

Efeito Doppler

Apresentação, orientação e tarefa: fisicasp.com.br

Professor Caio – Física

Efeito Doppler

Consiste na frequência aparente do som percebida por um observador em virtude do movimento relativo entre a fonte e o observador.

Observador



Fonte

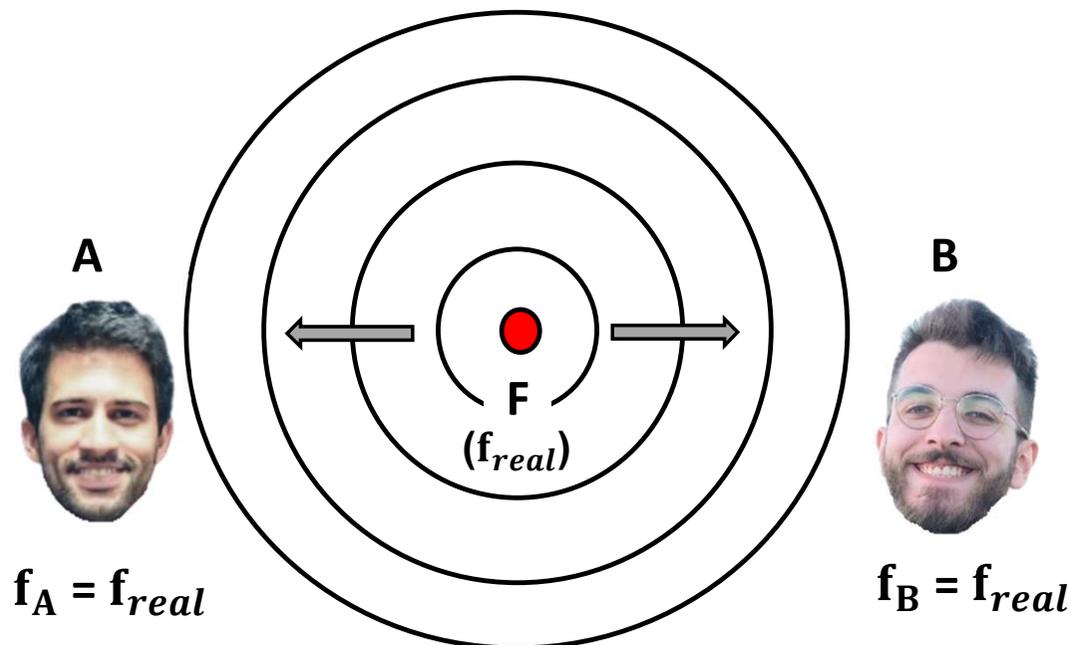


Efeito Doppler: abordagem qualitativa

<https://www.youtube.com/watch?v=MFwOHAKBIZo>

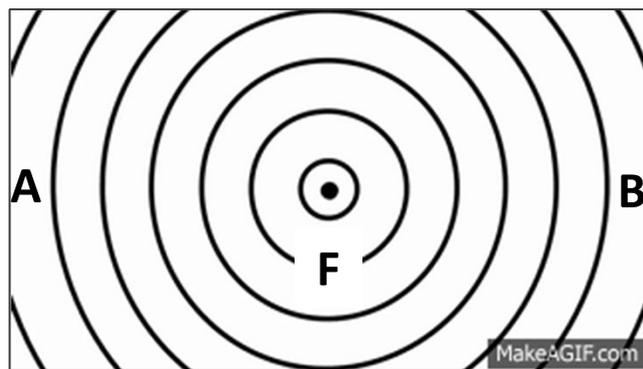
Fonte e observadores em repouso

$$v_{som} = \lambda_{real} \cdot f_{real}$$

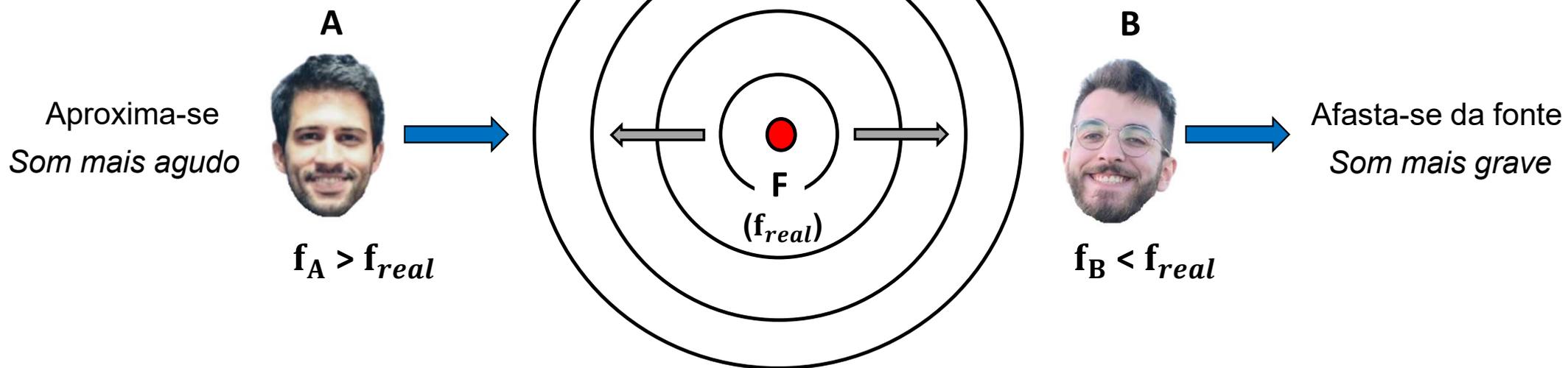
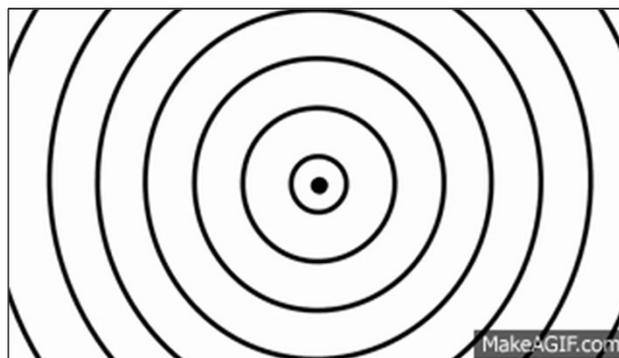


Os dois observadores percebem a mesma frequência ($f_A = f_B$). As frequências percebidas são iguais à frequência real das ondas emitidas pela fonte F (f_{real}).

