

Produto educacional

Sequência didática para a aprendizagem significativa da acústica física e da acústica musical, relativas aos tubos sonoros, utilizando organizadores prévios e atividades experimentais com o tubo de Kundt

Autor: Prof. Airton dos Santos Maciel Neto

4.1. 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 [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 3º ano do ensino médio de forma superficial, matematizada e expositiva, sem relacionar com o cotidiano do aluno, aumentando, assim, o abismo existente entre o ensino de física e o mundo real. Sem esquecer que a maioria dos livros didáticos de física traz no capítulo de acústica a relação com as escalas musicais. Entretanto, a maioria dos professores não fomenta tal relação. Numa pesquisa recente, percebemos que, muitas vezes, isto acontece porque os colegas desconhecem as relações entre física, matemática e música no contexto da acústica. Além de toda a dificuldade encontrada pelos colegas, fruto, muitas vezes, de uma formação na licenciatura em física compartimentalizada, em que tais relações não são discutidas, os livros textos apresentam-nas de forma superficial e, muitas vezes, distorcida, com relação aos saberes de referência Júnior [1998].

O estudo do tema “música”, no interior do capítulo de acústica, assemelha-se mais a um exemplo de aplicação do que a um conteúdo em si. Dá-se, então, uma importância menor a algo que é surpreendentemente valioso no entendimento da acústica como uma ciência única. Tal apresentação, embora coerente com a construção dos temas ao longo do texto, não explora as possibilidades que o tema música oferece para a apresentação de conteúdos relacionados à construção de competências e habilidades a ele relacionadas. Se as relações entre ciência, matemática e música não são exploradas em nossa prática docente, não possibilitamos a construção de

competências para lidar com o entendimento da construção das escalas musicais, com o estudo da harmonia, nem da física que está na base da construção de instrumentos musicais de corda ou sopro. 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. Partindo de conceitos subsunçores, podemos desenvolver atividades experimentais lúdicas e que permitam refletir sobre as relações entre ciência, matemática e música.

Segundo Grillo [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. É, historicamente, inclusive, um tema transversal.

As Orientações Curriculares para o Ensino Médio [Brasil 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 [Brasil 2006], por meio 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 os 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.

É perceptível nos dias atuais um aumento do gosto dos jovens pelas artes e pela música. Este interesse possibilita uma abordagem de conteúdos da acústica inseridos em duas perspectivas presentes nas orientações encontradas nos PCN+: a da contextualização e da interdisciplinaridade. Na contextualização o ponto de partida para o que se quer ensinar ao aluno é a realidade vivida por ele. Esta realidade torna-se também o ponto de chegada, com um novo olhar e compreensão que vai além do cotidiano do aluno.

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, onde iremos apresentar uma metodologia para ensinar acústica, por meio 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.

A utilização desse aparato experimental proporciona uma abordagem interdisciplinar, contextualizada, motivadora, criativa, investigadora, que busca contemplar as determinações dos parâmetros curriculares. Além disso, oferece, ainda, um ensino conectado com a música, de maneira inovadora, contemplando e melhorando a teoria dos livros didáticos do ensino básico. Assim, temos um desenvolvimento de competências e habilidades que facilita a compreensão da ciência e uma melhor aproximação do assunto com a realidade.

Esse produto educacional pode ser utilizado por professores de física no ensino básico, para que atuem como facilitadores no processo do ensino e da aprendizagem do assunto de acústica dos tubos sonoros, para alunos do ensino médio.

4.2. O aparato experimental utilizado: o tubo de Kundt

Objetivo geral:

Possibilitar, de maneira contextualizada, interdisciplinar, motivadora, reflexiva e problematizadora, a aprendizagem significativa de vários conceitos estudados em acústica física, relacionando-os aos correlatos da acústica musical.

Objetivos específicos:

- Visualizar a formação de ondas sonoras estacionárias dentro de tubos abertos e fechados.
- Identificar elementos que compõem essas ondas sonoras.
- Entender conceitos de frequência, amplitude, velocidade, ressonância, comprimento de onda entre outros.
- Medir e relacionar o comprimento de onda das ondas estacionárias obtidas com o comprimento do tubo.
- Determinar a velocidade do som.
- Identificar e diferenciar as qualidades fisiológicas do som.
- Fazer conexões das frequências obtidas com as escalas musicais por meio dos instrumentos de sopro.

