

O TUBO DE KUNDT: O ENSINO DE ACÚSTICA E SUA RELAÇÃO COM A MÚSICA EM ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO CONTEXTO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Airton dos Santos Maciel Neto; Francisco Nairon Monteiro Júnior

*Universidade Federal Rural de Pernambuco
airtonprof@yahoo.com.br*

Resumo: Neste artigo apresentamos os resultados parciais de nossa pesquisa de mestrado, no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da SBF, polo UFRPE, na qual estamos desenvolvendo um aparato experimental, detalhando o desenvolvimento e montagem da versão do tubo de Kundt, bem como discutimos algumas possibilidades de utilização, em sala de aula, de tal aparato. Através de uma visualização de ondas estacionárias dentro de tubos sonoros fechados, analisando e interpretando resultados experimentais da física encontrada, assim como a relação com a música. Identificando as frequências e suas respectivas notas musicais. Toda pesquisa está moldada a partir dos resultados sobre aprendizagem significativa de David Ausubel, constantes na tradição de pesquisa da área e que são objeto de investigação no âmbito do citado programa de Pós-graduação.

Palavras-chave: Aprendizagem significativa, Aparato experimental, Tubo de Kundt.

INTRODUÇÃO

São várias as dificuldades encontradas por docentes e alunos no ensino e aprendizado da Física, a qual por ser uma ciência que necessariamente requer o uso de conteúdos de vasta abstração teórica, demonstra o porquê da maioria dos alunos não se interessarem pelo seu entendimento e pela sua compreensão.

Segundo Grillo apud Perez (2016) uma grande dificuldade enfrentada pelo professor de física, especialmente do nível médio, é a falta de motivação de seus alunos, para quem a disciplina parece muito distante do cotidiano.

Normalmente o assunto de acústica é trabalhado nas escolas na 3ª série do ensino médio de forma rápida e matematizada, sem relacionar com o cotidiano do aluno, aumentando assim o abismo existente entre o ensino de física e o mundo real. Contudo, se buscamos, de fato, proporcionar um ambiente em que seja possível a aprendizagem significativa, é necessário tornar o ensino da acústica mais atraente e interdisciplinar para nossos alunos.

Segundo Grillo apud Perez (2016) é por meio da interdisciplinaridade que várias disciplinas são interligadas, proporcionando uma melhor compreensão dos fenômenos que acontecem diariamente. A música pode ser usada como ligação entre várias disciplinas desenvolvidas no ensino médio como, por exemplo, a matemática, a história, a filosofia e a física.

As Orientações Curriculares para o Ensino Médio (2006) e as diretrizes Curriculares Nacionais demonstram uma grande preocupação quanto à inclusão da interdisciplinaridade nos projetos e pesquisas pedagógicas. Isso pode ser notado nos temas transversais que foram indicados, justamente por possuírem grande possibilidade de articulação dos saberes disciplinares em direção à reflexão em torno das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

As orientações Curriculares para o Ensino Médio (2006), através dos PCN's, propõem ainda a divisão da Física em seis temas estruturadores. O tema 3, Som, Imagem e Informação, sugere que as fontes sonoras sejam abordadas visando identificar objetos, sistemas e fenômenos que produzem sons para reconhecer as características que o diferenciam, bem como associar diferentes características de sons a grandezas físicas, tais como a frequência e a intensidade, para explicar, reproduzir, avaliar ou controlar a emissão de sons por instrumentos musicais ou outros semelhantes.

Neste cenário que vislumbra a aprendizagem significativa da acústica em contextos interdisciplinares, buscamos a discussão e a realização de atividades experimentais para o ensino de acústica em tubos sonoros, bem como sua relação com a música. Para tanto, elaboramos um produto, composto de um aparato experimental, denominado tubo de Kundt e de um texto paradidático, repleto de possibilidades de utilização de tal aparato em atividades experimentais interdisciplinares em matemática, física e música. Tal produto, quando finalizado, poderá ser utilizado por professores de física no ensino básico, para que atuem como facilitadores no processo de ensino e da aprendizagem para alunos do ensino médio.

