

## RESSONÂNCIA EM TUBOS DE GARRAFAS “PET”: UMA OPÇÃO DE BAIXO CUSTO PARA TUBOS DE KUNDT

*Resonance in “Pet” bottle tubes: A low cost option for Kundt tubes*

**Claudia Santos do Nascimento Vilas Bôas** [claudiasnvilasboas@gmail.com]

**Moacir Pereira de Souza Filho** [moacirpsf@gmail.com]

*Universidade Federal de Mato Grosso do Sul*

*Av. Costa e Silva - Pioneiros, Campo Grande - MS, 79070-900*

*Recebido em: 14/08/2018*

*Aceito em: 28/05/2019*

### Resumo

Neste artigo trouxemos três objetivos descritos por Delizoicov e Angotti para uma aula experimental (configurar conhecimentos prévios, gerar conflitos e problematizar) juntamente com uma proposta de atividade que, mediante a realização de alguns ajustes identificados como necessários, será capaz de atender aos três objetivos propostos e promover a aprendizagem do conceito de ressonância. Esta atividade utiliza um tubo de garrafa pet como opção de baixo custo para a observação do fenômeno de ressonância em um tubo de Kundt. Com a aplicação desta atividade ficou evidente que a aula experimental dá ao aluno uma motivação muito maior que a aula meramente expositiva, sendo a aula experimental capaz de sensibilizar o aluno à aprendizagem mediante a vivência do conceito a ser apreendido.

**Palavras-chave:** Aula experimental; Aprendizagem; Ressonância.

### Abstract

In this article we have covered three objectives described by Delizoicov and Angotti for an experimental class (configure prior knowledge, generate conflicts and problematize) along with a proposal of activity that, through some adjustments identified as necessary, will be able to comply with the three objectives proposed and promote acquisition of the resonance concept. This activity uses a PET bottle tube as a low cost alternative for the observation of the resonance phenomenon in a Kundt tube. By applying this activity, it was evident that the experimental class provides the student a greater motivation than the merely expositive class, and the experimental class can stimulate the student to learning through the experience of the concept to be seized.

**Keywords:** Experimental class; Learning; Resonance.

A experimentação tem sua importância atribuída no ensino há algumas décadas. Segundo Galiazzi (2000), esta estratégia de ensino foi inserida pela primeira vez na escola em 1865, no *Royal College Chemistry*, na Inglaterra, influenciada pelas atividades experimentais desenvolvidas nas universidades. Contudo o ápice da valorização desta atividade ocorreu na década de 60, período em que foram iniciados alguns projetos de ensino, principalmente nos Estados Unidos, divulgando a experimentação com o intuito de que parte dos estudantes seguisse carreiras científicas (GALIAZZI; GONÇALVES, 2004).

Nas últimas décadas, a experimentação no ensino de ciências vem sendo intensamente debatida entre pesquisadores da área de educação em ciências e geralmente apontada como um importante recurso no desenvolvimento de saberes conceituais, procedimentais e atitudinais (GALIAZZI, 2001).

Alguns estudos reportados na literatura ressaltam também o frequente interesse dos alunos por atividades dessa natureza, bem como relatos de professores sobre relevância da prática experimental na escola como instrumento para a aprendizagem de ciências (LABURÚ, 2005; FRANCISCO Jr., 2008).

De acordo com Araújo e Abib:

O uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de aprender e de ensinar Física, de modo significativo e consistente (ARAÚJO e ABIB, 2003, p. 176).

Porém, em muitos casos, os profissionais da educação têm utilizado esse recurso de maneira equivocada por não compreenderem o real sentido da realização de aulas experimentais no ambiente escolar. Isso é reforçado nos materiais de apoio e livros didáticos utilizados pelos professores, onde são propostas aulas experimentais tradicionais e muitas vezes meramente expositivas. Ainda segundo Araújo e Abib:

Apesar da pesquisa sobre essa temática revelar diferentes tendências e modalidades para o uso da experimentação, essa diversidade, ainda pouco analisada e discutida, não se explicita nos materiais de apoio aos professores. Ao contrário do desejável, a maioria dos manuais de apoio ou livros didáticos disponíveis para auxílio do trabalho dos professores consiste ainda de orientações do tipo “livro de receitas”, associadas fortemente a uma abordagem tradicional de ensino. (ARAÚJO; ABIB, 2003, p.177)

O fato de os materiais de apoio proporem aulas tradicionais e centradas no professor leva à execução de aulas meramente demonstrativas e tradicionais onde o aluno passivo “assiste” de forma contemplativa e inacessível à exposição de um fenômeno que não lhe é permitido sequer tocar, com grande ênfase em fórmulas e comprovações de teorias.

