



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

Uma sequência de ensino-aprendizagem sobre a propagação do som

Sergio Tobias da Silva

&

Carlos Eduardo Aguiar

Material instrucional associado à dissertação de mestrado de Sergio Tobias da Silva, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro
2011

Uma Sequência de Ensino-Aprendizagem

Sobre a Propagação do Som

Este é o roteiro de uma sequência de ensino-aprendizagem sobre a propagação do som. Ela tem quatro unidades, que devem ser aplicadas em sequência e cujos temas são:

- I. A propagação (ou não) do som;
- II. A propagação de sons fortes e fracos;
- III. A propagação do som a pequenas e grandes distâncias;
- IV. A propagação do som em ambientes fechados e abertos.

Cada unidade tem três etapas. Na primeira, as concepções prévias dos alunos sobre o tema da unidade são identificadas, sistematizadas e discutidas a partir das respostas que eles dão a questões de múltipla escolha. Na segunda etapa, um experimento é realizado para por a teste as concepções apresentadas. A última etapa consiste numa discussão sobre a interpretação dos resultados experimentais e seu confronto com os conceitos expressos pelos alunos.

Cada unidade será abordada separadamente neste roteiro, com a apresentação das questões iniciais sobre as concepções dos alunos, dos experimentos que procuram testá-las, e dos principais pontos que devem ser tratados na discussão final.

Unidade I: A propagação (ou não) do som

O objetivo da primeira unidade é discutir de o som se propaga ou não. As concepções dos alunos sobre esse tema são avaliadas por duas questões. Na primeira (questão 1) pergunta-se o que acontece quando a buzina de um carro começa a soar. As opções de resposta contemplam a propagação com velocidade finita (A), a propagação instantânea (C) e uma situação intermediária, onde a intensidade do som cresce simultaneamente em todos os pontos (B). A segunda pergunta (questão 2) é sobre o que ocorre quando a buzina do carro para de soar. A opção (B) corresponde à propagação sonora com velocidade finita, na opção (A) o som ‘volta’ para o carro, em (D) o som se propaga instantaneamente e em (C) a intensidade diminui simultaneamente em todos os pontos. As duas questões estão apresentadas a seguir.

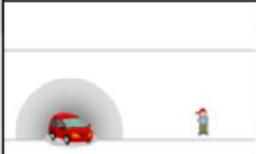
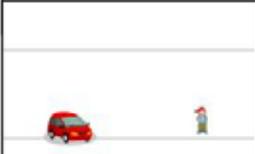
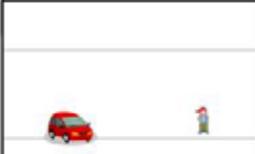
Questão 1

A buzina de um carro começa a soar de repente. Qual das situações apresentadas a seguir melhor descreve o som que é produzido? Quando o menino está na zona cinza ele pode ouvir o som.

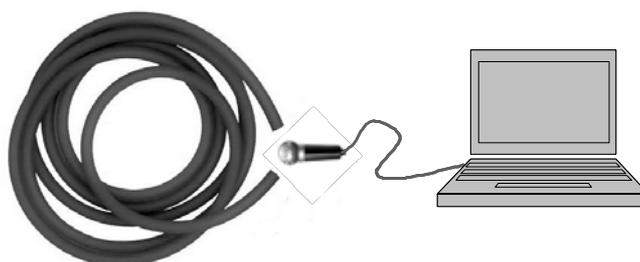
Opção A	Opção B	Opção C
		
		
		
		
		

Questão 2

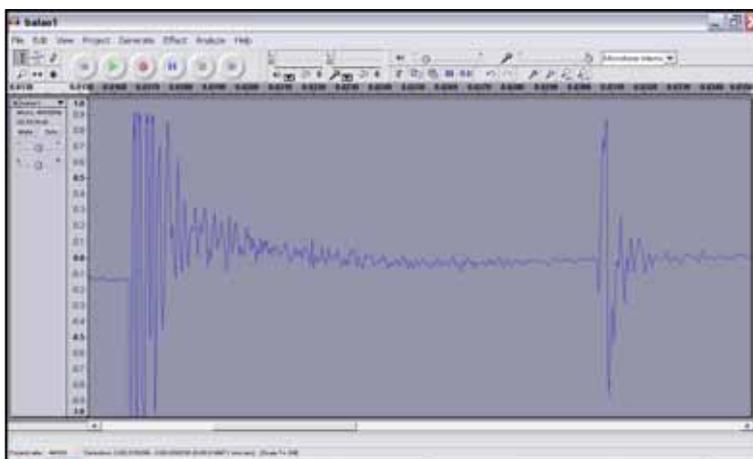
A buzina de um carro pára de soar de repente. Qual das situações apresentadas a seguir melhor descreve o desaparecimento do som? Quando o menino está na zona cinza ele pode ouvir o som.