O USO DO EXPERIMENTO NO ENSINO DE FÍSICA

Em meio à vasta dificuldade na compreensão da física em sala de aula, torna-se essencial a aproximação da ciência com a realidade dos estudantes por meio da realização de experimentos didáticos, os quais demonstram grande papel no desenvolvimento da aprendizagem dos alunos. Contudo, são poucas poucas os relatos de pesquisa que buscam utilizar o experimento de forma significativa, problematizadora. Segundo Azevedo et al (2009), muito embora os aparatos experimentais constituam uma das importantes ferramentas no ensino da física e seu uso tem sido feito de diversas formas, a partir de diversos referenciais educacionais, o quadro não é muito animador. Neste levantamento, construído a partir da análise dos artigos publicados em nove das principais revistas em ensino de ciências do Brasil, apenas

2% dos artigos publicados trazem propostas de discussão em torno dos conteúdos, buscando explorar a adequação das teorias aos experimentos, ao invés de uma postura verificacionista da previsão teórica, ou ilustrativa de algum conceito ou teoria numa postura realista crítica.

Além disso, para o desenvolvimento e a realização de experimentos no ensino de física capazes de propiciarem aprendizagem significativa, faz-se necessário o levantamento dos conhecimentos anteriores dos alunos que podem dar suporte ao desenvolvimento de novos conhecimentos. Na linguagem ausubeliana, faz-se necessário levantar os subsunções adequados. Conhecer os já aprendidos em direção à construção de novos conhecimentos, articulando teoria e experimento, faz com que o uso do experimento revele-se como importante ferramenta de ensino utilizada pelos professores e pelos alunos, capaz de diminuir de maneira satisfatória as dificuldades encontradas no ensino básico. Esta metodologia tem trazido interessantes resultados na pesquisa em ensino de física (ARAÚJO, 2003).

O método de ensino experimental problematizador possibilita a participação ativa dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem para que estes consigam adquirir conhecimento suficiente para desenvolver um senso crítico e investigativo, para serem capazes de julgar e atuar com os avanços tecnológicos e instrumentais no qual estão inseridos. Para tanto, é preciso que o professor enfatize os recursos dispostos pela tecnologia atual, os quais não se alinham ao mero uso de um procedimento de ensino unicamente expositivo. Dessa forma, o aluno poderá articular a teoria estudada em sala de aula com as experiências diárias, tomando o experimento como ferramenta mediadora e problematizadora.

Desde a década de 70, as pesquisas em ensino de ciências têm buscado compreender os processos mentais pelos quais a aprendizagem se estabelece. Tendo sua origem na psicologia da Gestalt e nos trabalhos de Piaget (POSNER et al, 1982), algumas teorias cognitivas conferem à mudança conceitual o 'status' de processo fundamental do ato de aprender. Uma das afirmações comuns de tais teorias é que a aprendizagem é o resultado das interações entre sujeito cognoscente e objeto (realidade), pressupondo um processo dialético. Outra afirmação comum a estas teorias é que a aprendizagem é um processo racional de atribuição de significados. A aprendizagem é, assim, vista como uma espécie de investigação, onde o indivíduo aprende na medida em que atribui significado às suas experiências (ARRUDA; VILLANI, 1994; DRIVER, 1989; QUEIROZ; AZEVEDO, 1987; TOMASINI; BALANDI, 1983; VIENNOT, 1979).