Disposição do aparato na bancada

O aparato é composto de dois tubos de acrílico cilíndrico com comprimento L de 1,00 metro, cada, e com diâmetro interno D de 10 centímetros, onde, no interior dos quais é depositada uma camada de bolinhas de isopor. O aparato foi confeccionado com dois tubo para facilitar o transporte e armazenamento. Quando da utilização, os dois tubos são unidos por uma fita adesiva, conforme mostra a figura 4.1. Na extremidade livre do primeiro tubo dispomos uma caixa de som amplificada, que vibrará conforme o comando de um aplicativo gerador de áudio instalado num smartphone, enquanto na outra extremidade colocamos um aparador para recolher as bolinhas que são lançadas pra fora do tubo pelo movimento vibratório.

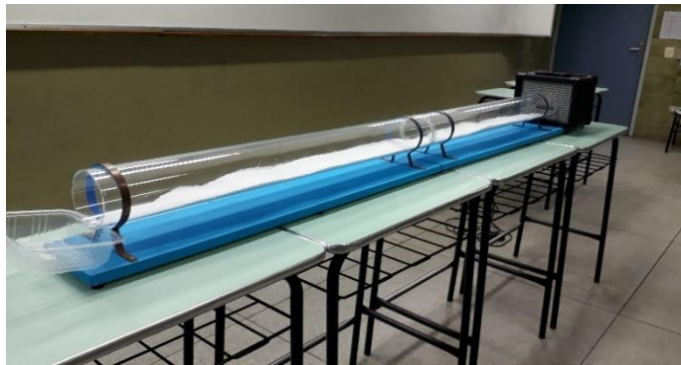


Figura 4.1. Foto do aparato montado na sala de aula.

1. Com auxílio da pá com haste, distribua uma pequena camada uniforme de bolinhas de isopor ao longo do interior do tubo, conforme a figura 4.2, formando assim uma camada de espessura média. Coloque duas cubas coletoras nas extremidades do tubo.
2. Ligue a caixa de som e selecione o modo bluetooth. Em seguida, ative o modo bluetooth do smartphone e acione o comando 'parear'. Uma vez pareado, o sinal de áudio oriundo do aplicativo 'gerador de áudio' será enviado à caixa de som via 'wireless'. Certifique-se que, ao ligar a caixa de som, o volume principal esteja próximo do mínimo, para não incomodar. Em seguida, posicione a caixa de som próxima a uma das extremidades do tubo aberto, conforme mostra a figura 4.3.
3. Estando os controles de volumes e frequência do gerador desligados, ligue a chave geral e acione o oscilador, estando o volume do smartphone com uma intensidade em torno de 50% do máximo. Ajuste o volume da caixa de som para um nível de 50% do máximo. Em seguida, varie lentamente a frequência até que se observe a formação de regiões alternadas de nós (imóveis) e ventres (movimento) de bolinhas de isopor. As

figuras 4.4 e 4.5 mostram, respectivamente, o primeiro e o segundo modos naturais de vibração do tubo aberto, onde podemos observar, no primeiro modo, um único nó no ponto médio do tubo e dois ventres, um em cada extremidade, enquanto que, no segundo modo, podemos observar dois nós, a um quarto e três quartos distais em relação a qualquer uma das extremidades e três ventres, sendo um numa extremidade, outro na outra extremidade e o terceiro no ponto médio do tubo.



Figura 4.2. Depósito das bolinhas de isopor.



Figura 4.3. Ativação bluetooth e arranjo da caixa próxima à extremidade do tubo.



Figura 4.4. Primeiro modo de vibração do tubo aberto.



Figura 4.5. Segundo modo de vibração do tubo aberto.