### **1. Três objetivos para uma aula experimental**

Uma aula experimental pode ser bem mais que comprovações de teorias. A experimentação tem se apresentado como uma ferramenta capaz de contextualizar e trazer a Ciência para perto do aluno, articulando a teoria e a prática. Com isso, a aula experimental poderá atingir seu maior objetivo que é contribuir com o ensino e a aprendizagem. Segundo Delizoicov e Angotti (1991):

A todo e qualquer momento do diálogo didático da sala de aula, a atividade experimental poderá ser solicitada para configurar os conhecimentos prévios dos estudantes, para gerar conflitos de interpretação acerca de uma dada situação ou ainda como decorrência de uma problematização inicial (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1991).

Se atingir apenas estes três objetivos, a aula experimental já poderá ser considerada uma ferramenta de grande valia para o ensino.

### **1.1. Configurar conhecimentos prévios**

Sobre o primeiro objetivo, o de configurar os conhecimentos prévios dos estudantes, Ausubel et al.(1978) afirma que:

Se tivermos que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria que o fator isolado mais importante, influenciando a aprendizagem, é aquilo que o aprendiz já sabe. Determine isso, e ensine-o de acordo (AUSUBEL et al., 1978, p. iv).

A teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel tem como objetivo descrever como ocorre o aprendizado, ou seja, como a mente retém os conteúdos curriculares ministrados em sala de aula, ou em outros ambientes. Ela é significativa quando uma nova informação adquire significado para o aluno através de uma espécie de "ancoragem" em conhecimentos relevantes preexistentes em sua estrutura cognitiva os quais Ausubel chama de "subsunçores".

Se o aprendiz não possui esses conceitos faz-se necessário o uso de organizadores prévios que, segundo Moreira e Masini (2001, p.21) são materiais introdutórios apresentados antes do próprio material a ser aprendido. Neste contexto a aula experimental se mostra como excelente recurso a ser utilizado na investigação dos conhecimentos prévios evidenciados pelos estudantes (subsunçores), bem como na estruturação de organizadores prévios que possibilitem uma ancoragem efetiva de novos conceitos de modo a promover a aprendizagem significativa.

### **1.2. Gerar conflitos**

Em relação ao segundo objetivo elencado por Delizoicov e Angotti para a aula experimental, que consiste em gerar conflitos de interpretação acerca de uma dada situação, o epistemólogo Gaston Bachelard (1884-1962) afirma que existem obstáculos epistemológicos entranhados no cognitivo que não são superados apenas com a repetição de uma demonstração experimental.

Os adolescentes chegam às nossas salas de aula com concepções e modelos empíricos que nem sempre coincidem com o científico. É necessário desestruturar estes conceitos que servem de obstáculos para a aprendizagem para inserir-lhes em uma nova cultura experimental.

Segundo ele, os obstáculos epistemológicos são conceitos que se colocam como empecilhos para a aprendizagem. Podem ser conhecimentos empíricos apreendidos no cotidiano ou mesmo adquiridos na escola. Eles são inerentes do processo de aquisição de conhecimento e constituem-se como ponte entre o senso comum e o conhecimento científico, estabelecendo uma ideia de continuidade e dificultando a ruptura de pensamento científico, necessária para o seu avanço.

Todo esse movimento cognitivo demanda esforço. Nas aulas tradicionais, a maioria dos estudantes não se sente encorajada a mobilizar seu cognitivo de modo a romper com o senso comum e superar os obstáculos epistemológicos. Sobre isso Bachelard(1996) afirma que:

É tão agradável para a preguiça intelectual limitar-se ao empirismo, chamar um fato de fato e proibir a busca de leis! Ainda hoje os maus alunos de física "compreendem" as fórmulas empíricas. Acham que todas as fórmulas, inclusive as que decorrem de uma teoria bem organizada, são empíricas. Pensam que a fórmula não passa de um conjunto de números disponíveis, que basta aplicar a cada caso particular (BACHERLARD, 1996, p. 37).

Neste sentido as aulas experimentais têm muito a contribuir por possibilitarem o rompimento dessa inércia cognitiva e confrontarem a mera aceitação de fórmulas. Elas possibilitam um olhar crítico e investigativo para a compreensão de fenômenos que jamais poderão ser reduzidos às fórmulas matemáticas.

### 1.3. Problematizar

O terceiro objetivo elencado por Delizoicov e Angotti para a aula experimental, que consiste no conceito de problematização, foi discutido por Berbel (1995) quando afirma que a solução de problemas pode ser vista como:

Uma forma de participação ativa e de diálogo constante entre alunos e professores para se atingir o conhecimento. Não um problema qualquer, ou imaginado pelo professor para estimular o potencial intelectual do aluno, mas problemas reais, percebidos pela observação direta da realidade em foco. (BERBEL, 1995, p.11).

Formular e resolver problemas são processos inerentes a construção do conhecimento científico. Segundo Bachelard (1996) os problemas são o gênesis desta forma de conhecimento. Leis, teorias e modelos científicos fazem sentido apenas dado os problemas que os originaram e que buscam responder. Sistemas de explicações que não estão pautados em questões bem definidas são considerados conhecimentos pré-científicos por Bachelard (1996).