$$f_A = f_B = f_{real}$$



Fonte em repouso e observadores em movimento



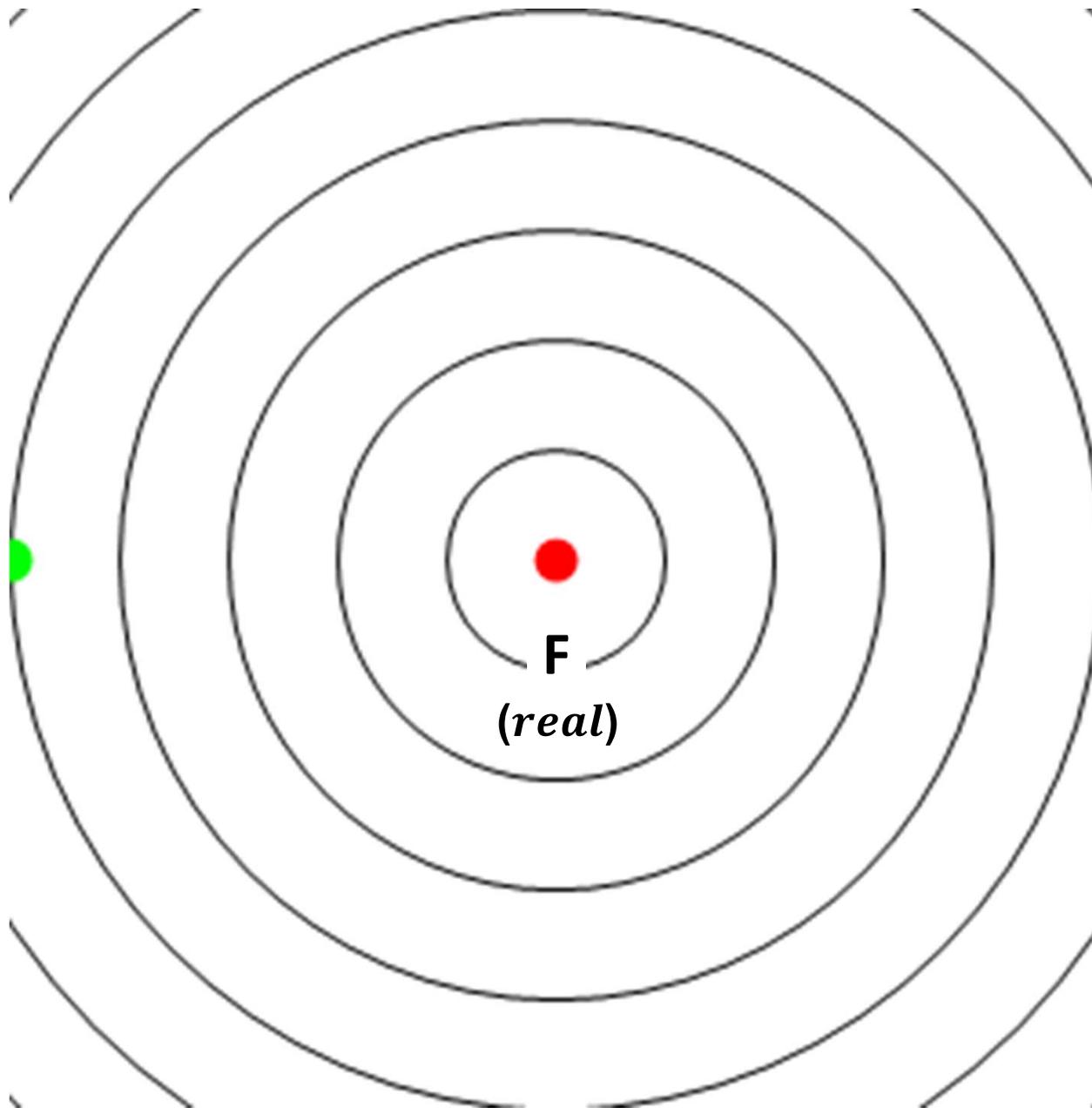
A



$$f_A > f_{real}$$

Aproxima-se da fonte

Som mais agudo



F
(real)

