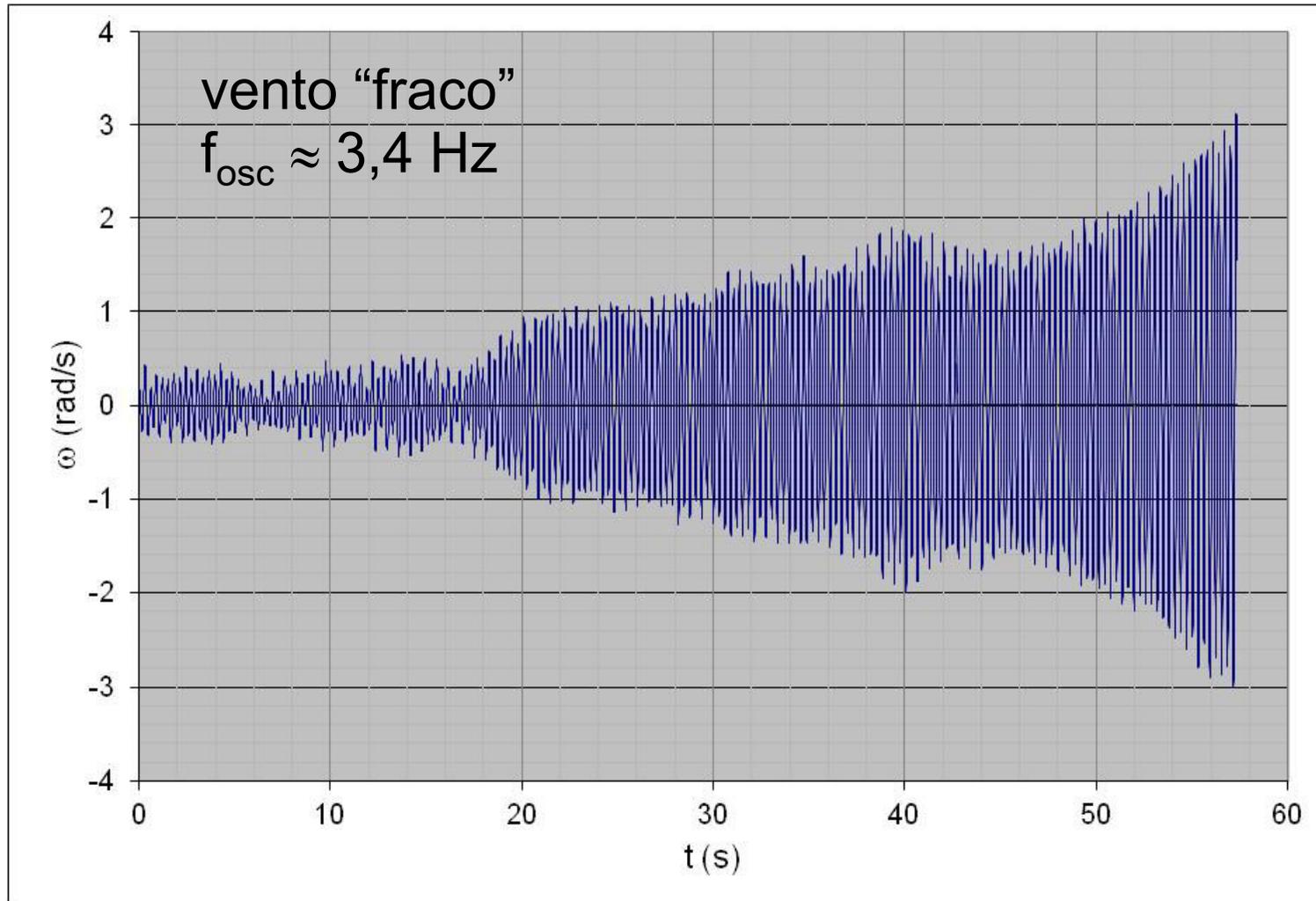
- velocidade de vento: $U \sim 1$ m/s

- altura da caixa: $D \sim 0,1$ m



$f \sim 1$ Hz

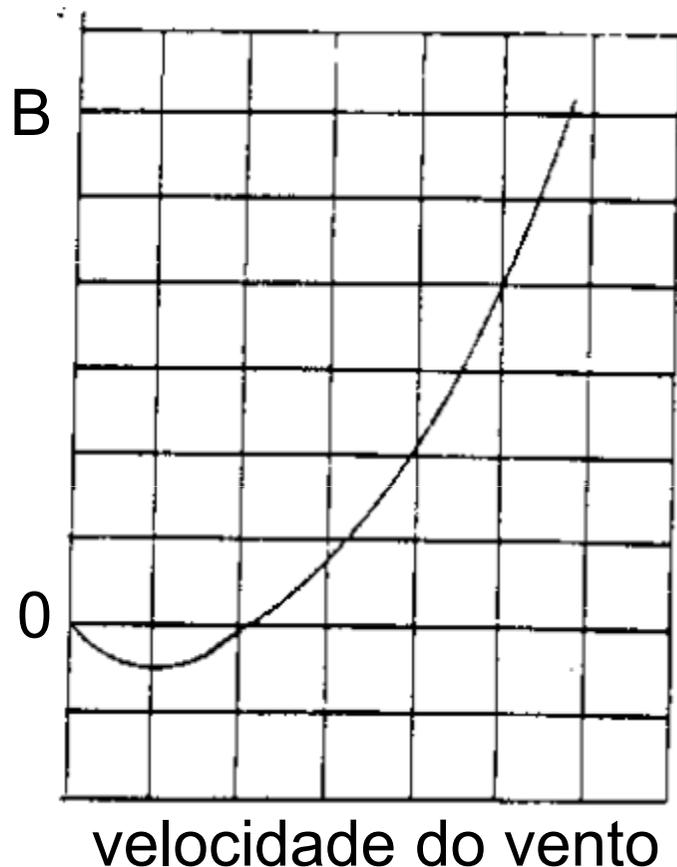
Ressonância?