Uma consequência dessa interação do indivíduo como o mundo externo, desde os primeiros anos de vida, é a produção de um conjunto de crenças, conceitos e valores, muitas vezes com respeito a muitos dos fenômenos dos quais a ciência dá conta e que são ensinados na escola. Uma origem provável dessas concepções espontâneas está no convívio social. O ser humano, por mais inexperiente que possa parecer, não é um recipiente vazio. Já vivenciou inúmeras experiências e na interpretação destas experiências, no exercício de atribuir significados a elas, constrói um conjunto de explicações, na maior parte das vezes, a partir de idéias socialmente construídas. Segundo Driver (1983), as experiências diárias tornam algumas interpretações mais óbvias que outras. É no convívio social que o indivíduo constrói suas explicações para as questões do cotidiano, para os obstáculos que se colocam à sua frente. Iniciando com uma crítica ao ensino por descoberta, Driver investiga o entendimento dos estudantes com respeito aos conteúdos científicos ensinados na escola, indicando caminhos para o entendimento das dificuldades apresentadas pelos estudantes na interpretação de tais idéias formais e abstratas. No terceiro capítulo do livro “The Pupil as Scientist” (DRIVER, 1983), intitulado “Making Meanings”, a pesquisadora afirma que o ato de aprender está ligado ao exercício de atribuir significados. Nesse exercício, muitas vezes o estudante interpreta um fato novo a partir de idéias prévias, muitas vezes discordantes com as explicações científicas. Muitos pesquisadores defendem que tais concepções alternativas (às explicações científicas), podem tornar-se importantes ferramentas no planejamento de estratégias de ensino ou de transposições didáticas capazes de promover a mudança conceitual. Segundo Posner et al (1982), o processo de mudança conceitual pode ocorrer mais facilmente quando as seguintes condições são satisfeitas:

- O estudante percebe que sua explicação não satisfaz a solução do problema.
- A nova concepção (científica) torna-se inteligível e plausível para o aprendiz.
- O novo conceito possui um campo explicativo mais abrangente.

É precisamente neste sentido que o experimento pode jogar um papel fundamental na aprendizagem significativa. Por meio de atividades experimentais cuidadosamente planejadas, é possível problematizar, confrontando as idéias científicas com aquelas espontâneas, criando meios pelos quais os estudantes possam perceber inconsistências, comparar e decidir. A aprendizagem significativa pode acontecer na medida em que o novo conhecimento passa a ser incorporado em substituição às idéias ‘vencidas’, de forma crítica e ativa.

Nesta perspectiva, a problematização se inicia no estabelecimento de conflitos cognitivos entre ideias ou modelos prévios, confrontados com os modelos cientificamente aceitos (desequilíbrio para Piaget), ao que Rosalind Driver chamava de ‘colocar em xeque’, referindo-se metaforicamente ao jogo de xadrez e termina quando a nova ideia passa a ter significado para o estudante.

Os processos mentais por meio dos quais o domínio cognitivo percebe um conceito científico como relevante, elegendo inclusive os conceitos alternativos que serão substituídos, permanecem como matérias de investigação. Contudo, as pesquisas indicam que os seguintes fatores são importantes na determinação da direção do processo de acomodação:

- As características específicas de um conceito espontâneo, em particular, constituem-se num importante determinante na escolha do seu sucessor.
- As analogias e metáforas utilizadas pelos aprendizes podem servir na sugestão dos novos conceitos, inclusive para torná-los inteligíveis.