Segundo ele não é qualquer situação que pode ser considerada um problema. Devem ser situações intencionais de busca por um conhecimento, tendo como pano de fundo uma questão do cotidiano, nisso encontra-se o espírito científico. Mais importante que buscar respostas certas, é fazer perguntas certas.

Diante disso, entendemos que uma aula experimental, se bem elaborada, pode auxiliar o professor a: identificar possíveis conceitos incoerentes com os conceitos científicos, externados pelos estudantes; promover organizadores prévios que virão de encontro aos obstáculos epistemológicos que oferecem resistência à aprendizagem significativa; e propor situações problema que desafiem e estimulem o estudante a mobilizar sua estrutura cognitiva para a compreensão do meio que o cerca.

## 2. Um exemplo de aula experimental

Este artigo traz um exemplo de aula experimental que acreditamos atender aos objetivos descritos por Delizoicov e Angotti. O tema proposto para a aula foi o de ressonância. A escolha do tema se deu pela constatação de obstáculos epistemológicos externados pelos alunos na aprendizagem do conceito de ressonância e pela importância da contextualização deste conceito em situações do cotidiano, como a amplificação que ocorre nas cavidades de ressonância do som produzido pelas pregas vocais localizadas na laringe (VILAS BÔAS e SOUZA FILHO, 2018).

Para tanto, alguns princípios de ondulatória e acústica devem ser destacados visando auxiliar a compreensão e a aplicabilidade da atividade descrita. Descreveremos a seguir alguns conceitos de ondulatória como interferência, tubos sonoros, harmônicos e ressonância.

## 2.1. Conceitos de ondulatória

De acordo com a teoria ondulatória proposta e aceita pela comunidade científica atual, o som deve ser tratado como uma onda. Definimos como onda uma perturbação que se propaga transportando energia, sem envolver transporte de matéria. Ela pode ser classificada em relação a sua natureza de vibração, direção de vibração, e grau de liberdade para a propagação.

Quanto à natureza de vibração, as ondas podem ser mecânicas ou eletromagnéticas. As ondas mecânicas precisam de um meio para se propagar. Ex.: Som, terremotos. Porém, as ondas eletromagnéticas não precisam de um meio para se propagar e possuem velocidade igual a  $3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  no vácuo. Ex.: Raio X, Ondas de rádio, microondas, luz visível, etc .

Em relação à direção de vibração, as ondas podem ser classificadas como transversais ou longitudinais. As ondas transversais são aquelas cuja direção de vibração é perpendicular a propagação da onda. Já as ondas ditas longitudinais, possuem a mesma direção de vibração da propagação da onda. Ex.: O Som.

De acordo com o grau de liberdade para a propagação, as ondas podem se propagar em uma, duas ou três dimensões. Quando uma onda se propaga apenas em uma dimensão ela é classificada, quanto ao grau de liberdade de propagação, como unidimensional. Quando uma onda se propaga em duas dimensões, ela é classificada como bidimensional. Quando uma onda se propaga em três dimensões, ela é classificada como tridimensional. Este é o caso das ondas sonoras.

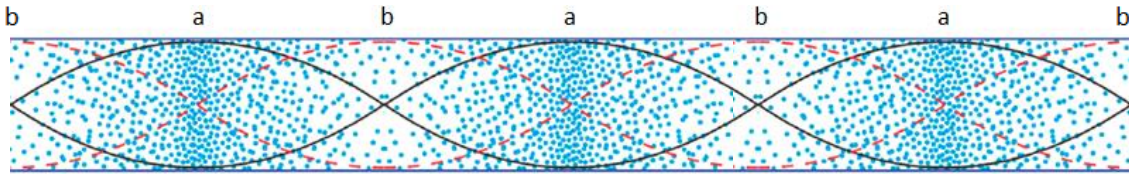
Uma onda correspondente a uma perturbação simples é denominada pulso. Uma sucessão regular de pulsos iguais produz uma onda periódica. As principais características de uma onda periódica são Período, Frequência, Amplitude e Comprimento de onda. O Período ( $T$ ) é o tempo de uma oscilação completa de qualquer ponto da onda; a Frequência ( $f$ ) é o número de vibrações em um ponto da corda por unidade de tempo; Amplitude ( $A$ ) é o maior valor de alongação da onda e o Comprimento de onda ( $\lambda$ ) é a menor distância entre dois pontos que tem sempre mesmo sentido de movimento.

Assim, definimos o som como uma onda mecânica, longitudinal e tridimensional (HALLIDAY; RESNICK e WALKER, 2009). Sua velocidade ( $v$ ) pode ser definida como sendo o produto do seu comprimento de onda ( $\lambda$ ), que consiste na menor distância entre dois pontos equivalente na representação de uma onda, e a frequência de oscilação da onda ( $f$ ), que é definida como a razão entre o número de oscilações feitas por uma dada unidade de tempo. Assim temos que  $v = \lambda \cdot f$ .

A superposição de duas ou mais ondas geram um padrão de interferência que pode ser construtiva, onde a amplitude da onda resultante é a soma das amplitudes das ondas sobrepostas; ou destrutiva, onde a amplitude da onda resultante é a subtração das ondas sobrepostas.