Ressonância ou dissipação negativa?

Dissipação negativa:

$$F = -kx - bv + Bv = -kx + (B - b)v$$



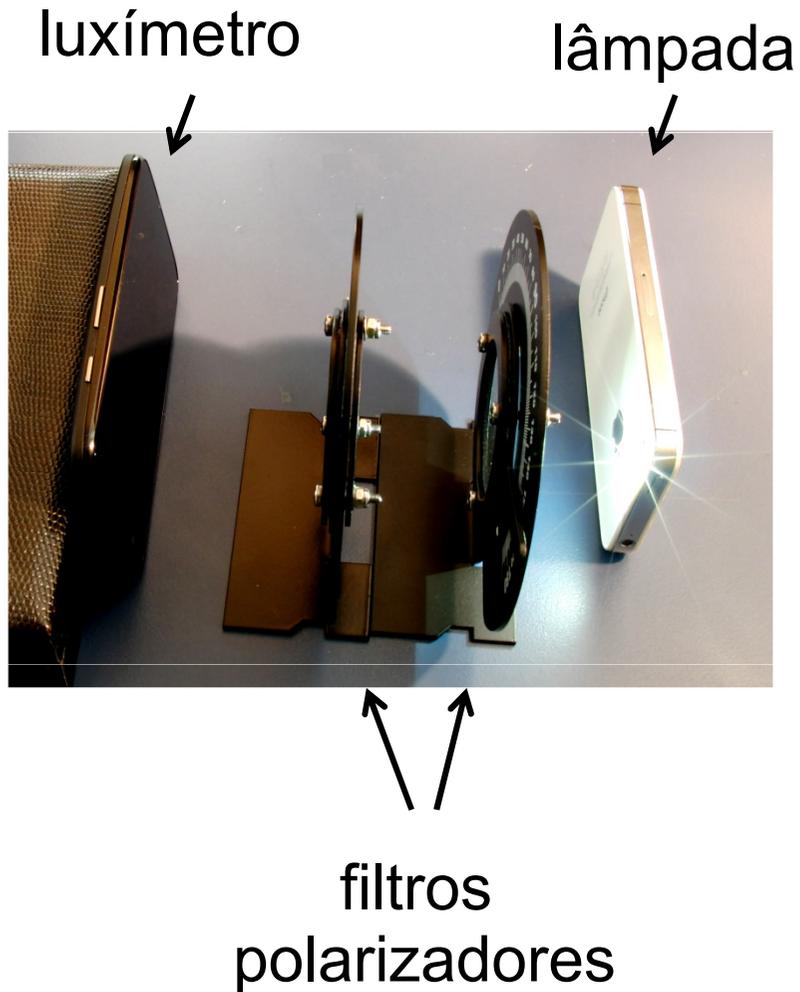
se $B > b$, a amplitude da oscilação aumenta exponencialmente