Opção A	Opção B	Opção C	Opção D
			
			
			
			
			

O passo seguinte à apresentação das questões 1 e 2 aos alunos é a sistematização das respostas dadas por eles e sua discussão. O professor deve abster-se de dizer quais são as respostas corretas. Em vez disso ele deve propor um experimento para descobrir a melhor resposta às questões. Esse experimento é muito simples, e sua montagem está esquematizada na figura abaixo. O material é, basicamente, um tubo de borracha liso (um rugoso não serve) de comprimento entre 3 m e 5 m, um computador com placa de som e um microfone, arrumados como indica a figura.



Um pequeno balão de borracha (desses usados em festas de aniversário) bem cheio de ar é colocado em uma das extremidades do tubo, se possível na parte interna. O microfone é posicionado em um ponto equidistante das extremidades do tubo e o computador é colocado para gravar. A gravação deve ser realizada com um programa de edição de áudio, como o *Audacity*. Em seguida, estoure a bola com um alfinete e encerre a gravação. O editor de áudio deve estar mostrando uma figura com a gravação. Fazendo um *zoom* sobre a região correspondente ao ruído da explosão do balão, irá surgir um padrão semelhante ao que está mostrado na figura abaixo.



O primeiro pulso visto na figura (o mais intenso, à esquerda) corresponde ao som que atingiu diretamente o microfone, vindo do balão explodindo. O segundo pulso (o menos intenso, à direita) é o som que percorreu todo o tubo e saiu pela extremidade oposta, só então chegando ao microfone. O intervalo entre os dois pulsos é o tempo que o som levou para atravessar o tubo.

O professor deve ajudar os alunos a compreenderem a representação gráfica da onda sonora mostrada pelo editor de áudio, estabelecendo sua relação com o som que é captado pelo gravador. Em seguida ele deve solicitar aos alunos que interpretem o resultado do experimento e expliquem o que deve ter acontecido com o som emitido pelo balão. O passo seguinte é voltar ao questionário e pedir para que eles façam uma nova avaliação das suas respostas. A discussão deve ser centrada na verificação de quais das respostas são compatíveis ou incompatíveis com o resultado do experimento.

Finalmente, se todos concordarem que o som se propaga com velocidade finita, a velocidade do som no ar pode ser calculada dividindo o comprimento do tubo (que deve ser medido com cuidado) pelo tempo de percurso, obtido com o editor de áudio. É uma boa idéia medir a temperatura (e se possível a umidade do ar) durante a realização do experimento, de modo que o resultado da medida possa ser comparado com o valor esperado nessas condições. A seguinte tabela de valores de velocidade do som no ar em função da temperatura e da umidade relativa do ar pode ser útil para essa comparação.

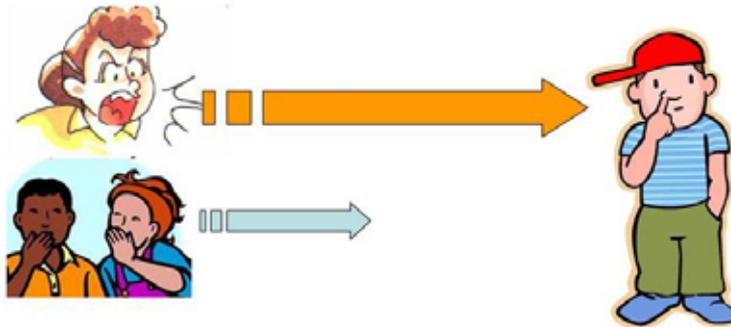
	10 °C	15 °C	20 °C	22 °C	25 °C	28 °C	30 °C
20%	337.59	340.61	343.61	344.82	346.62	348.42	349.62
25%	337.62	340.65	343.68	344.89	346.70	348.52	349.73
30%	337.66	340.70	343.74	344.96	346.79	348.62	349.85
35%	337.69	340.74	343.80	345.03	346.87	348.73	349.97
40%	337.72	340.79	343.87	345.10	346.96	348.83	350.08
45%	337.75	340.83	343.93	345.17	347.04	348.93	350.20
50%	337.79	340.88	343.99	345.24	347.13	349.03	350.31
55%	337.82	340.92	344.05	345.31	347.22	349.14	350.43
60%	337.85	340.97	344.12	345.38	347.30	349.24	350.55
65%	337.88	341.02	344.18	345.46	347.39	349.34	350.66
70%	337.91	341.06	344.24	345.53	347.47	349.45	350.78
75%	337.95	341.11	344.30	345.60	347.56	349.55	350.89
80%	337.98	341.15	344.37	345.67	347.65	349.65	351.01
85%	338.01	341.20	344.43	345.74	347.73	349.75	351.13
90%	338.04	341.24	344.49	345.81	347.82	349.86	351.24

Unidade II: A propagação de sons fortes e fracos

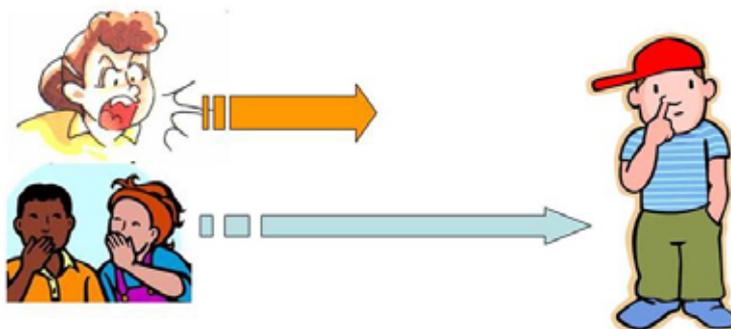
A segunda unidade investigar se um som forte viaja mais rápido que um fraco. A pergunta que inicia a unidade (questão 3) está mostrada abaixo.