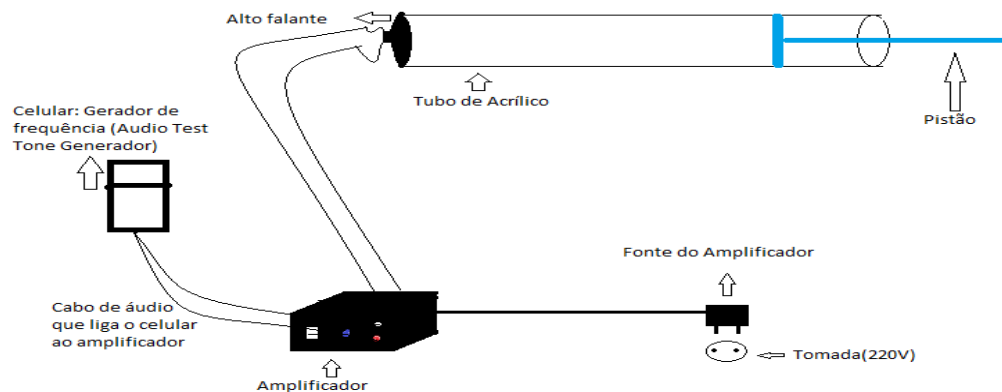
Alinhados com os argumentos acima discutidos, o aparato experimental por nós desenvolvido, além de abordar conteúdos de acústica física, permite enveredar nas relações entre matemática, física e música, possibilitando uma compreensão mais ampla do fenômeno sonoro.

METODOLOGIA – O TUBO DE KUNDT E SUA PROBLEMATIZAÇÃO

Propõe-se nesta pesquisa a utilização experimental do tubo de Kundt para aplicação didática, onde se é possível demonstrar o efeito das ondas estacionárias bem como a teoria envolvida para obtenção das notas musicais de interesse.

Será abordada a teoria de tubos fechados uma vez que o aparato proposto (tubo de Kundt) é composto de um tubo de acrílico cilíndrico com comprimento L (1m) e com diâmetro interno D (10cm), o qual possui em seu interior ar e serragem fina de cortiça. Em uma das extremidades do tubo temos um alto falante que vibrará conforme o comando do celular através de um gerador de frequência (Audio Test Tone Generator). Entre esse celular e o alto falante temos um amplificador que serve para variar a intensidade do som dentro do tubo. Na outra extremidade, fechando o tubo, temos um pistão que pode se mover livremente, fazendo variar o comprimento do tubo quando necessário.

Figura 1: Desenho do aparato (Tubo de Kundt)



Fonte: Elaborada pelo Autor (2017)

Algumas frequências sonoras são verificadas na propagação vibratória no tubo, vibrações essas disseminadas para o pó de cortiça através do ar contido no seu interior. Nota-se que, no momento em que a ressonância ocorre sucede o acúmulo de cortiça (ventre) em determinadas áreas do tubo, diferentemente de alguns pontos em que as vibrações (nó) não são identificadas.

As reflexões dessas ondas na extremidade fechada do tubo fazem com que existam ondas deslocando-se em direções opostas que acabam se superpondo. Nos tubos sonoros existem certas frequências para as quais a superposição provoca uma onda estacionária. Proporcionando ao aluno uma visualização de uma onda estacionária, possibilitando a medição de comprimento de onda, bem como uma analogia com os valores teóricos.

POSSIBILIDADES DE UTILIZAÇÃO

Objetivos:

- Permitir a visualização de ondas estacionárias, a medição de comprimentos de onda e comparar os resultados experimentais com os valores teóricos.
- Investigar a relação das frequências obtidas com as notas musicais.