K. Y. Billah, R. H. Scanlan, *Resonance, Tacoma Narrows bridge failure and undergraduate physics textbooks*, Am. J. Phys. 59, 118 (1991)

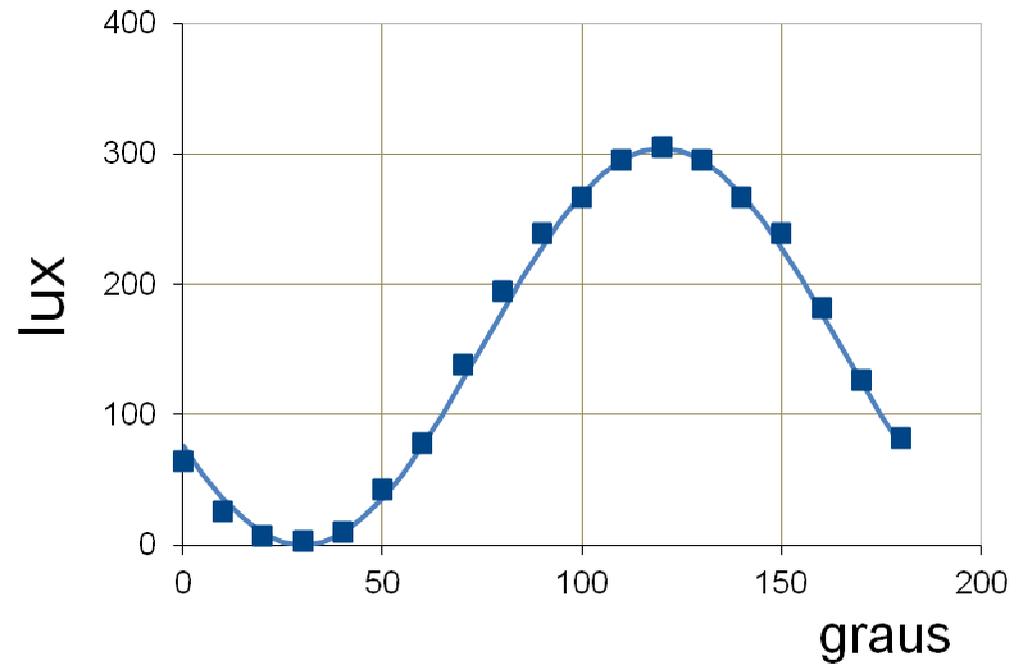
O luxímetro

- Mede a iluminância (fluxo de luz visível) sobre o *smartphone*.
- Unidade: lux
- Usado para controlar o brilho da tela do *smartphone*, economizando a carga da bateria.

Lei de Malus



$$I = I_0 \cos^2 \theta$$



Comentários finais

- *Tablets e smartphones* têm características que os tornam ótimos instrumentos para atividades experimentais:
 - bom poder de processamento e memória;
 - sensores em grande número e variedade;
 - portabilidade;
 - difusão entre os jovens.
- Esses dispositivos permitem realizar a coleta e apresentação de dados com excepcional rapidez e simplicidade, tornando possível a realização de experimentos em sala de aula e deixando tempo para discussão e interpretação dos resultados.

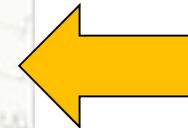
Comentários finais

- A resposta dos alunos às atividades realizadas e às discussões que as acompanharam foi muito positiva.
- Desenvolvemos e aplicamos em sala de aula experimentos que não foram relatados aqui e que tiveram como instrumento central um *tablet* ou *smartphone*.
- Trabalho em desenvolvimento:
 - ainda há muitos sensores e aplicações a explorar;
 - avaliação do impacto dessas atividades sobre a aprendizagem dos estudantes.

Mais detalhes



Maio/2016



Muito mais detalhes

Leonardo P. Vieira, *Experimentos de Física com Tablets e Smartphones*,
Dissertação de Mestrado em Ensino de Física, UFRJ, 2013.

Disponível, juntamente com roteiros didáticos e vídeos, em

http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes.html#2013