Questão 3

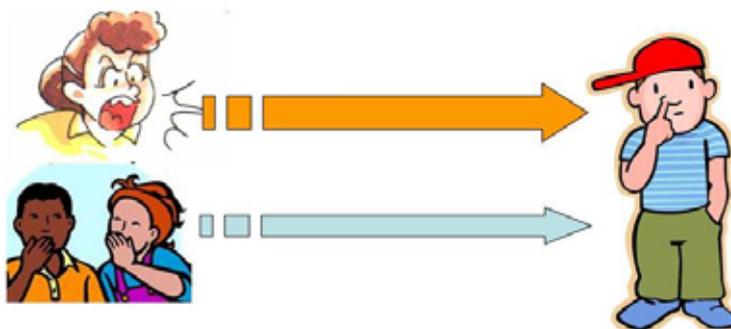
Um som forte e um som fraco (um grito e um cochicho) são produzidos no mesmo instante, à mesma distância do garoto. Qual dos dois sons ele escuta primeiro?



a) O som forte chega ao garoto antes do som fraco.

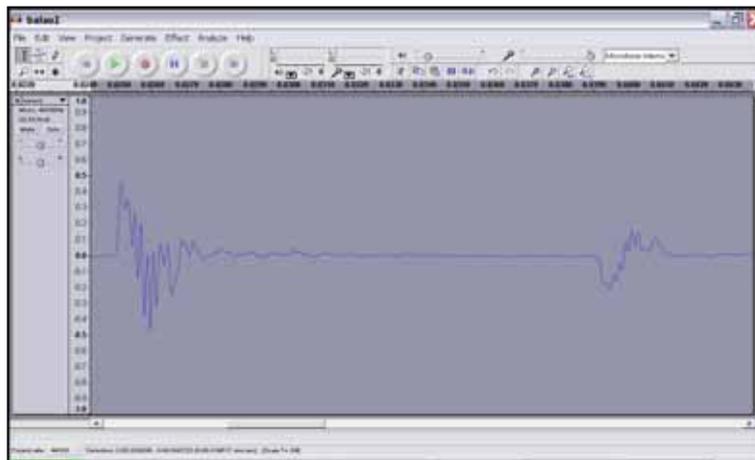


b) O som forte chega ao garoto depois do som fraco.



c) Os sons forte e fraco chegam ao mesmo tempo.

O experimento que irá ajudar a responder a questão 3 é, essencialmente, uma repetição do experimento da unidade I. A única diferença é que a bola de aniversário deve estar menos cheia que a anterior, de modo a produzir um som mais fraco. Um resultado típico está mostrado abaixo.



O professor deve chamar a atenção dos alunos para a maneira como a intensidade sonora é representada graficamente nos editores de áudio, de modo que eles possam reconhecer que o som está realmente mais fraco que no caso anterior. Uma vez calculada a nova velocidade do som, o professor deve sugerir o retorno ao resultado do questionário e promover uma discussão sobre a comparação das respostas ao resultado do experimento. Se todos concordarem que a velocidade do som é independente da intensidade, uma nova discussão pode ser iniciada, comparando o comportamento do som ao de um objeto. O professor pode perguntar se uma bola chutada com força tem velocidade maior que uma chutada fracamente, e pedir que os alunos confrontem o comportamento da bola com o do som.

Unidade III: A propagação do som a pequenas e grandes distâncias

A unidade III investiga se o som ‘vai parando’ à medida que percorre distâncias cada vez maiores. A pergunta (questão 4) que inicia a unidade está mostrada abaixo.

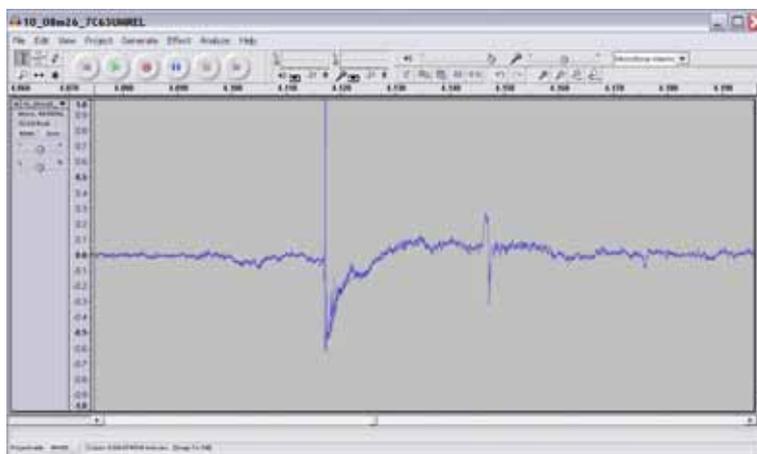
Questão 4

Uma pessoa dá um grito, que pode ser ouvido por um menino e uma menina. O menino está próximo da pessoa que grita, e a menina está mais distante. Das afirmativas abaixo, qual lhe parece a mais correta?