No interior do tubo de 2 metros (dois tubos de um metro cada, unidos por fita adesiva) estabelecem-se ondas estacionárias quando o alto-falante emite um som cuja frequência seja uma das frequências naturais do tubo. As vibrações são transmitidas para bolinhas de isopor pelo ar que está contido dentro do tubo. Observa-se que, quando ocorre a ressonância, em qualquer um dos modos naturais de vibração do tubo, em certas regiões do tubo há acúmulo de bolinhas em algumas regiões que não apresentam vibrações longitudinais; essas regiões representam os nós da onda estacionária estabelecida. Noutras regiões, há uma intensa vibração das bolinhas, caracterizando os ventres. Sabendo-se a distância entre dois centros sucessivos de acúmulos de bolinhas é o comprimento de onda da onda estacionária estabelecida e conhecendo-se a frequência

de tal onde (lida no gerador de áudio), pode-se determinar a velocidade de propagação do som no ar contido no tubo.

4.3. Roteiro de desenvolvimento didático

Para atingir os objetivos propostos nesse produto educacional, indicamos dois encontros semanais sucessivos de duas horas cada, totalizando quatro horas de aula. No primeiro encontro, organizamos a turma em dois grupos, aplicamos o pré-teste, individualmente, e, na sequência, desenvolvemos as atividades tomadas como organizadores prévios, com as quais tornamos possível ‘passar’ por todos os conceitos que julgamos importantes no entendimento das relações entre acústica física e acústica musical no estudo dos tubos sonoros. Encerramos este primeiro encontro com a indicação de uma pesquisa a ser realizada pelos participantes, cujos resultados serão compartilhados durante o segundo encontro. No segundo encontro, além da apresentação dos resultados da citada pesquisa, haverá a condução de um debate sobre tais resultados, bem como sobre o entendimento construído acerca da utilização do tubo de Kundt, que será realizada, por cada um dos dois grupos, no período compreendido entre os dois encontros. Para isto, o professor ficará, entre uma aula e outra, à disposição dos alunos para que possam utilizar o aparato na presença do professor, bem como tirar algumas dúvidas caso necessário, num horário acordado por ambos. Como forma de otimizar a organização destas atividades, sugerimos a criação, assim como fizemos, de um grupo no WhatsApp.

1ª AULA (2 horas)

Objetivo: Identificar conhecimentos já existentes nos alunos sobre acústica, por meio de organizadores prévios, da aplicação de um pré-teste e da exposição do conteúdo pelo professor.

Uma vez que a acústica em tubos sonoros, normalmente, é o último tópico a ser trabalhado em ondulatória, os alunos precisam de alguns pré-requisitos no que diz respeito ao conhecimento sobre ondas. Em resumo, o aluno precisa ter clareza que só se estabelece no tubo sonoro uma onda estacionária quando a frequência da fonte sonora for uma das frequências naturais do tubo. Além disso, pode se estabelecer mais de uma onda estacionária ao mesmo tempo. Precisa ter clareza, igualmente, que estamos tratando de ondas mecânicas e que, no caso do som, são longitudinais e cuja velocidade é função das características mecânicas do meio, a saber, densidade e elasticidade. Em

última instância, precisa entender que num instrumento musical de sopro, quando uma nota é tocada, se estabelece mais de uma onda estacionária, ou seja, mais de um harmônico, que depende de fatores como, a forma do tubo, a embocadura do instrumento, o sopro do executante. O conjunto dos harmônicos e suas respectivas amplitudes, relativas à amplitude do primeiro harmônico, ou modo fundamental, constituem-se, juntas, as duas características mais importantes na formação do timbre de um instrumento musical. O timbre depende ainda do ataque, ou seja, da forma como o som é produzido pelo executante, bem como de outros fatores, tais como a diferença de fase entre os harmônicos. Por fim, precisa entender também que os harmônicos guardam, em relação ao modo fundamental, intervalos bem definidos e que são os mesmos da escala cromática de 12 semitons. Na tabela 4.1, a seguir, apresentamos, em resumo, os objetivos a serem alcançados, bem como os organizadores prévios a serem utilizados para alcançar cada um dos objetivos.