Em um tubo sonoro, as perturbações provocadas no ar (ondas de deslocamento) por uma fonte de onda sonora (onda de pressão) se propagam formando uma onda estacionária onde há regiões de interferência construtiva e regiões de interferência destrutiva.

Estes tubos sonoros podem ter as duas extremidades abertas, sendo chamados de tubos abertos, ou uma da extremidade aberta e outra fechada, sendo chamados de tubos fechados. A Figura 1 ilustra a propagação de ondas sonoras em um tubo aberto.

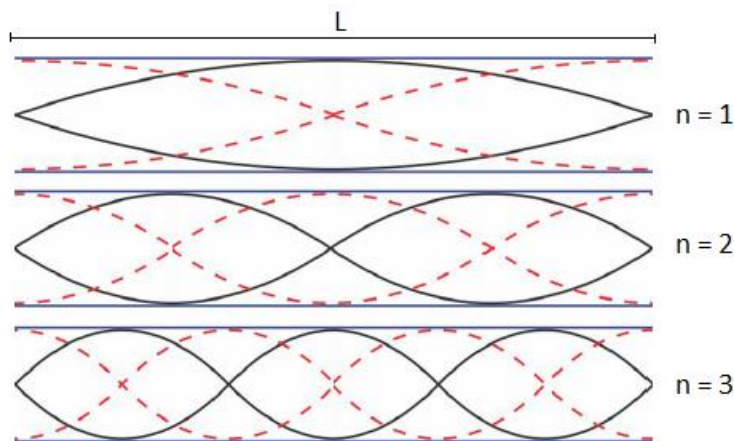


**Figura 1.** Desenho esquemático da propagação de uma onda sonora em um tubo aberto contendo ar. Sendo (a) as regiões de compressão e (b) as rarefações das partículas de ar.

Estão representadas na Figura 1 algumas regiões de compressão (a) e rarefação (b) do ar. Os pontos azuis representam a densidade das partículas de ar em cada região. A linha vermelha pontilhada representa a amplitude do deslocamento das moléculas de ar no interior do tubo e a linha preta contínua representa a amplitude da pressão exercida pelas moléculas de ar em cada região.

Na Figura 1, os pontos de maior pressão, onde há compressão do ar (a), estão relacionados com os maiores volumes (maior intensidade sonora) produzidos no tubo sonoro. Já os pontos de menor pressão, onde há rarefação do ar (b), estão relacionados com os menores volumes produzidos no tubo sonoro.

A Figura 2 mostra os três primeiros harmônicos que podem ser produzidos em um tubo sonoro aberto. Nas extremidades abertas sempre teremos regiões de rarefação do ar, ou seja, de menor volume. Cada modo de vibração das ondas sonoras é chamado de harmônico. O primeiro modo de vibração é chamado de primeiro harmônico ou harmônico fundamental ( $n = 1$ ). Todos os outros harmônicos são múltiplos inteiros ( $n = 1, 2, 3, 4, \dots$ ) do harmônico fundamental.

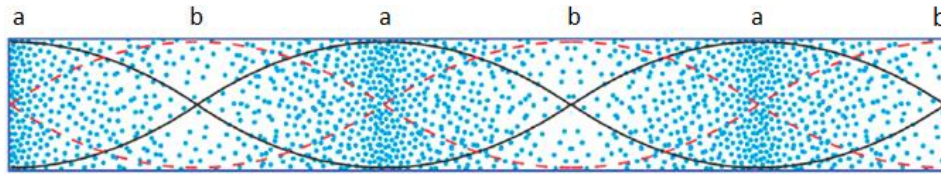


**Figura 2.** Harmônicos em tubos abertos. A linha vermelha pontilhada representa a amplitude do deslocamento das moléculas de ar no interior do tubo e a linha preta contínua representa a amplitude da pressão exercida pelas moléculas de ar em cada região do tubo.

Com a observação desses pontos de volume máximo e mínimo podemos estimar o comprimento de onda da onda sonora propagada dentro do tubo. O comprimento do tubo ( $L$ ) se relaciona com o comprimento de onda ( $\lambda$ ) sendo múltiplos inteiros ( $n$ ) da metade do comprimento de onda produzido. Assim temos que  $L = n\lambda/2$ , onde este  $n$  corresponde aos possíveis harmônicos de uma onda sonora dentro de um tubo aberto.