- a) Quando o som do grito passar pela menina, ele terá *velocidade maior* do que quando passou pelo menino.
- b) Quando o som do grito passar pela menina, ele terá *velocidade menor* do que quando passou pelo menino.
- c) Quando o som do grito passar pela menina, ele terá a *mesma velocidade* que quando passou pelo menino.

O experimento desta unidade é uma variação do realizado na unidade I, usando um tubo mais comprido (o dobro do tamanho anterior, por exemplo). Se o tubo for muito longo (10 m ou mais) deve-se tentar fazer o experimento em uma sala grande ou em um espaço aberto para evitar reverberações indesejáveis. O resultado de uma medida feita com um tubo longo está mostrado na figura abaixo. Pode-se notar que o som é mais atenuado que no tubo curto.

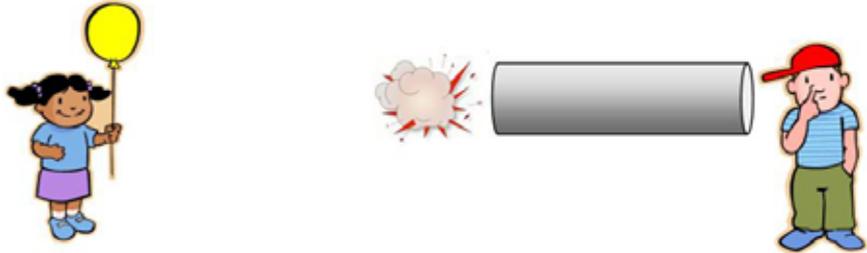


A velocidade obtida com tubos longos é a mesma dos tubos curtos. Novamente, o professor deve promover uma discussão comparando o resultado do experimento com o que foi respondido no questionário. Se todos concordarem que a velocidade do som não depende da distância percorrida, uma nova discussão pode ser iniciada, comparando esse resultado ao comportamento de uma bola que, após ser chutada e entrar em movimento, vai perdendo velocidade e acaba parando.

Unidade IV: A propagação do som em ambientes fechados e abertos

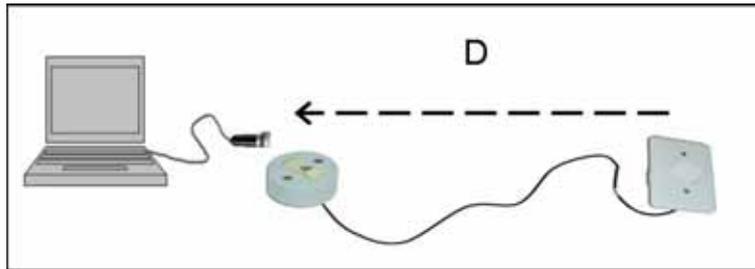
Na unidade IV investigamos se o som se propaga com a mesma velocidade em um tubo e no ar livre. A pergunta inicial (questão 5) está mostrada abaixo.

Questão 5
Uma pequena explosão pode ser ouvida por um menino e uma menina. As duas crianças estão à mesma distância do ponto onde ocorre a explosão, mas o som tem que passar por um tubo para chegar ao menino. Das afirmativas abaixo, qual lhe parece a mais correta?



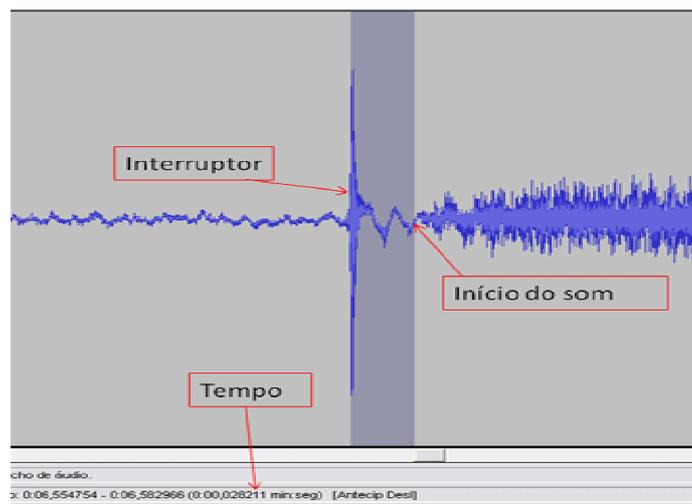
a) O menino ouvirá o som da explosão *antes* da menina.
b) O menino ouvirá o som da explosão *depois* da menina.
c) O menino ouvirá o som da explosão *ao mesmo tempo* que a menina.

Neste caso as medidas feitas com o tubo não são suficientes; temos que medir a velocidade do som em um ambiente aberto. Há duas possibilidades. A primeira é usar um aparato composto por um interruptor ligado a uma campainha por um fio elétrico, com um microfone e computador colocados próximo ao interruptor. Um esquema da montagem está mostrado abaixo.