B

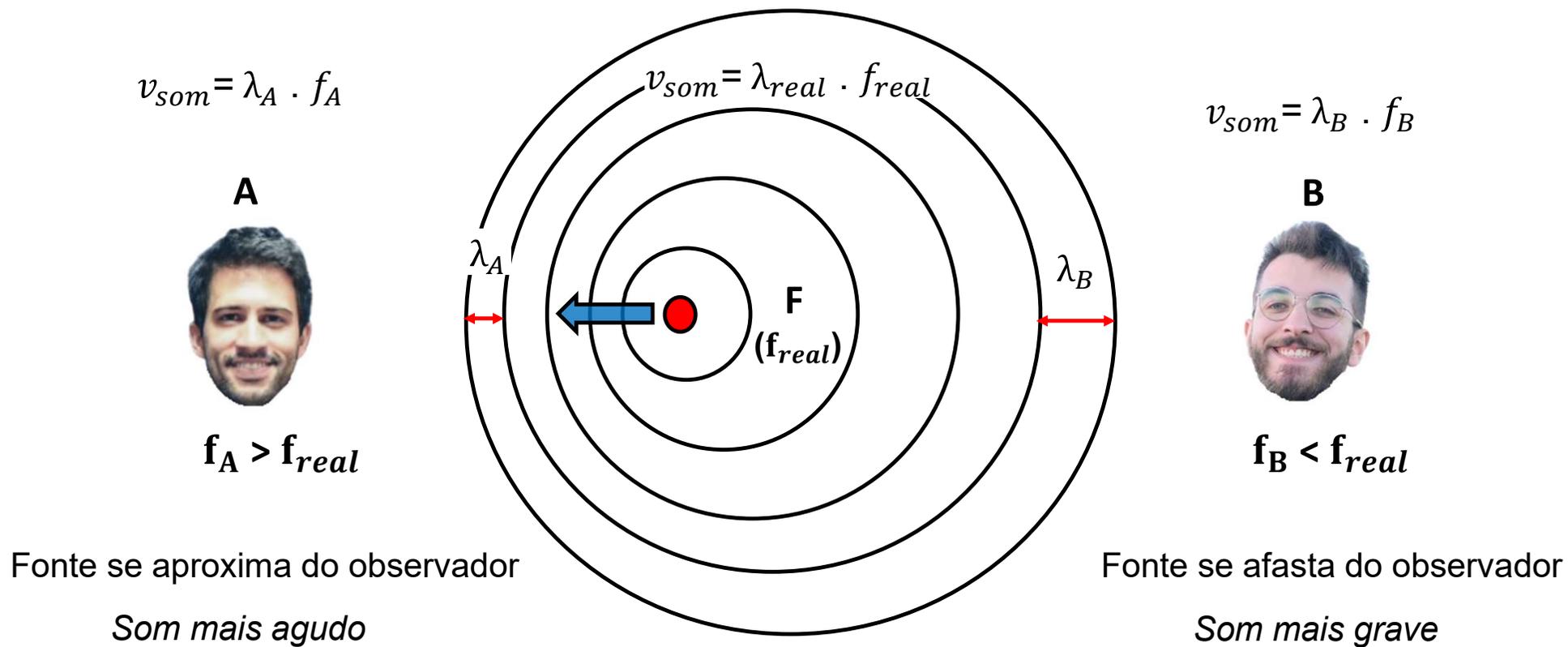


$$f_B < f_{real}$$

Afasta-se da fonte

Som mais grave

Fonte em movimento e observadores em repouso



A



$$f_A > f_{real}$$

Fonte se aproxima do observador

Som mais agudo

B



$$f_B < f_{real}$$

Fonte se afasta do observador

Som mais grave

A



$$f_A > f_{real}$$

Fonte se aproxima do observador

Som mais agudo

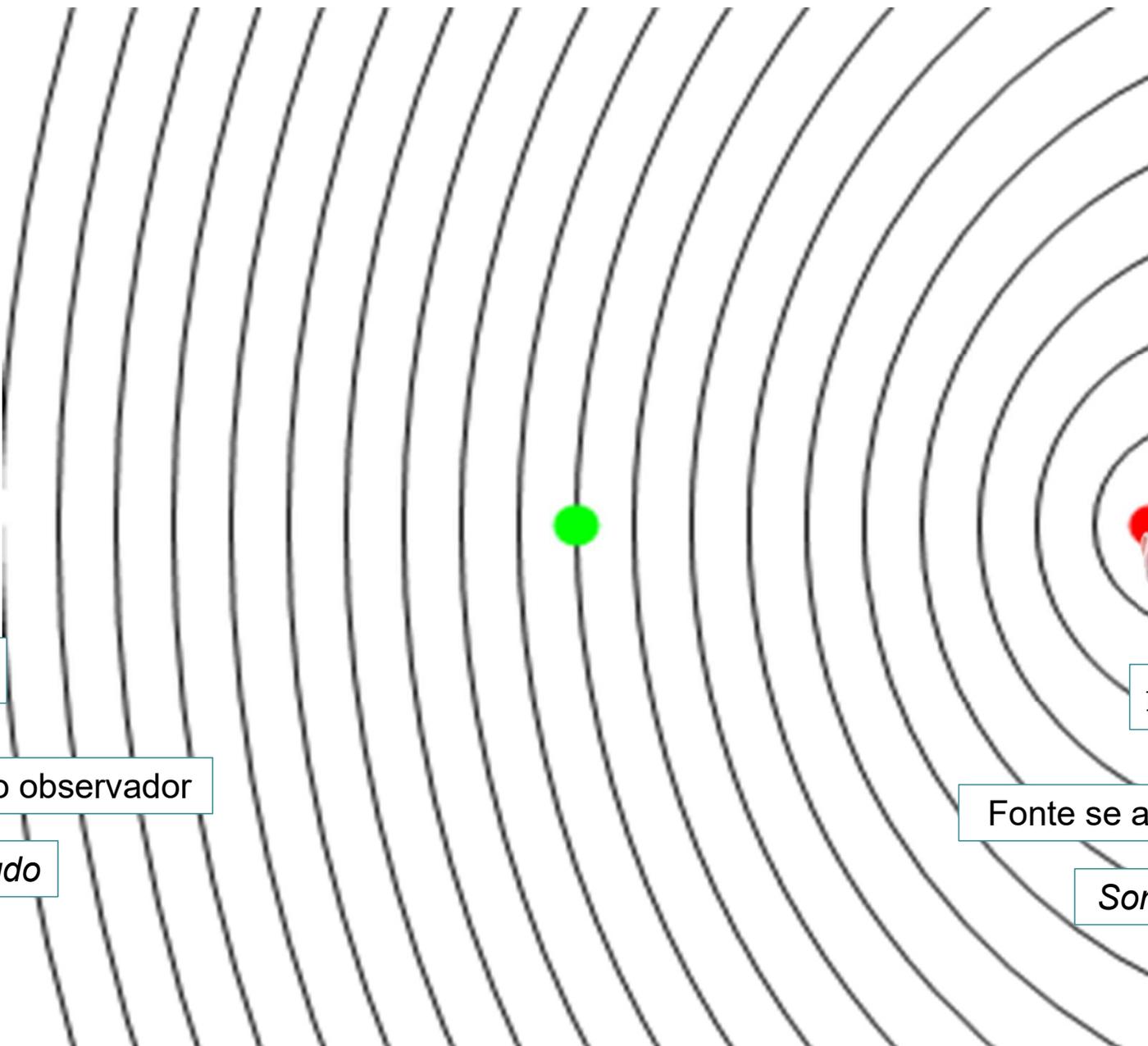
B



$$f_B < f_{real}$$

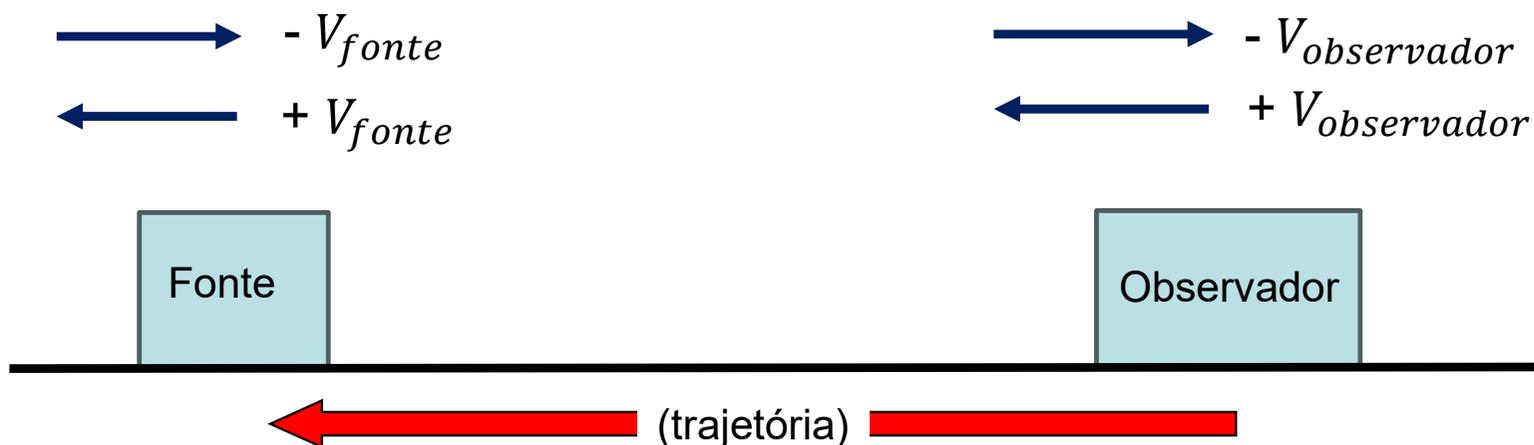
Fonte se afasta do observador

Som mais grave



Equação do efeito Doppler

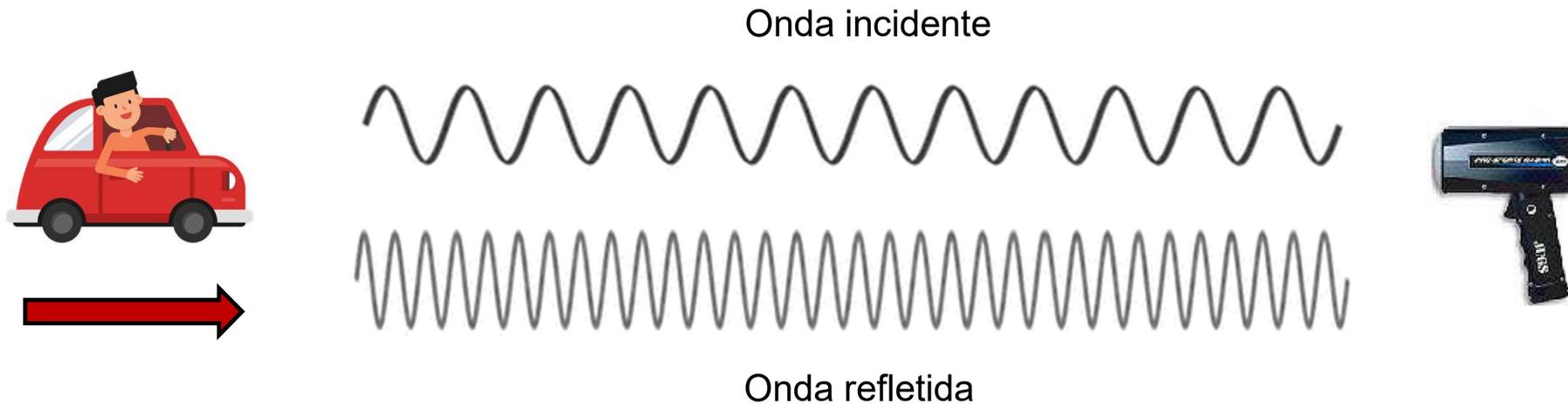
- A trajetória é obrigatoriamente orientada do observador para a fonte, não importando o movimento da fonte ou do observador.
- A velocidade do som no ar (v_{som}) não depende do movimento da fonte ou do observador.



$$f_{(\text{aparente})} = f_{(\text{real})} \cdot \left[\frac{v_{\text{som}} \pm v_{\text{obser}}}{v_{\text{som}} \pm v_{\text{fonte}}} \right]$$