OBJETIVOS	ORGANIZADORES PRÉVIOS
1. Classificação de ondas: Saber a diferença entre onda mecânica e eletromagnética, bem como entre onda longitudinal e transversal. Conceito inicial de ressonância.	- Dinâmica do barulho e silêncio - Mola grande de caderno (espiral) - Folha de papel amassada e um barbante
2. Ressonância e ondas estacionárias: Saber como se formam e suas características. Quando a fonte sonora próxima ao tubo emite um som puro cuja frequência seja uma das frequências naturais do tubo, estabelecer-se-á uma onda estacionária. No caso de tons complexos, basta que qualquer uma das frequências que o compõem seja uma das frequências naturais do tubo para que também se estabeleçam ondas estacionárias.	- Mola grande de caderno (espiral) - Conjunto de tubos sonoros da escala maior. - Kazzo Hook
3. Diferenciação entre altura e intensidade: por meio da integração reconciliativa e da diferenciação progressiva, relacionar amplitude e volume como correlatos da intensidade, assim como frequência e altura, como correlatos da diferenciação entre as notas musicais. Trabalhar a relação entre frequência, comprimento de onda e velocidade. Intervalo musical e escalas musicais básicas.	- Flauta doce - Escaleta - Utilização de um aplicativo afinador.
4. Conceito de timbre: relacionar o conceito de timbre à série harmônica de um instrumento musical, comparando a forma de onda resultante da mesma nota musical, tocada em diferentes instrumentos, utilizando-se a representação gráfica de um aplicativo 'osciloscópio' e do exercício de treinar a audição para perceber as diferenças.	- Flauta doce - Escaleta

Tabela 4.1. Objetivos e organizadores prévios

A aula será dividida em dois momentos:

1º MOMENTO (60 minutos)

Esse momento se inicia com a aplicação de um pré-teste individual sobre acústica em tubos sonoros. Os alunos terão 20 minutos para responder. A aplicação do pré-teste (figura 4.6) tem o objetivo principal de identificar se os conceitos prévios, acima elencados, já estão presentes no pensamento dos alunos, e, assim, possam ser aperfeiçoados. Caso não estejam em sua totalidade, serão construídos. A seguir, elencamos as perguntas que compõem o citado pré-teste.



Figura 4.6. Alunos realizando o pré-teste.

PRÉ-TESTE

- 1) O que é, para você, uma onda?
- 2) Qual a diferença entre uma onda mecânica e eletromagnética?
- 3) O som é uma onda longitudinal ou transversal? Bidimensional ou tridimensional?
- 4) Explique o que são ondas mecânicas audíveis.
- 4) O que você entende por ressonância?
- 5) O que é uma onda estacionária?
- 6) O que é frequência fundamental ou primeiro harmônico?
- 7) Uma onda sonora possui velocidade de 354m/s e uma frequência de 1000Hz. Qual o comprimento de onda?
- 8) Podemos distinguir a voz de duas pessoas pela frequência, pela intensidade ou pelo timbre? Explique.
- 9) O que é intervalo de oitava?
- 10) Uma nota musical cuja frequência é $f_1 = 125\text{Hz}$ está duas oitavas acima de uma nota musical cuja frequência é f_2 . Qual é o valor de f_2 ?
- 11) Determine a frequência fundamental de um som emitido em um tubo aberto de 2m de comprimento. Considere a velocidade do som no ar de 340m/s.

Após recolher o pré-teste, o professor deve despertar o interesse e a curiosidade dos alunos, tornando esse primeiro momento da aula, lúdico, curioso e motivador. Para isso, é necessária uma aula dialogada e com a utilização dos organizadores prévios citados anteriormente. É muito importante que o professor não defina nada e nem diga se está certo ou errado, limitando, assim, a liberdade de expressão. Neste momento, o papel do professor é o de mediador, identificando conhecimentos já existentes no pensamento dos alunos e que eles precisam construir seus próprios conceitos preliminares.