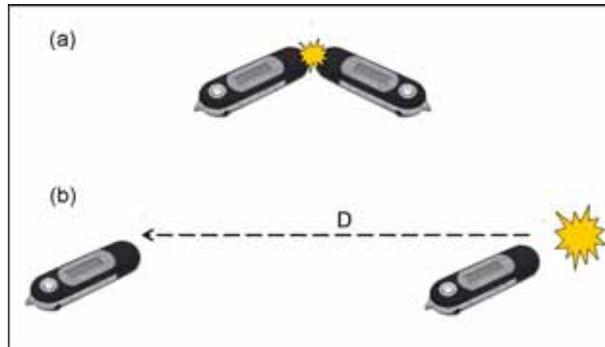
Ao ser pressionado, o interruptor produz um ‘clique’ que é captado pelo microfone. Isso também aciona a campainha, cujo som chega ao microfone um pouco mais tarde, pois tem que percorrer a distância D .

Uma gravação dos ruídos do interruptor e da campainha está mostrada na figura abaixo. O intervalo entre esses sinais é o tempo que o som levou para ir da campainha ao microfone. Conhecendo a distância D e esse tempo a velocidade do som no ar livre pode ser calculada.

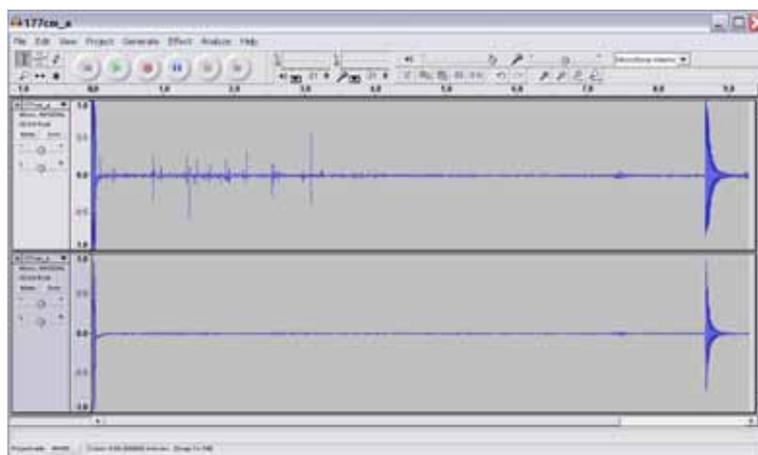


Outra maneira de medir a velocidade do som em ambientes abertos utiliza dois gravadores de *mp3*, ou mesmo dois telefones celulares com capacidade de gravação. A figura abaixo ilustra o procedimento de medida. Com os dois gravadores ligados, faz-se com que um dê uma batida leve no outro. O som da batida fica registrado em ambos os gravadores, e serve como ponto de sincronização entre eles. Sem essa sincronização seria impossível comparar os tempos medidos em cada gravação. Após o contato, sempre com a gravação em andamento, os dois aparelhos são colocados a uma distância D um do outro (uma forma simples de fazer isso é ligar os gravadores por um barbante

de comprimento D). Em seguida, um som abrupto – uma batida de palmas ou o estouro de um balão de festa, por exemplo – é produzido próximo a um deles.

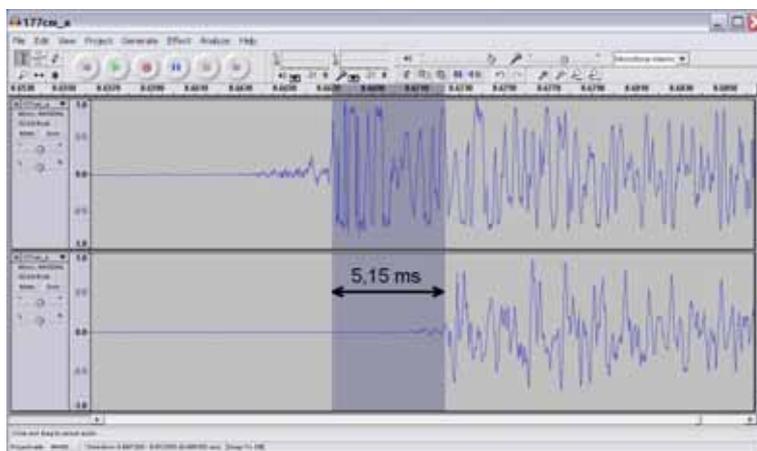


O próximo passo é transferir as duas gravações para um computador, onde elas podem ser analisadas em editores de áudio. Todos os gravadores de *mp3* e celulares possuem meios para realizar essa transferência. A figura abaixo mostra os sinais registrados pelos dois gravadores em um experimento típico. Cada faixa na figura corresponde a um gravador, e ambas são mostradas a partir do instante em que o som do choque entre os aparelhos foi registrado – ou seja, as gravações estão sincronizadas. A faixa superior é a do aparelho mais próximo à fonte do som (uma batida de palmas), como pode ser notado pela maior intensidade do sinal.