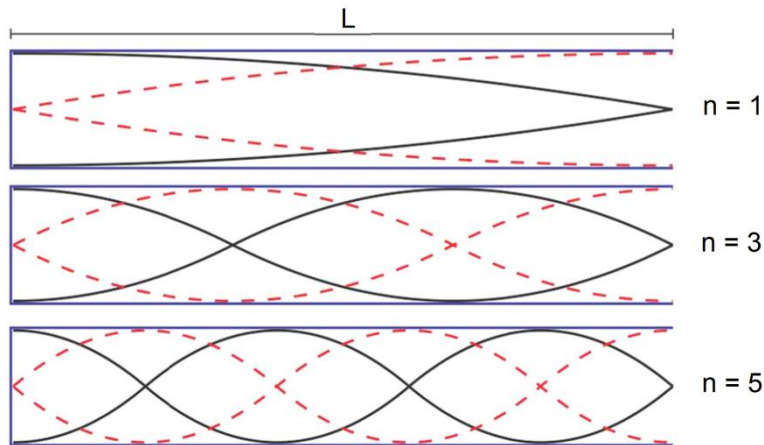


A Figura 3 ilustra a propagação de ondas sonoras em um tubo fechado.



**Figura 3.** Desenho esquemático da propagação de uma onda sonora em um tubo fechado contendo ar. Sendo (a) as regiões de compressão e (b) as rarefações das partículas de ar.

Assim como no tubo aberto, no tubo fechado também temos as regiões de compressão e rarefação. A Figura 4 mostra os três primeiros harmônicos que podem ser produzidos em um tubo sonoro fechado. Nas extremidades abertas sempre teremos regiões de rarefação do ar, ou seja, de menor volume. Cada modo de vibração das ondas sonoras é chamado de harmônico. O primeiro modo de vibração é chamado de primeiro harmônico ou harmônico fundamental ( $n = 1$ ). Todos os outros harmônicos são múltiplos inteiros ( $n = 1, 3, 5...$ ) do harmônico fundamental.



**Figura 4.** Harmônicos em tubos fechados. A linha vermelha pontilhada representa a amplitude do deslocamento das moléculas de ar no interior do tubo e a linha preta contínua representa a amplitude da pressão exercida pelas moléculas de ar em cada região do tubo.

Situação análoga à descrita na Figura 4, ocorre em sistemas como flautas, saxofones, canos e até nossa laringe, que é um tubo sonoro, amplificando o som produzido nas pregas vocais e que se propaga nas cavidades nasais. Quando ondas de mesma frequência se somam de modo a aumentar sua amplitude de vibração, damos a este fenômeno o nome de Ressonância.

Com base nestes conceitos, descreveremos a construção de um dispositivo que será utilizado na aula experimental descrita neste artigo.

## 2.2. A construção do dispositivo

Originalmente, os experimentos com tubos sonoros são realizados com tubos de vidro ou de acrílico, porém, o custo destes tubos inviabiliza a replicabilidade do experimento em localidades com poucos recursos, o que representa a realidade da maioria das unidades escolares em nosso país. Por conta disso optamos por utilizar materiais de baixo custo e de fácil acesso.

O dispositivo utilizado em nossa aula experimental consiste em um tubo sonoro, feito de garrafas pet lisas, com o comprimento variável por um êmbolo interno, feito de papelão e madeira, e uma fonte sonora posicionada na base do tubo para a qual foi utilizado um aparelho celular com um gerador de frequência instalado.

Na construção do tubo foram utilizadas duas garrafas pet retas e transparentes de dois litros cada. É importante que as garrafas sejam lisas e retas, pois isso viabiliza a movimentação do êmbolo em seu interior. As garrafas foram cortadas e fixadas uma a outra com fita adesiva larga transparente, aplicadas na parte externa e interna para facilitar a passagem do êmbolo. Ver Figura 5.



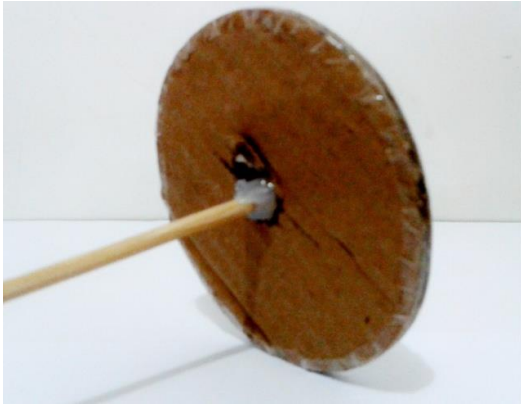
**Figura 5.** Garrafas pet cortadas para confecção de tubos sonoros.

Para a construção do êmbolo foi utilizado uma vareta de bambu de 60 cm e dois círculos de diâmetro similar ao da garrafa pet, aproximadamente 10 cm, sendo um de papelão e outro de embalagem longa vida, colados adequadamente. É necessário que o diâmetro do êmbolo seja bem ajustado

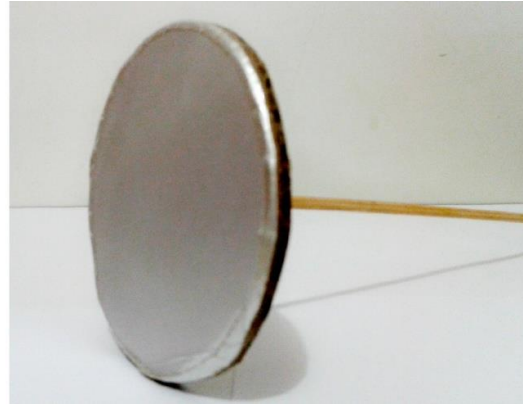
O círculo de papelão foi utilizado para proporcionar maior firmeza ao êmbolo, e o círculo feito com embalagem longa vida foi utilizado para proporcionar uma melhor reflexão das ondas sonoras. Outra opção é a utilização de círculos metálicos.