Efeito Doppler: exemplos

Radar

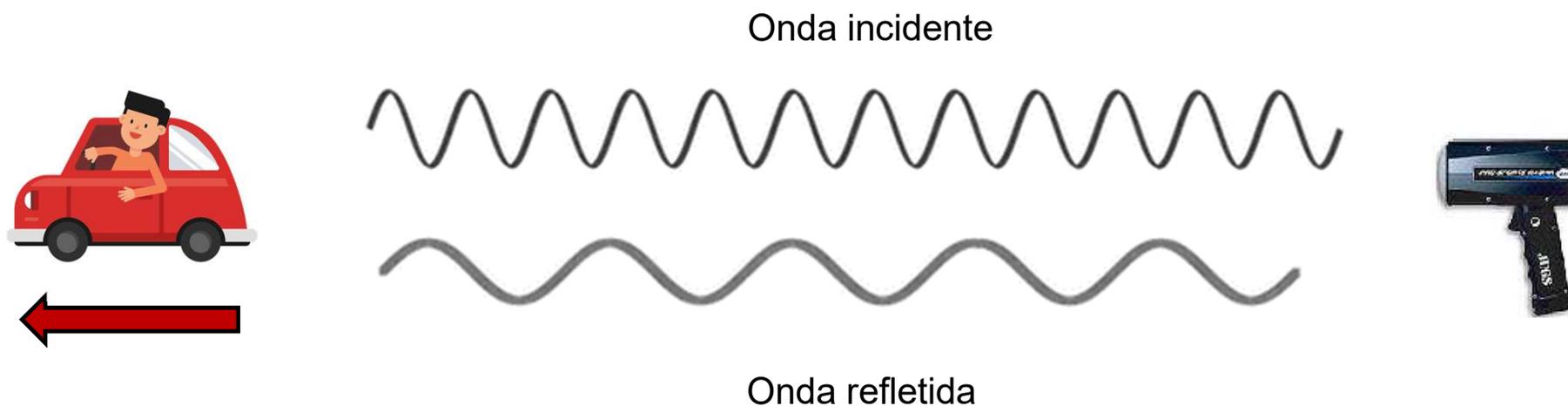


- O radar emite micro-ondas de frequência conhecida (f_{real}).
- Quando o carro se aproxima, a distância entre as frentes de onda refletidas por ele é menor do que a distância entre as frentes de onda emitidas pelo radar.
- A frequência captada pelo radar é maior do que a frequência emitida pelo radar.
- O comprimento de onda captado pelo radar é menor do que o comprimento de onda emitido pelo radar.
- A partir da diferença entre a frequência emitida e captada, é possível calcular a velocidade do carro.

Radar

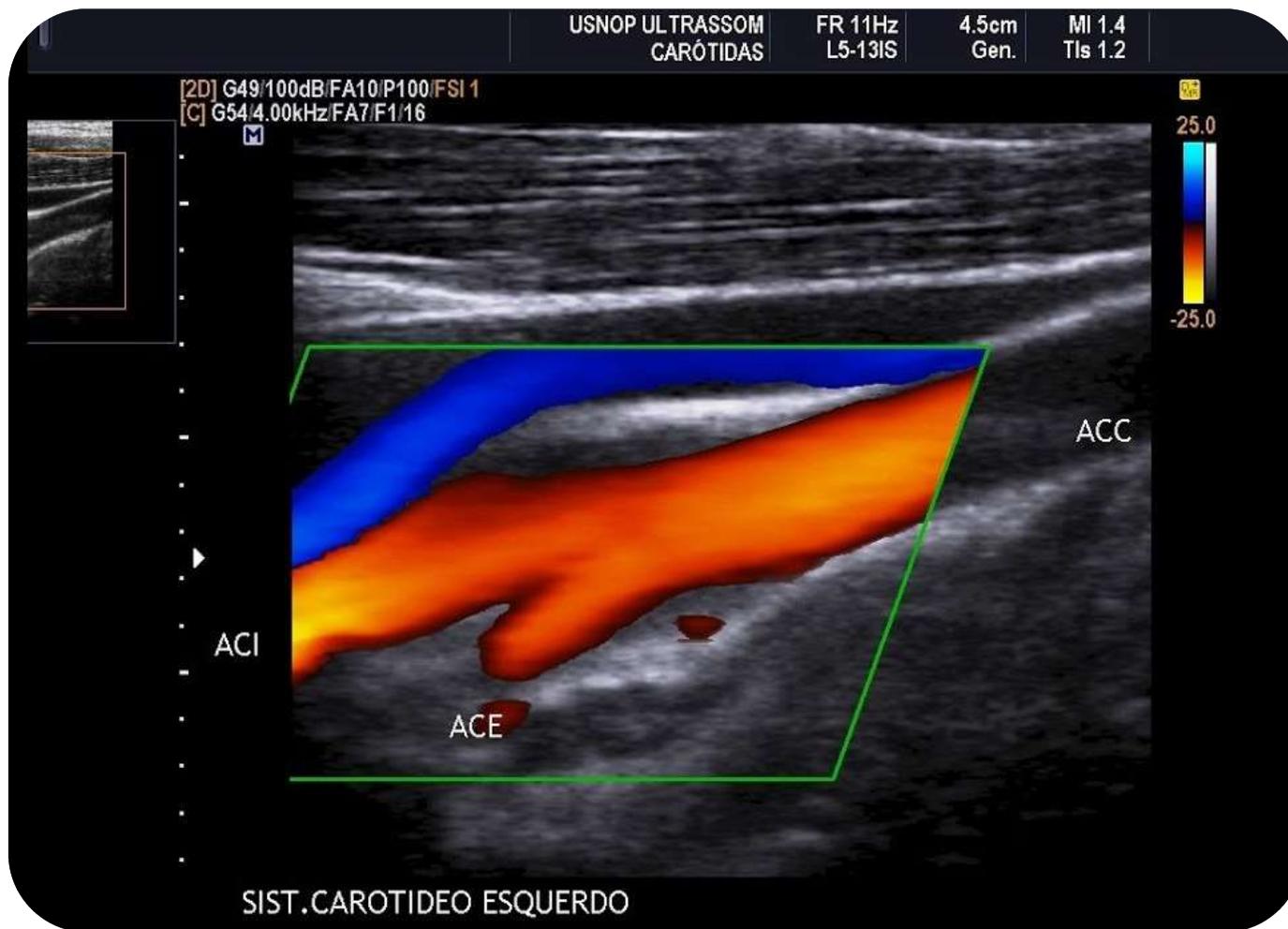


Radar



- O radar emite micro-ondas de frequência conhecida (f_{real}).
- Quando o carro se afasta, a distância entre as frentes de onda refletidas por ele é maior do que a distância entre as frentes de onda emitidas pelo radar.
- A frequência captada pelo radar é menor do que a frequência emitida pelo radar.
- O comprimento de onda captado pelo radar é maior do que o comprimento de onda emitido pelo radar.
- A partir da diferença entre a frequência emitida e captada, é possível calcular a velocidade do carro.

Ultrassonografia com efeito Doppler



Na ultrassonografia com efeito Doppler existe uma fonte que emite ondas sonoras com frequência conhecida (f_{real}).