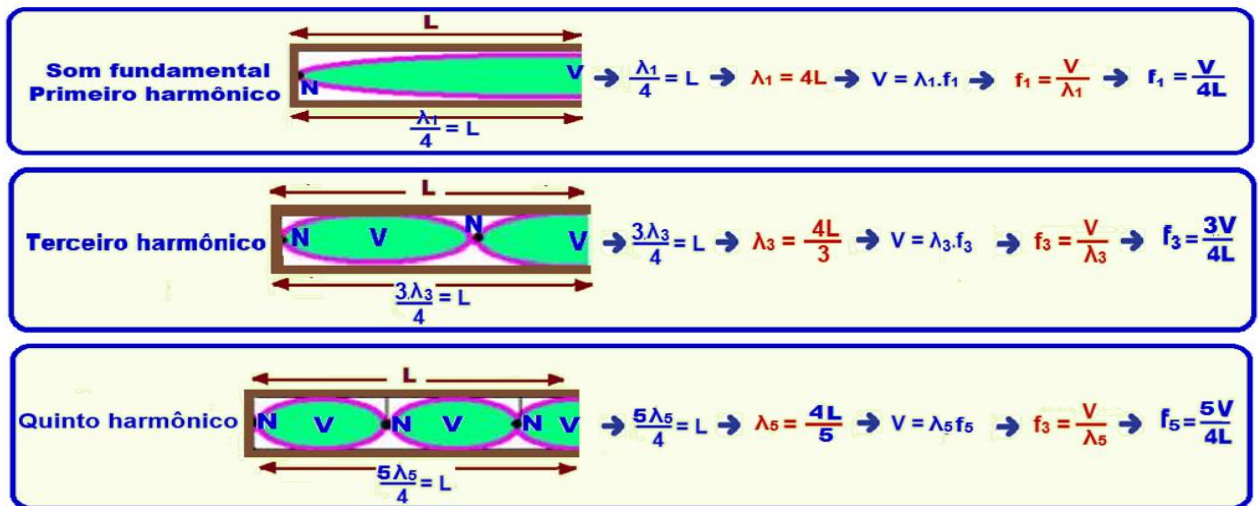
Primeiro passo o professor deverá mostrar o funcionamento geral do aparato, lembrando conhecimentos básicos de ondas (ondas estacionárias, elementos de uma onda, qualidades fisiológica do som, ressonância). Experimento demonstrativo, onde o professor executa e permite a visualização por parte dos alunos.

Possibilidade 1: análise física do aparato

Teoria de tubos sonoros fechados

Visualização teóricas de sucessivos comprimentos e frequências para um tubo sonoro fechado numa das extremidades, de comprimento L. Onde V representa os ventres (pontos de vibração máxima) e N os nós (pontos de vibração nula).

Figura 2: Esquema da formação de ondas estacionárias dentro de tubos sonoros fechados



Expressões genéricas para n harmônicos:

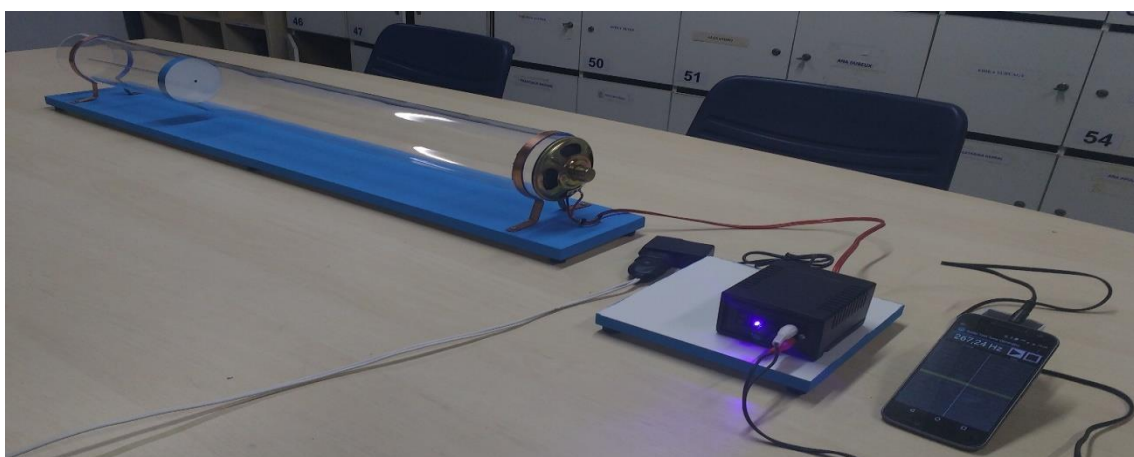
$$\lambda_n = \frac{4L}{n}$$

$$f_n = \frac{nV}{4L}$$

$n = 1, 3, 5, \dots$

Fonte: Internet www.fisicaevestibular.com.br

Figura 3: Foto do aparato experimental - tubo de Kundt



Fonte: celular do autor (2017)

A partir do primeiro passo dado pelo professor, através da demonstração e utilização do aparato, deveremos formar grupos de alunos, onde cada grupo terá que ter um celular com o aplicativo de gerador de frequência (Audio Test ToneGenerator) baixado no celular.