Se um *zoom* for feito na região do início dos pulsos sonoros, um resultado semelhante ao da figura abaixo deve surgir. Ele mostra que o registro do gravador mais distante está atrasado de um tempo T (no caso 5,15 ms) em relação ao do aparelho mais próximo à fonte sonora. Esse é o tempo que o som levou para ir de um gravador a outro.

Como conhecemos a distância D entre eles, a medida de T permite o cálculo da velocidade do som no ar livre.



Qualquer que seja o método utilizado, o cálculo da velocidade do som no ar livre pode ser comparado à velocidade obtida nas unidades anteriores. Dentro da precisão das medidas, a velocidade do som é a mesma no ar livre e nos tubos. O professor deve promover o confronto entre esses novos resultados e as respostas ao questionário. Se os alunos ficarem convencidos de que a velocidade num tubo é igual à no ar livre, o professor pode perguntar por que uma bola tem mais dificuldade para mover-se em um tubo estreito que num ambiente aberto.

Discussão final

Ao final das quatro unidades o professor deve resumir junto aos alunos tudo o que foi feito, discutindo com eles as principais conclusões obtidas durante o processo:

- o som se propaga com velocidade finita, da ordem de 340-350 m/s;
- sons fortes e fracos viajam à mesma velocidade;
- a velocidade do som não diminui à medida que ele se propaga;
- a passagem por caminhos estreitos não diminui a velocidade do som.

O professor deve também estimular a discussão sobre as diferenças entre a propagação do som e o movimento de um objeto, como uma bola. Não é fácil para a maioria dos alunos chegar à conclusão de que o som não se move da mesma maneira que um objeto, mesmo após todas as evidências coletadas durante a sequência de ensino-aprendizagem. A discussão final da sequência deve dar atenção a esse ponto.

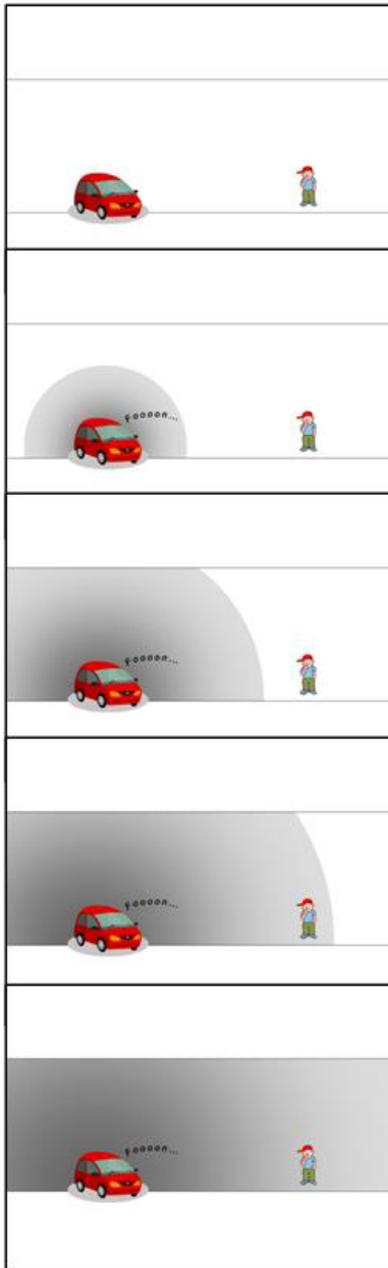
QUESTÕES SOBRE A PROPAGAÇÃO DO SOM

Para facilitar a reprodução das questões discutidas no roteiro,
elas estão apresentadas a seguir em folhas separadas.

Questão 1

A buzina de um carro começa a soar de repente. Qual das situações apresentadas a seguir melhor descreve o som que é produzido? Quando o menino está na zona cinza ele pode ouvir o som.