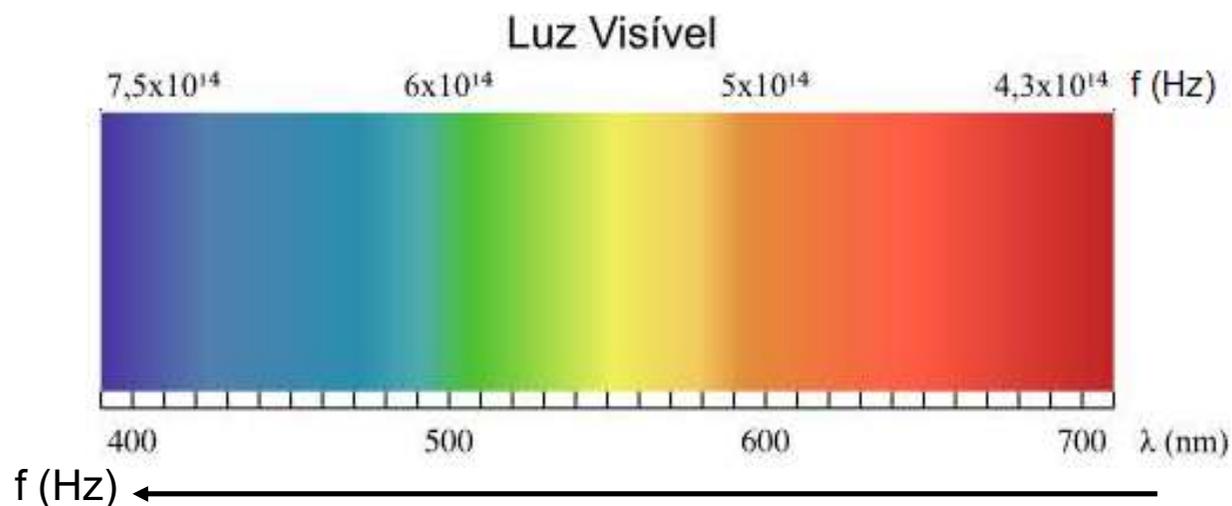
As ondas sonoras são refletidas pelas células do sangue e suas frequências são diferentes da frequência original emitida.

A partir da diferença entre a frequência emitida e captada é possível calcular a velocidade do fluxo sanguíneo.

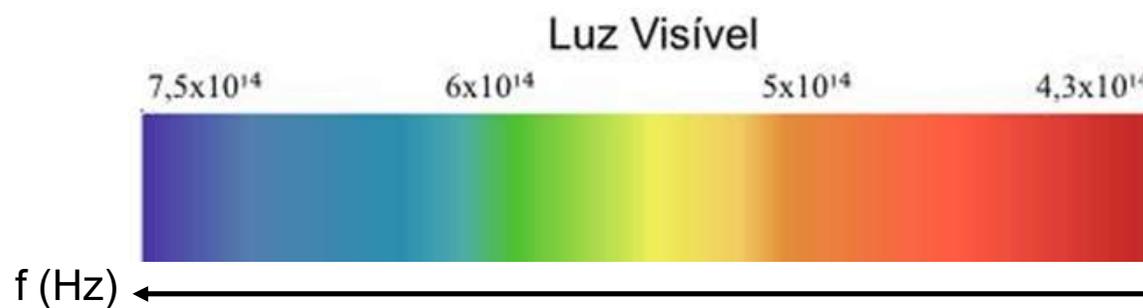
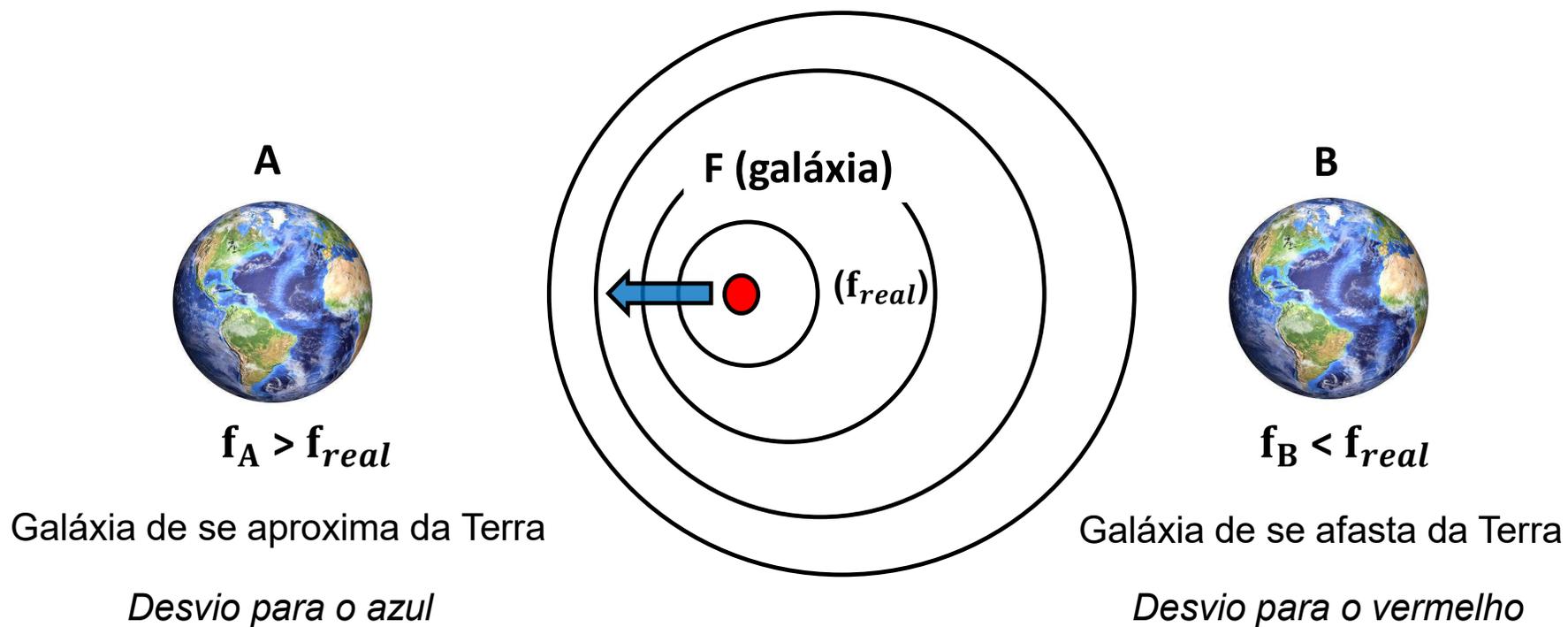
Desvio para o azul e desvio para o vermelho (blue shift e red shift)

Quando uma galáxia (fonte) se afasta de um observador na Terra, a frequência percebida pelo observador é menor do que a frequência original da radiação emitida (f_{real}) pela galáxia. Analisando o espectro visível, verifica-se que a luz percebida pelo observador é mais avermelhada do que seria se a galáxia estivesse em repouso em relação a ele. Esse mesmo efeito ocorre para as demais radiações.

Por outro lado, se a galáxia (fonte) se aproxima do observador na Terra, a frequência percebida pelo observador é maior do que a frequência original da radiação emitida (f_{real}) pela galáxia. Analisando o espectro visível, verifica-se que a luz percebida pelo observador é mais azulada do que seria se a galáxia estivesse em repouso em relação a ele.