Figura 4: gerador de frequência



Fonte: internet <https://itunes.apple.com/br/app/audio-tone-generator-reference-test>.

Em seguida cada grupo receberá uma atividade experimental para ser realizada com a utilização do aparato, com o tempo estabelecido pelo professor.

Atividade proposta: A equipe terá que medir a frequência de ressonância para dois comprimentos diferentes e calcular a diferença percentual entre valores de frequência (calculado e medido) completando a tabela.

L(tubo) (cm)	L(efet) (cm)	Harmônico	f (calc) (Hz)	f (med) (Hz)	Δf (%)
L1=	L1 =	1			
L1=	L1=	3			
L2=	L2=	1			
L2=	L2=	3			

Fonte: elaborada pelo autor (2017)

Depois que todas as equipes utilizarem o aparato bem como o preenchimento de suas respectivas tabelas, deverão socializar com a turma os resultados obtidos com a mediação do professor.

Possibilidade 2: investigar as relações entre física e música

As escalas musicais têm sua origem na música grega antiga (MONTEIRO JÚNIOR; ALBARRACÍN, 2011). O seu desenvolvimento alcançou grande avanço no século XVII, quando os problemas da harmonia, transposição e modulação das escalas justas, derivadas das consonâncias perfeitas determinadas por Pitágoras, levaram ao desenvolvimento de uma escala musical cujos intervalos eram igualmente espaçados, chamada escala temperada (ROEDERER, 1998, cap. 5). Tal desenvolvimento deu origem a um novo padrão de intervalos na música, patrocinado, dentre outros, pelo eminentemúsico barroco alemão Johann Sebastian Bach (1685-1750) (CARPEAUX, 1999, p. 86-104), principalmente por meio de seu notório conjunto de obras “O Cravo bem temperado”. Bach escreveu diversas obras (prelúdios e fugas) aproveitando as novas possibilidades oferecidas pelo temperamento, tais como, por exemplo, as ilimitadas possibilidades de modulação tonal. Este novo padrão de intervalos resolveu uma limitação herdada dos modos gregos, qual seja a de que não era possível tocar uma mesma música em modos diferentes, ou seja, não era possível transpor de um tom a outro. Nesta escala temperada, chamada de escala cromática, as doze notas musicais dividem a oitava numa progressão geométrica na qual o 13º termo (que é a oitava, ou seja, a nota de mesmo nome) possui o dobro da frequência da fundamental (primeira nota). Os fundamentos físicos e matemáticos da divisão do intervalo de oitava numa progressão geométrica (temperamento) serão discutidos agora.

Sabemos que a distinção entre sons, percebida pelo ouvido, ocorre pelo fato de que notas diferentes possuem alturas (frequências) diferentes. Assim sendo, o que caracteriza a qualidade de uma nota pura ser “mais alta” ou “mais baixa” é o fato de ela ter maior ou menor frequência de vibração. Aqui, não podemos confundir com o uso corriqueiro da palavra altura. Na linguagem popular, este termo é usado para denominar volume, ou seja, a amplitude com que uma fonte sonora vibra, o que está ligado com a quantidade de energia sonora que a fonte emite. Popularmente, quando dizemos “o som está alto”, estamos nos referindo ao volume que está alto, quando, cientificamente, deveríamos dizer o “som está intenso”, pois trata-se de intensidade e não frequência. Desta forma, quanto mais aguda uma nota, maior sua frequência e quanto mais grave uma nota, menor sua frequência. Podemos, então, definir o intervalo entre duas notas quaisquer como sendo a razão entre suas frequências. Assim temos $I = \frac{f_2}{f_1}$. Por exemplo, o

intervalo de quinta ocorre quando $I = \frac{3}{2}$, o de quarta quando $I = \frac{4}{3}$ e o de oitava quando $I = 2$.