A vareta de bambu foi fixada no centro do círculo de papelão e o círculo de embalagem longa vida foi fixado no círculo de papelão. Por fim, foi aplicada uma fita adesiva transparente na lateral dos círculos para facilitar o movimento no interior do tubo, concluindo-se assim a confecção do êmbolo. Ver Figura 6.





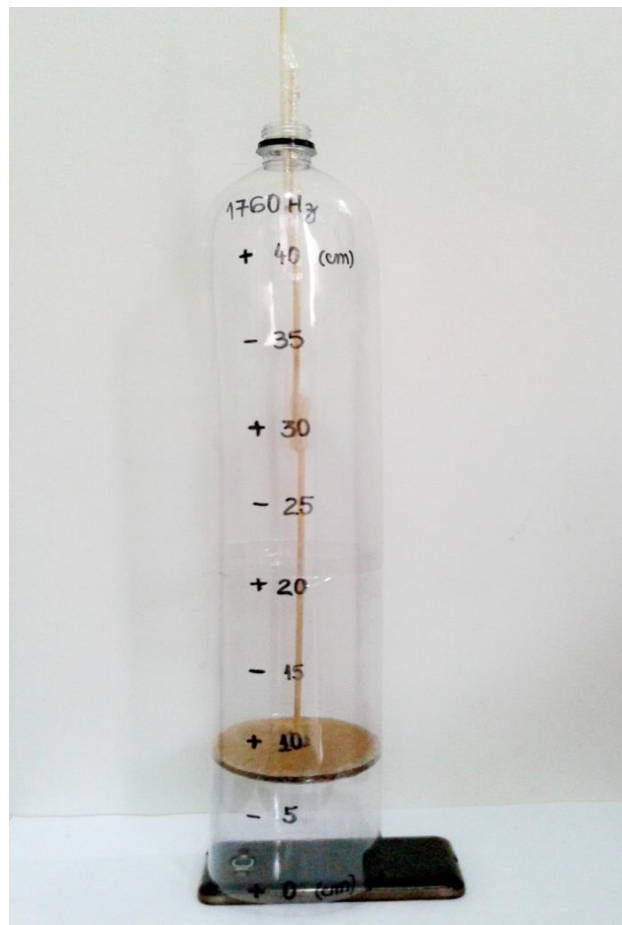
**Figura 6. a)** Círculo de papelão



**Figura 6. b)** Círculo de embalagem longa vida

O êmbolo foi posicionado no interior do tubo de garrafa pet. A movimentação do êmbolo dentro do tubo possibilita a variação no comprimento do tubo sonoro e a análise do comportamento do som em seus diferentes modos de vibração bem como a relação entre a variação dos comprimentos do tubo e seus harmônicos produzidos.

A frequência definida para análise foi de 1760Hz por possibilitar a visualização de uma quantidade maior de pontos de volume máximo e mínimo, identificados no tubo com o sinal positivo (+) e negativo (-), respectivamente, como ilustrado na Figura 7.



**Figura 7.** Dispositivo de tubo sonoro, constituído por um tubo de garrafa pet, um êmbolo de papelão e uma fonte sonora contida em um celular, posicionada na base do tubo.

A fonte sonora utilizada foi um celular. Para utilizarmos o celular como fonte sonora, foi necessário instalar um software gerador de frequências, disponível para download gratuito em <[https://play.google.com/store/apps/details?id=com.boedec.hoel.frequencygenerator&hl=pt\\_BR](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.boedec.hoel.frequencygenerator&hl=pt_BR)>.

O software é de fácil utilização e possibilita a emissão de várias frequências. Também é possível utilizar outras fontes sonoras como computadores e caixas de som, ficando a cargo de cada professor a escolha da fonte que melhor se adéqua à sua realidade. Descreveremos a seguir a dinâmica de aplicação da atividade proposta.

### 2.3. A aplicação da atividade

A atividade foi aplicada para três alunos voluntários do segundo ano do Ensino Médio durante 50 minutos fora do tempo de aula. Nosso objetivo neste momento foi validar a atividade e fazer possíveis ajustes para uma posterior aplicação para uma turma regular.

Para a realização da atividade os alunos receberam o tubo de garrafa pet sem as marcações dos pontos de volume máximo e mínimo. Receberam também o êmbolo, uma caneta de marcação permanente e uma régua. Foi solicitado que disponibilizassem um celular para a realização da atividade.