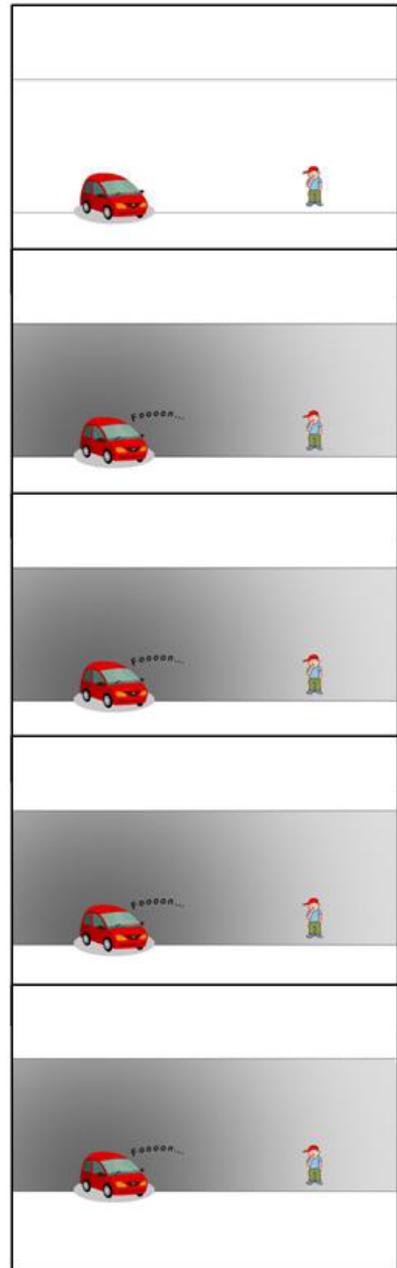
Opção A



Opção B



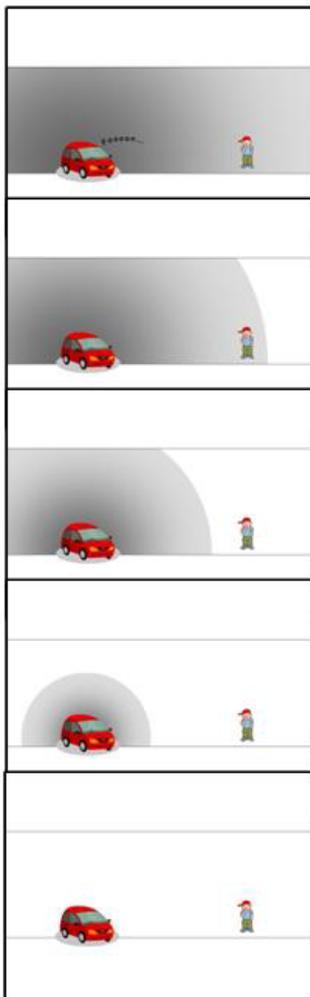
Opção C



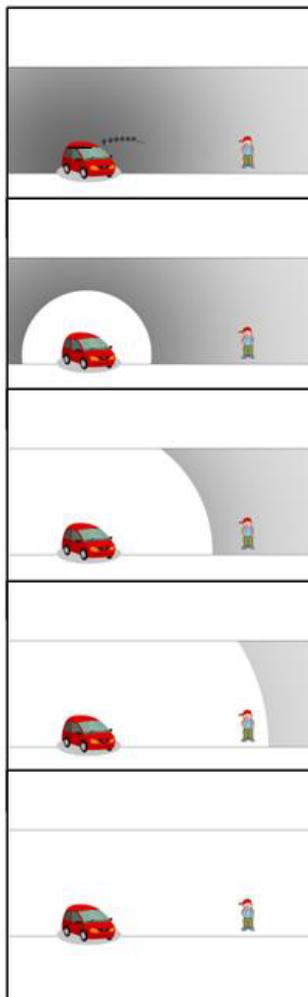
Questão 2

A buzina de um carro pára de soar de repente. Qual das situações apresentadas a seguir melhor descreve o desaparecimento do som? Quando o menino está na zona cinza ele pode ouvir o som.