Em música, diz-se que quando duas notas estão separadas por um intervalo de oitava, elas são iguais, e toda escala musical começa e termina na mesma nota musical, separada por um intervalo de oitava, ou seja, começa com uma nota de frequência "f" e termina com a mesma nota, agora com frequência "2f". Podemos, então, dizer que a estrutura harmônica moderna é baseada neste padrão de intervalos, conhecido como escala temperada ou escala cromática. A escala cromática possui doze notas. A décima terceira é chamada oitava, a mesma nota musical da primeira, agora com o dobro da frequência, ou seja, a oitava é o intervalo de altura entre duas notas em que uma delas

possui o dobro da frequência da outra. Assim, para construirmos a escala cromática, dividimos o intervalo de oitava, o qual inclui 13 notas musicais, numa progressão geométrica de 13 termos (12 intervalos), criando-se, então, doze intervalos iguais em altura, chamados de semitons. Assim, a frequência de cada nota da escala cromática será $\sqrt[12]{2}$ vezes maior que a sua anterior, definindo, como dissemos acima, uma progressão de razão igual a $\sqrt[12]{2}$. A tabela a seguir mostra a escala cromática iniciando-se no 'Lá' central do piano (A_0 de frequência $f=220\text{Hz}$). Observe que são 13 intervalos iguais em altura e não em variação de frequência, uma vez que o intervalo musical é definido como sendo a razão entre as frequências de duas notas, e não a diferença entre tais frequências.

Por exemplo, como podemos ver na tabela, a variação em frequência da nota 'lá' para a nota 'lá#' é $233,08\text{ Hz} - 220\text{ Hz} = 13,08\text{ Hz}$, enquanto que a variação em frequência da nota 'lá#' para a nota 'si' é $246,94\text{ Hz} - 233,08\text{ Hz} = 13,86\text{ Hz}$. Se considerarmos a diferença em frequência do próximo intervalo, 'si' para 'dó', a diferença em frequência será $261,63\text{ Hz} - 246,94\text{ Hz} = 14,69\text{ Hz}$. Observe que a diferença em frequência vai aumentando à medida em que nos deslocamos para o agudo. Contudo, a diferença em altura entre qualquer um destes intervalos de semitom será sempre a mesma, ou seja, $\frac{261,63}{246,94} = \frac{246,94}{233,08} = \frac{233,08}{220} = \sqrt[12]{2}$, e assim por diante.

Nota	Termos da P.G. $a_n = 220 \cdot \left(\sqrt[12]{2}\right)^{(n-1)}$	Frequência (Hz)	Nome do intervalo
Lá (A)	$a_1 = 220$	220	Unísono
Lá sustenido/Si bemol (A#/Bb)	$a_2 = 220 \cdot \left(\sqrt[12]{2}\right) = 233,0818$ 80...	233	Segunda menor
Si (B)	$a_3 = 220 \cdot \left(\sqrt[12]{2}\right)^2 = 246,9416$ 50...	247	Segunda maior
Dó (C)	$a_4 = 220 \cdot \left(\sqrt[12]{2}\right)^3 = 261,6255$ 65...	262	Terça menor
Dó sustenido/Ré bemol (C#/Db)	$a_5 = 220 \cdot \left(\sqrt[12]{2}\right)^4 = 277,1826$ 30...	277	Terça maior
Ré (D)	$a_6 = 220 \cdot \left(\sqrt[12]{2}\right)^5 = 293,6647$ 67...	294	Quarta justa
Ré sustenido/Mi bemol (D#/Eb)	$a_7 = 220 \cdot \left(\sqrt[12]{2}\right)^6 = 311,1269$ 83...	311	Quarta aumentada/ Quinta diminuta
Mi (E)	$a_8 = 220 \cdot \left(\sqrt[12]{2}\right)^7 = 329,6275$ 56...	330	Quinta justa
Fá (F)	$a_9 = 220 \cdot \left(\sqrt[12]{2}\right)^8 = 349,2282$ 31...	349	Quinta aumentada/ Sexta menor
Fá sustenido/Sol bemol (F#/Gb)	$a_{10} = 220 \cdot \left(\sqrt[12]{2}\right)^9 = 369,994$ 422...	370	Sexta maior/ Sétima diminuta
Sol (G)	$a_{11} = 220 \cdot \left(\sqrt[12]{2}\right)^{10} = 391,99$ 5435...	392	Sétima menor
Sol sustenido/Lá bemol (G#/Ab)	$a_{12} = 220 \cdot \left(\sqrt[12]{2}\right)^{11} = 415,30$ 4697...	415	Sétima maior
Lá (A)	$a_{13} = 220 \cdot \left(\sqrt[12]{2}\right)^{12} = 440$	440	Oitava