Desvio para o azul e desvio para o vermelho (blue shift e red shift)

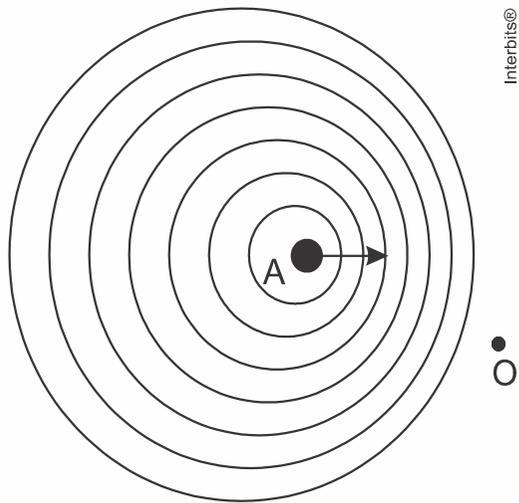


Exercícios

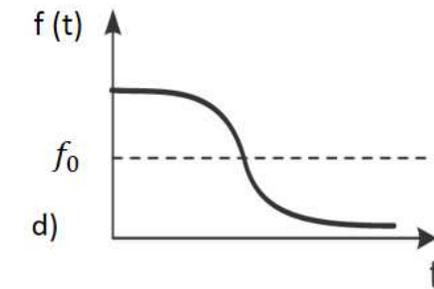
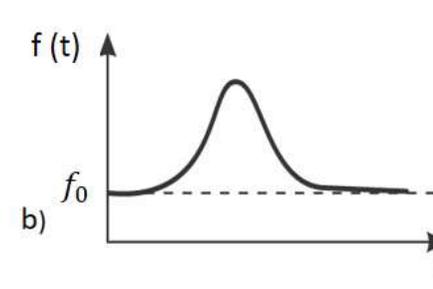
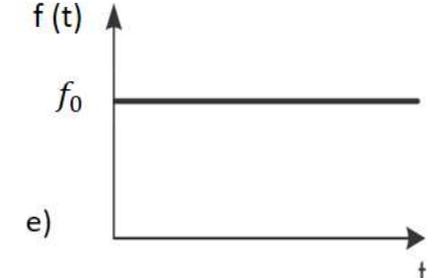
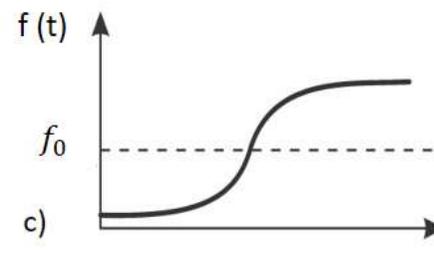
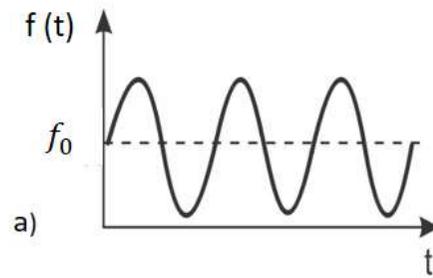
(Enem 2016) Uma ambulância em movimento retilíneo e uniforme aproxima-se de um observador em repouso. A sirene emite um som de frequência constante f_0 . O desenho ilustra as frentes de onda do som emitido pela ambulância.

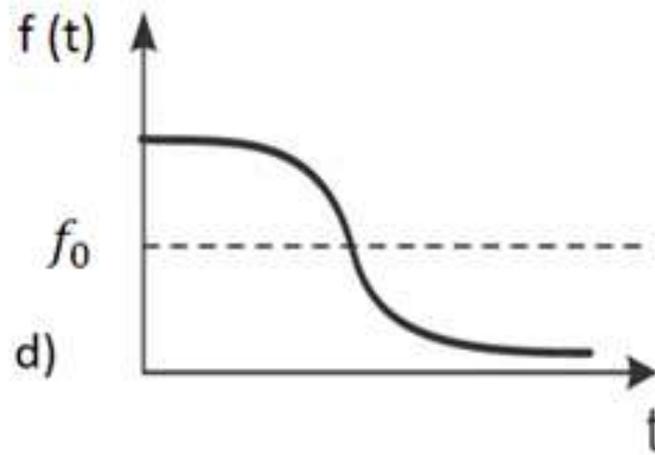
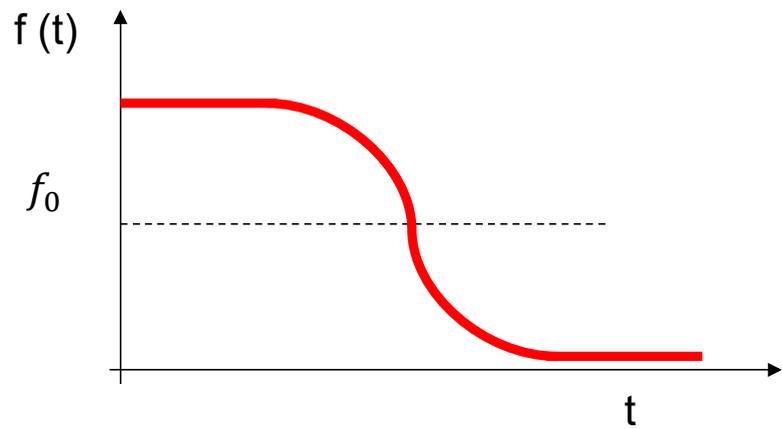
O observador possui um detector que consegue registrar, no esboço de um gráfico, a frequência da onda sonora detectada em função do tempo $f(t)$ antes e depois da passagem da ambulância por ele.

Qual esboço gráfico representa a frequência detectada pelo observador?



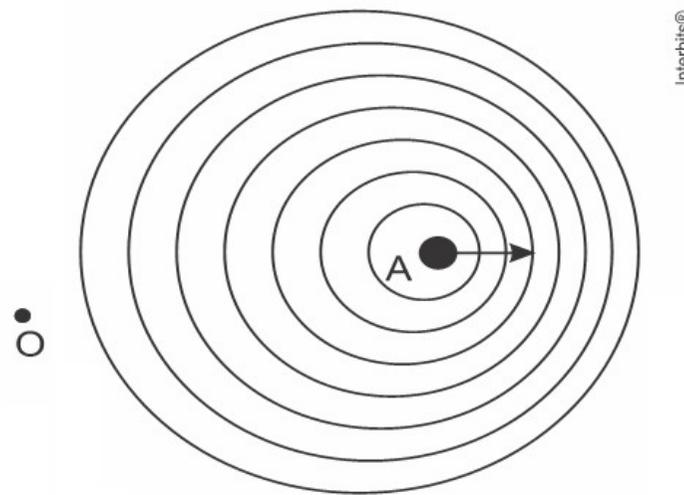
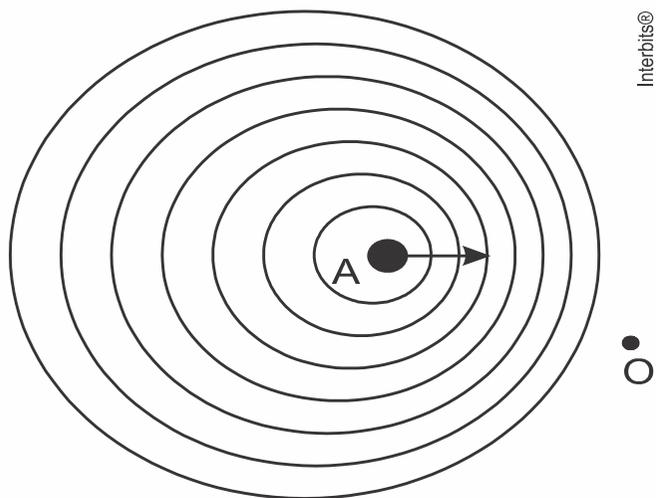
Interbits®