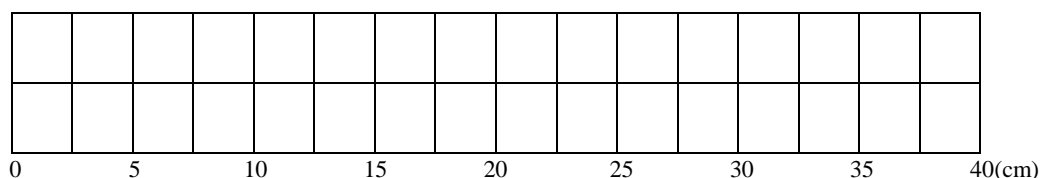
Na primeira parte da atividade os alunos responderam às seguintes questões: a) O que é ressonância? b) Quais as condições para ela acontecer? c) Como ondas sonoras se propagam em tubos sonoros? d) Quais as equações que relacionam o comprimento de onda com o comprimento de tubos sonoros fechados e abertos? e) Como podemos determinar a velocidade do som utilizando um experimento de tubo sonoro?

Apesar de os alunos já terem visto em sala de aula o conteúdo de tubos sonoros e ressonância, não conseguiram responder às perguntas feitas, respondendo apenas que não sabiam.

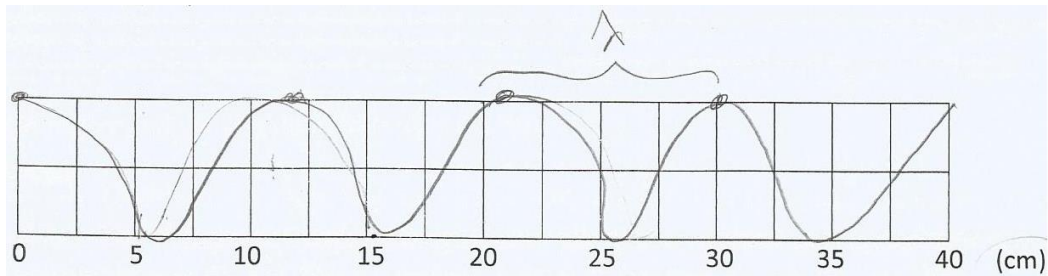
Assim, constatamos a ausência de subsunçores para a ancoragem do conceito de ressonância. Por conta disso utilizaremos essa atividade como organizador prévio para a aprendizagem significativa, sendo este o primeiro do objetivo proposto por Delizoicov e Angotti para uma aula experimental.

A segunda parte consistia na análise da onda sonora produzida pela fonte sonora no tubo. Para isso, os alunos foram orientados pelo roteiro a instalar um gerador de frequência em seu celular, ajustar a frequência emitida para 1760Hz, e posicioná-lo na base do tubo como já indicado na figura 3.

Os alunos foram orientados a movimentar o êmbolo por todo o comprimento do tubo e, utilizando uma caneta permanente, identificar no tubo com um sinal positivo (+) os pontos onde a intensidade do som é máxima e com um sinal negativo (-) os pontos onde a intensidade do som é mínima. Depois fizeram uma representação da onda produzida no tubo com o auxílio da grade representada a seguir.



Com base na representação feita, eles foram orientados a determinar o comprimento de onda da onda estacionária produzida dentro do tubo e a velocidade do som. Porém, os alunos relacionaram equivocadamente os pontos de mínimo volume do som com os pontos de vale da onda estacionária. Ver Figura 8.



**Figura 8.** Representação das ondas estacionárias feita por estudante.

A relação equivocada entre volume mínimo e vale da onda estacionária acarretou em erro na determinação do comprimento de onda e da velocidade do som. Neste ponto, a atividade proposta não cumpriu o segundo objetivo proposto por Delizoicov e Angotti para aula experimental que consiste em gerar conflitos entre os conceitos incoerentes externados pelos estudantes e os conceitos científicos, visto que eles não corrigiram o erro e seguiram a atividade.

Este ponto será verificado para as próximas aplicações com a inserção de um tópico sobre representação dos pontos de amplitude máxima e mínima de uma onda e o que cada um deles representa, e com uma maior ênfase na discrepância entre os valores determinados e conhecidos para a velocidade do som no ar.

A terceira e última parte da atividade consistia na discussão dos resultados e das observações feitas. Foram dadas pela atividade as seguintes orientações aos alunos: a) Explique porque existem pontos dentro do tubo onde o volume do som é máximo e pontos onde o volume do som é mínimo. b) Descreva quais fenômenos ondulatórios ocorrem com a onda sonora dentro do tubo. c) Descreva pelo menos três situações onde poderíamos utilizar estes conceitos de tubos sonoros.

Apesar de terem representado os pontos de volume mínimo da onda sonora de maneira equivocada, os alunos tiveram facilidade em relacionar os pontos de interferência construtiva e destrutiva com os pontos de volume máximo e mínimo. Eles também tiveram facilidade em perceber uma relação entre a variação no comprimento do tubo e a oscilação no volume do som.