CONCLUSÃO

Espera-se com a experimentação desse aparato um maior interesse por parte dos alunos, bem como uma melhoria do seu processo de ensino aprendido. Através de um caráter investigativo e problematizado, trazendo aos professores possibilidades diversas de sua utilização. Com relação a possibilidade 1, apesar de os valores calculados ficarem muito próximos aos medidos, observa-se uma pequena discrepância nos valores comparados, possivelmente causada por um erro porcentual em relação aos obtidos na medida do comprimento das ondas geradas no tubo ou por uma inexatidão nas frequências medidas no experimento. Através da possibilidade 2 esperamos que o aluno consiga estabelecer uma relação entre a física e a música. Identificando as suas frequências e suas respectivas notas musicais, bem como seus respectivos intervalos musicais.

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**, vol. 25, no. 2, Junho, 2003.
- ARRUDA, S. M.; VILLANI, A. Mudança conceitual no ensino de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 11, n. 2, p. 88-99, 1994.
- AZEVEDO, H. L. et al. O uso do experimento no ensino da física: tendências apartir do levantamento dos artigos em periódicos daárea no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS - ENPEC, Florianópolis, 9. **Atas...** Florianópolis: ABRAPEC, 2009.
- BRASIL.**Orientações Curriculares Para o Ensino Médio e Secretaria de Educação Básica.** Ministério da Educação. Brasília, 2006. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/%20pdf/book_volume_01_internet.pdf> Acesso em: 13 Jul. 2017.
- DRIVER, R. **The pupil as scientist?** Philadelphia: Open University Press, 1983.
- _____. Student's conceptions and the learning of science. **International Journal of Science Education**, v. 11, special issue, p. 481 – 490, 1989.
- GRILLO, L. M; PEREZ, R. L. **Física e Música** – MNPEF, Ed livraria da Física, 2016
- MONTEIRO JÚNIOR, F. N.; ALBARRACÍN, L. M. M. **Revista Semiárido De Visu**, v.1, n.2, p.80-91, 2011.
- POSNER, G. J. et al. Accomodation of a scientific conception: toward a theory of conceptualchange. **Science Education**, v. 66, p. 211-227, 1982.
- QUEIROZ, G.; AZEVEDO, C. A. A ciência alternativa do senso comum e o treinamento deprofessores. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 4, n. 1, p. 7-16, 1987.
- TOMASINI, N. G.; BALANDI, B. P. Pupils conceptions: some implications for teacher training.In: International summer workshop: research on physics education, 1983, La Londe les Maures.**Proceedings...**La Londe des Maures: IPERC, 1983. 1 CD-ROM.
- VIENNOT; L. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. **European Journal of Science Education**, v. 1, n. 2, p. 205-221, 1979.