Antes

Depois

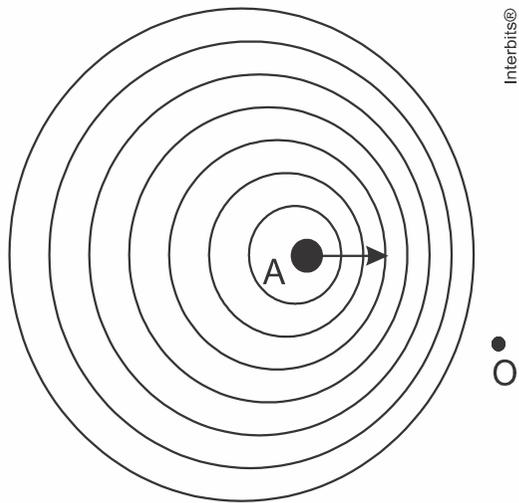


Interbits®

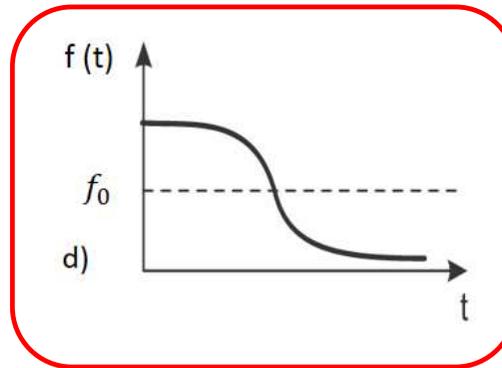
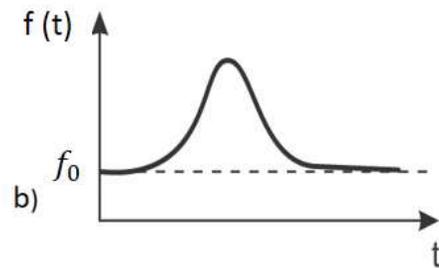
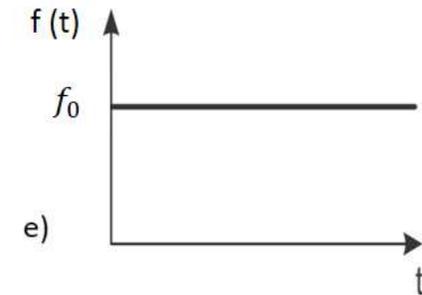
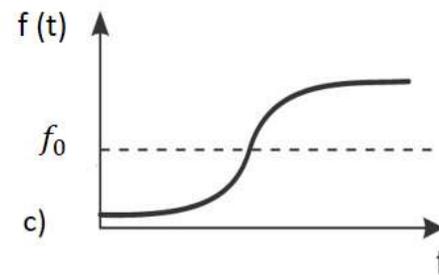
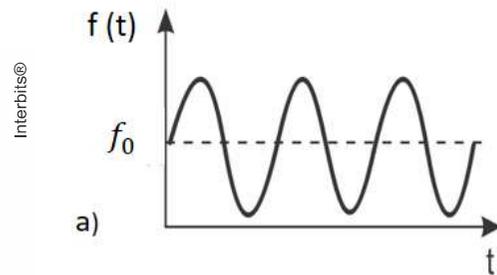
Interbits®

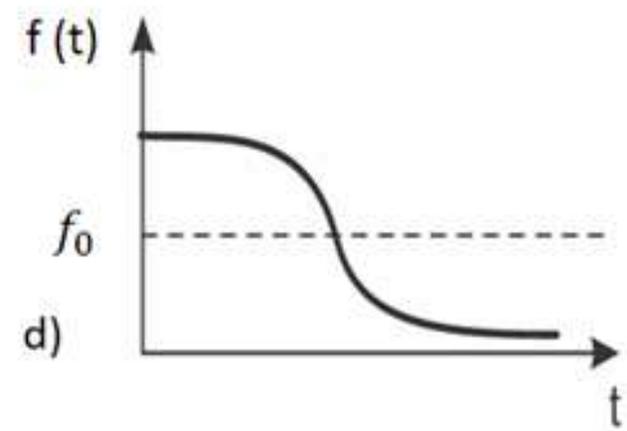
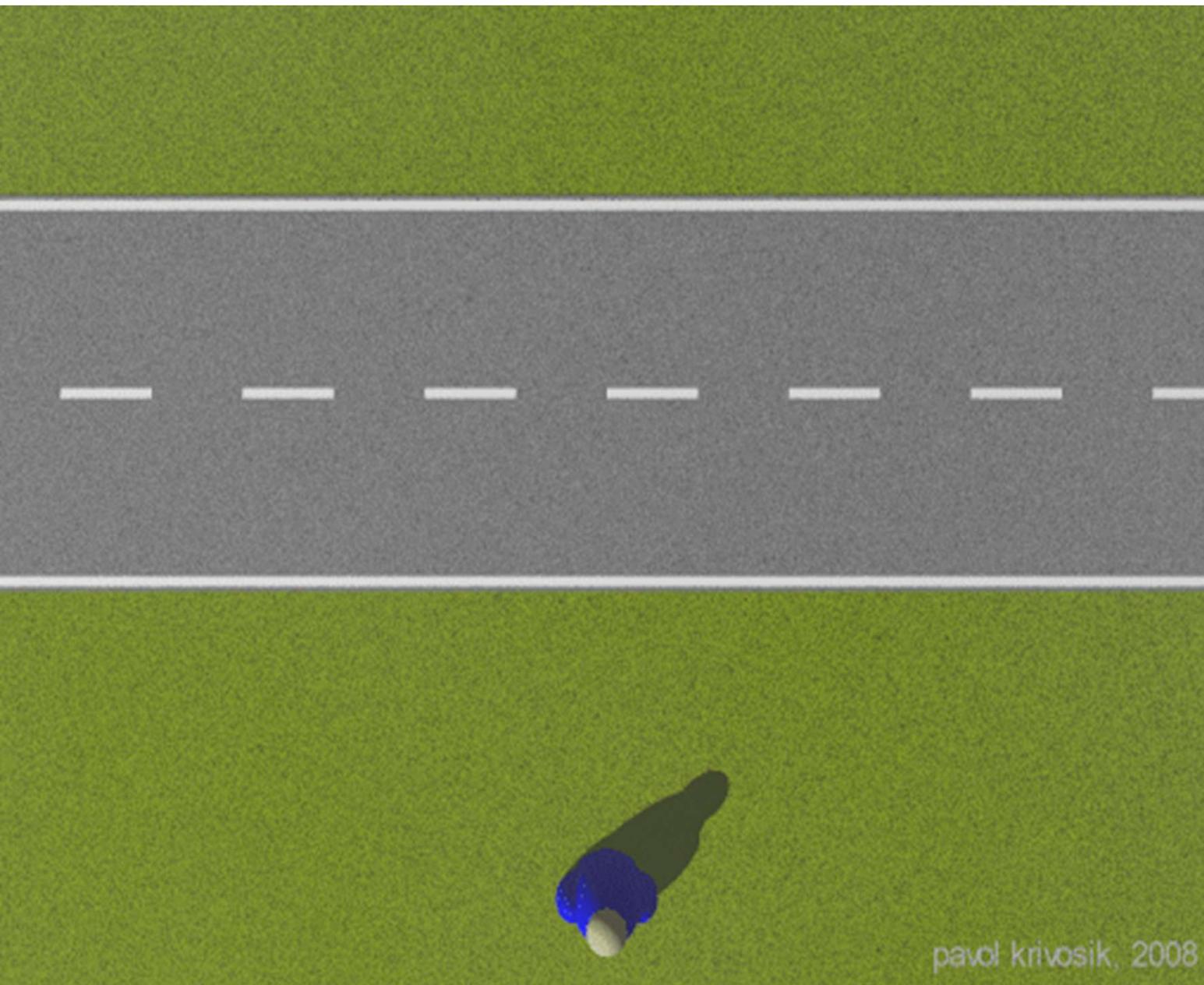
(Enem 2016) Uma ambulância em movimento retilíneo e uniforme aproxima-se de um observador em repouso. A sirene emite um som de frequência constante f_0 . O desenho ilustra as frentes de onda do som emitido pela ambulância.

O observador possui um detector que consegue registrar, no esboço de um gráfico, a frequência da onda sonora detectada em função do tempo $f(t)$ antes e depois da passagem da ambulância por ele.



Qual esboço gráfico representa a frequência $f(t)$ detectada pelo observador?