Ao descreverem os fenômenos ondulatórios ocorridos no interior do tubo, o professor teve que intervir lembrando a definição de ressonância, como sendo a interferência entre ondas de frequências iguais ou múltiplas, pois os alunos não se atentaram para o fato de que a interferência no tubo ocorrerá com ondas de frequências iguais, configurando assim um padrão de ressonância.

Na descrição das situações onde o conceito de tubos sonoros poderia ser utilizado, os alunos tiveram facilidade em elencar vários exemplos em que o som se propagava em tubos, inclusive aplicando esse conceito na descrição do comportamento do som na laringe, mostrando contextualização e interdisciplinaridade.

Isso nos remete à ideia de que o terceiro objetivo proposto por Delizoicov e Angotti, que consiste na problematização, foi satisfatoriamente atendido. Porém, para as próximas aplicações da atividade, ampliaremos ainda mais esta problematização de modo a utilizar o conceito de tubos sonoros na compreensão, descrição e explicação do funcionamento da laringe como um tubo sonoro e a relação entre o comprimento da laringe e seus diferentes harmônicos possíveis.

### 3. Conclusão

Neste artigo trouxemos três objetivos descritos por Delizoicov e Angotti para uma aula experimental (configurar conhecimentos prévios, gerar conflitos e problematizar) juntamente com uma proposta de atividade que, mediante a realização de alguns ajustes identificados como necessários, será capaz de atender aos três objetivos propostos e promover a aprendizagem do conceito de ressonância.

Por meio das questões formuladas para levantamento de conhecimentos prévios, embora os alunos tivessem visto o conteúdo de ressonância e até já tivessem resolvido exercícios a respeito, verificamos a ausência de subsunçores. Assim, a atividade experimental funcionou como um organizador prévio que possibilitou aos alunos a compreensão alguns conceitos de forma significativa.

Com base na representação gráfica feita por um dos alunos participantes deste teste piloto, pudemos perceber a relação equivocada (conflitos) entre volume mínimo e vale da onda estacionária externada pelos alunos, o que acarretou em erro na determinação do comprimento de onda e da velocidade do som. Na aplicação final para a pesquisa, teremos que refletir sobre isso e inserir um tópico sobre representação dos pontos de amplitude máxima e mínima de uma onda.

Finalmente, na etapa da problematização, os resultados encontrados nos levaram a inferir que o objetivo proposto foi contemplado, uma vez que os alunos tiveram facilidade em elencar vários exemplos em que o som se propagava em tubos.

Com a aplicação desta atividade ficou evidente que a aula experimental dá ao aluno uma motivação muito maior que a aula meramente expositiva, sendo a aula experimental capaz de sensibilizar o aluno à aprendizagem mediante a vivência do conceito a ser apreendido.

Este modelo de aula experimental pode ser utilizado para a preparação de diferentes atividades abordando variados conceitos, pois trata-se de um excelente recurso didático para o ensino de ciências, com materiais de fácil aquisição e baixo custo, viabilizando assim sua aplicabilidade por qualquer profissional, mesmo com poucos recursos disponíveis.

### REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S.. *Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades*. Revista Brasileira de Ensino de Física. São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, Junho. 2003.

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D. and HANESIAN, H. *Educational psychology: a cognitive view*. 2nd. ed. New York, Holt Rinehart and Winston, 1978.

- BACHELARD, G. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Tradução Esteia dos Santos Abreu - Rio de Janeiro : Contraponto, 1996.
- BERBEL, N.A.N. *Metodologia da Problematização: uma alternativa metodológica apropriada para o Ensino Superior*. Semina: Cio Soc./Hum., Londrina, v.16. n. 2., Ed. Especial, p.9-19, out. 1995.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P..*Física*. São Paulo/BRA: Cortez, (Coleção Magistério 2º Grau). 1991.
- FRANCISCO Jr., W. *Uma abordagem problematizadora para o ensino de interações intermoleculares e conceitos afins*. Química Nova na Escola, n.29, p.20-23, 2008.
- GALIAZZI, M. C. *Seria tempo de repensar as atividades experimentais no ensino de Ciências?* Educação, 23 (40), 87-112, 2000.
- GALIAZZI, M. C. et al. *Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências*. Ciência & Educação, v.7, n.2, p.249-263, 2001.
- GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P.. *A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química*. Química Nova. 27 (2) 326-331, 2004.
- HALLIDAY D.; RESNICK R. e WALKER J. *Fundamentos de Física: mecânica*. Volume 1. 8ª edição. Editora LTC, 2009.
- LABURÚ, C. E. *Seleção de experimentos de Física no Ensino Médio: uma investigação a partir da fala de professores*. Investigações em Ensino de Ciências, v.10, n.2, p.161- 178, 2005.
- MOREIRA, M. A., MASINI, E. F. S. *Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel*. São Paulo: Centauro, 2001.
- VILAS BÔAS, C.S.N. e SOUZA FILHO, M.P.D. *Epistemologia de Bachelard e a Aprendizagem do Conceito de Ressonância*. Revista do Professor de Física. Brasília, vol. 2, n. 2. 2018.