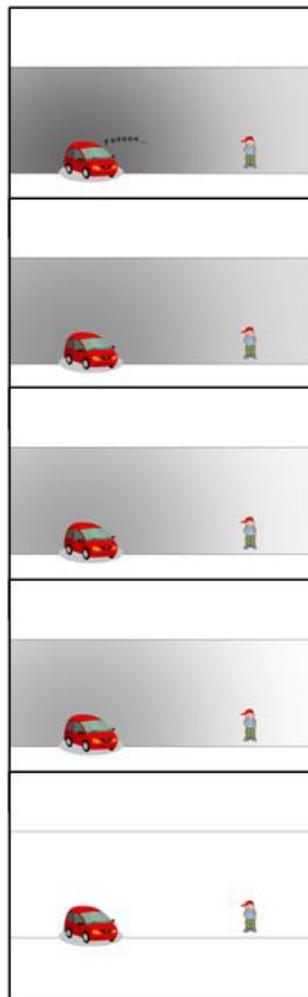
Opção A



Opção B



Opção C

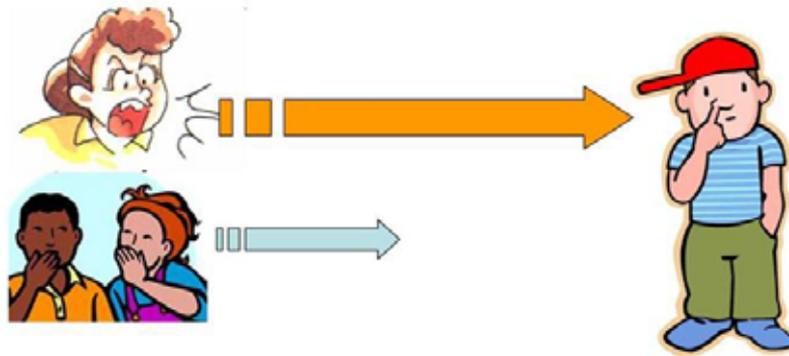


Opção D

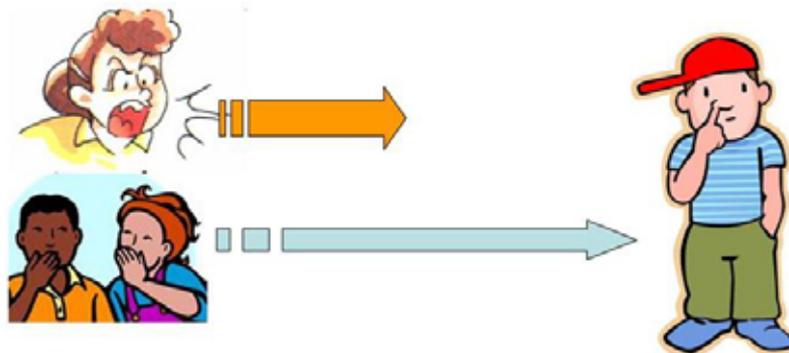


Questão 3

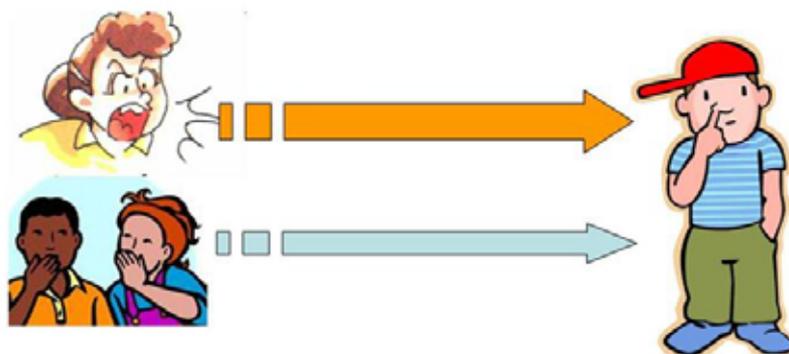
Um som forte e um som fraco (um grito e um cochicho) são produzidos no mesmo instante, à mesma distância do garoto. Qual dos dois sons ele escuta primeiro?



a) O som forte chega ao garoto antes do som fraco.



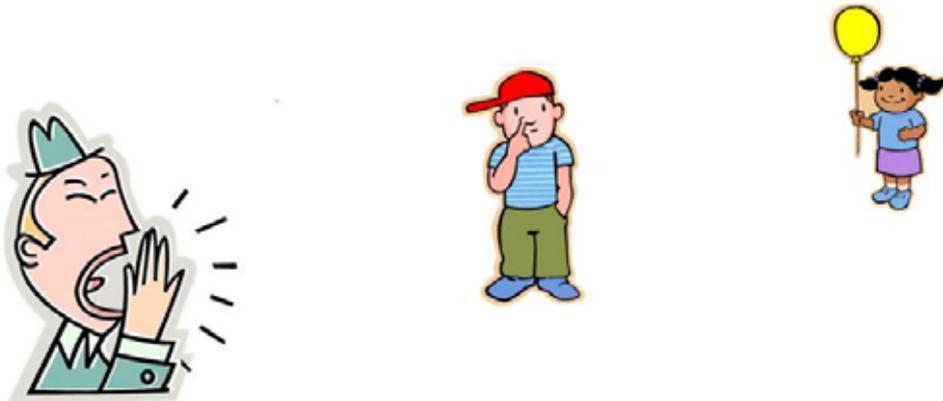
b) O som forte chega ao garoto depois do som fraco.



c) Os sons forte e fraco chegam ao mesmo tempo.

Questão 4

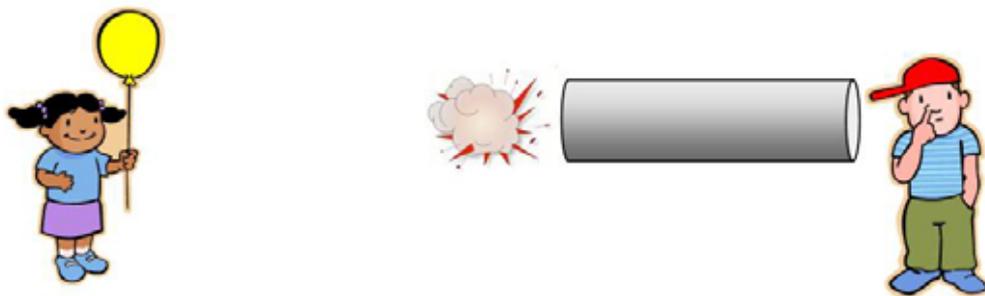
Uma pessoa dá um grito, que pode ser ouvido por um menino e uma menina. O menino está próximo da pessoa que grita, e a menina está mais distante. Das afirmativas abaixo, qual lhe parece a mais correta?



- a) Quando o som do grito passar pela menina, ele terá *velocidade maior* do que quando passou pelo menino.
- b) Quando o som do grito passar pela menina, ele terá *velocidade menor* do que quando passou pelo menino.
- c) Quando o som do grito passar pela menina, ele terá a *mesma velocidade* que quando passou pelo menino.

Questão 5

Uma pequena explosão pode ser ouvida por um menino e uma menina. As duas crianças estão à mesma distância do ponto onde ocorre a explosão, mas o som tem que passar por um tubo para chegar ao menino. Das afirmativas abaixo, qual lhe parece a mais correta?



- a) O menino ouvirá o som da explosão *antes* da menina.
- b) O menino ouvirá o som da explosão *depois* da menina.
- c) O menino ouvirá o som da explosão *ao mesmo tempo* que a menina.