Revisão

Altura

Altura do som: característica associada à frequência

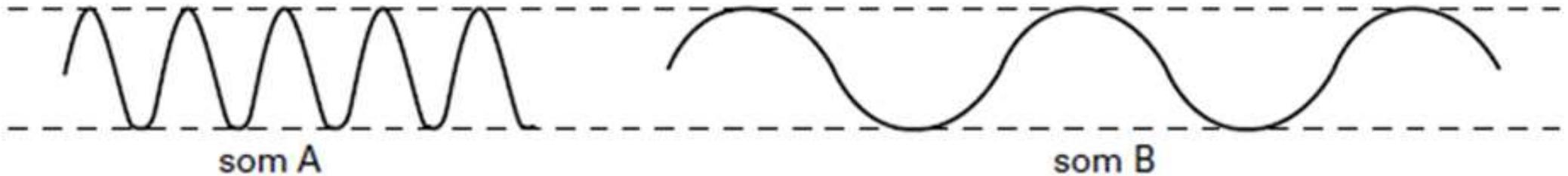
Som alto → alta frequência → som agudo

Som baixo → baixa frequência → som grave

A nota musical é
definida pela frequência

$$f_{l\acute{a}} = 440 \text{ Hz}$$

Exemplo:



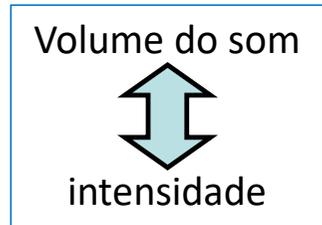
- $f_A > f_B$
- O som A é mais alto do que o som B
- O som A é mais agudo do que o som B

Intensidade

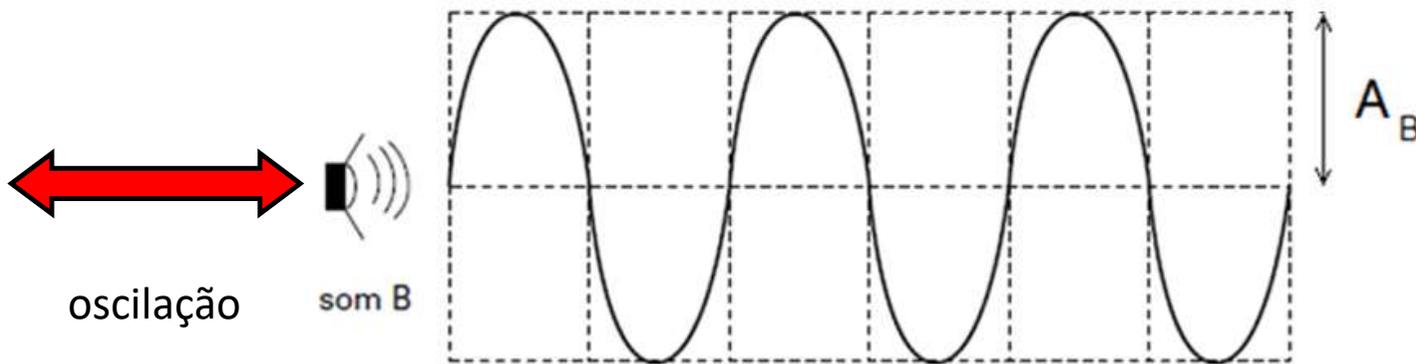
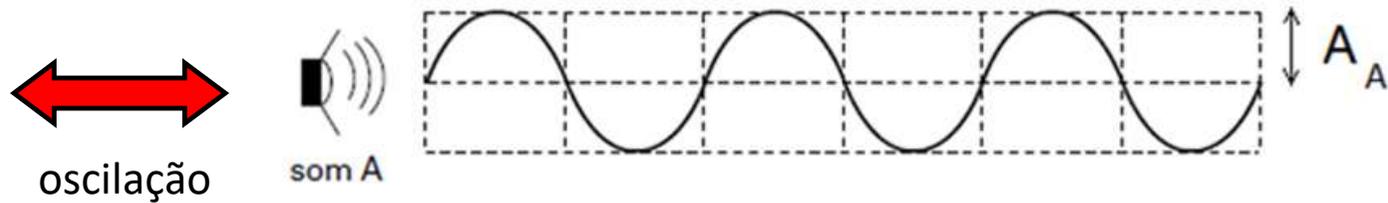
Intensidade do som: característica associada à amplitude

Som mais intenso → som forte → maior amplitude

Som menos intenso → som fraco → menor amplitude

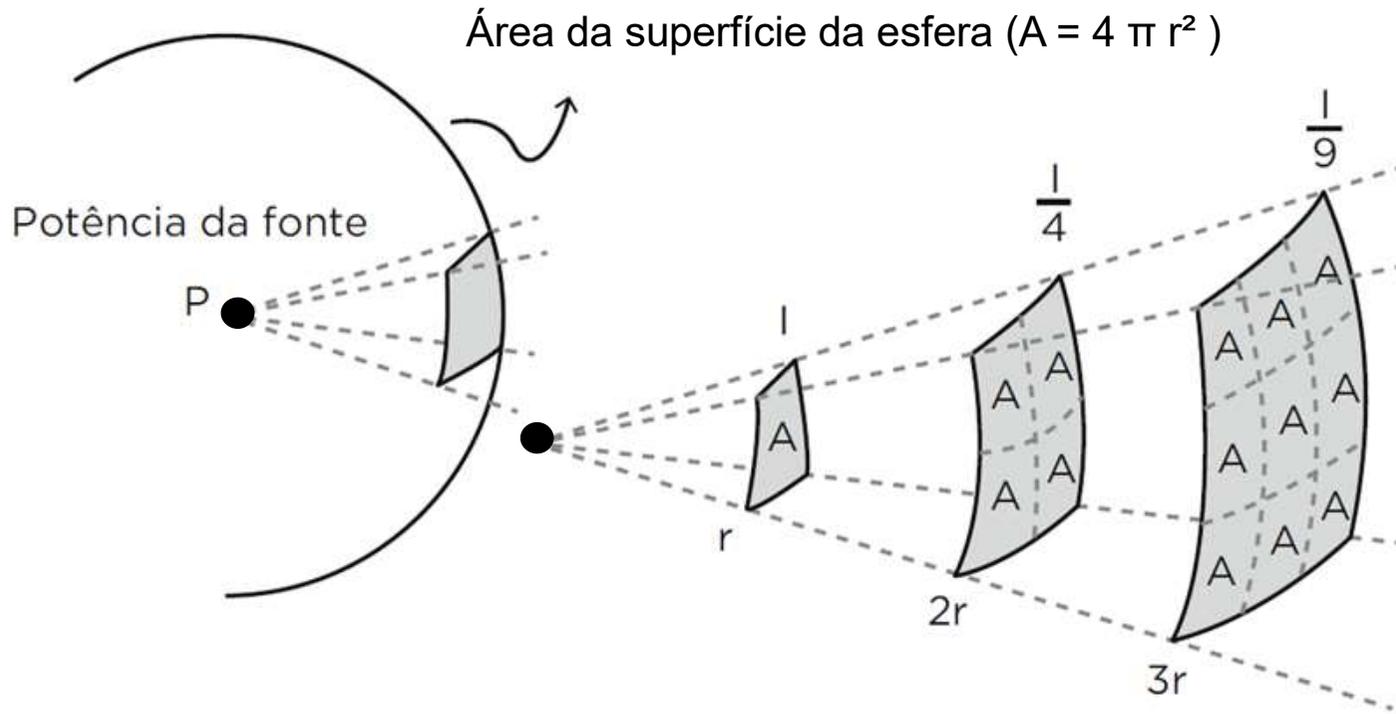


Exemplo:



- $A_B > A_A$
- O som B é mais intenso do que o som A
- O som B é mais forte do que o som A

Onda tridimensional e intensidade



$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2}$$