O professor começa a aula com a seguinte dinâmica: peça aos alunos que façam barulho utilizando a voz, as mãos, as pernas e objetos; em seguida peça para que fiquem em silêncio. Após alguns instantes, pergunte: O que foi necessário para haver o barulho? E o silêncio? Então é possível fazer barulho sem movimento? As respostas dos alunos podem ser diversas. Porém o objetivo é levar o aluno a perceber que o som vem do movimento, possibilitando o entendimento do som enquanto uma onda mecânica. Em seguida, o professor deve utilizar a mola espiral (figura 4.7), pedindo que os alunos formem duplas, para que cada dupla receba uma. A partir daí começa a atividade, onde um aluno segura uma extremidade e outro aluno, a outra conforme a figura 4.8. O professor pede que as duplas façam o que ele está propondo. Primeiro o professor pede que vejam a diferença de uma onda longitudinal e transversal. Em segundo, que visualizem o primeiro harmônico e o segundo harmônico por meio de perturbações provocadas nas extremidades da mola. Com isso mostrar ondas estacionárias e seus respectivos harmônicos, bem como o conceito de ressonância. Agora o professor deve utilizar o barbante amarrando a bolinha de papel, formando um pêndulo simples, conforme mostra a figura 4.9. Mostrar que se soprarmos de qualquer forma o pêndulo não terá uma grande oscilação (figura 4.10). Só quando os jatos de ar são lançados com intervalos de tempo que são múltiplos do período de oscilação do pêndulo é que haverá ressonância. Podemos dar o exemplo de uma criança num balanço, resgatando experiências vivenciadas pela maioria das pessoas, colocando, assim, em discussão as primeiras conceituações da ressonância. Percebam aqui nossa preocupação com os processos de diferenciação e reconciliação em torno de um conceito de ressonância mais amplo e profundo. Ainda, com o intuito de ampliar a experiência sensorial em torno do conceito de ressonância, utilizamos um conjunto de tubos sonoros, os quais foram construídos para utilização como organizador prévio neste roteiro de desenvolvimento didático. O modelo montado por nós pode ser visto nas figuras 4.11 e 4.12. Tomamos

por base a velocidade do som com um valor de 340m/s e a nota C de tanto Hz, calculamos, por meio da relação $v = \lambda \cdot f$, o comprimento do menor tubo. Daí, por meio da progressão geométrica de razão $\sqrt[12]{2}$, calculamos os comprimentos dos outros oito tubos, formando a escala diatônica maior. Os tubos são então ‘passados’ perto do ouvido, produzindo a sensação ascendente da escala maior. Com isso, mostramos que o som do ambiente entra em ressonância com os tubos. Em seguida, utilizaremos o Kazzo (figura 4.13) para reforçar ainda mais a ressonância e a produção de ondas estacionárias dentro de tubos. Mostrando que não é qualquer sopro que conseguimos emitir o som pela membrana do instrumento. O professor pode até pedir que alguns alunos tentem emitir um som utilizando o Kazzo, conforme figura 4.14. Novamente, aqui, buscamos a diferenciação progressiva e que, num dado momento, haverá a tarefa de ‘juntar tudo’ num conceito só, o que caracteriza a reconciliação integrativa. É importante frisar que, durante todo o processo, devemos, enquanto professores mediadores, identificar relações entre tais organizadores e os conceitos subjacentes às qualidades fisiológicas do som e suas relações com as notas musicais. Por fim, o professor, utilizando a flauta doce (figura 4.15) e a escaleta (figura 4.16) colocará em discussão a relação entre frequência e altura e intensidade e volume, emitindo algumas notas musicais. Mas, antes o professor deve mostrar como funciona a flauta doce e a escaleta, fazendo sempre analogia com outros instrumentos. Reforçando a forte relação da frequência com as notas musicais. Bem como a diferença de um som grave e agudo. O professor deve propor que os alunos baixem nos seus celulares um afinador de notas, em seguida passar nas bancas emitindo notas na escaleta e pedindo que visualizem, por meio do aplicativo, nos seus respectivos celulares, conferindo suas frequências, notas, investigando, inclusive, o grau de afinação desse instrumento conforme figura 4.17. Para reforçar ainda mais essa etapa, o professor pode propor que em duas eles façam a mesma atividade com uma flauta comercial que será entregue pelo professor, conforme figura 4.18.



Figura 4.7. Mola espiral.



Figura 4.8. Alunos utilizando a mola espiral.



Figura 4.9. Pêndulo simples.



Figura 4.10. Utilização do pêndulo simples.



Figura 4.11. Conjuntos de tubos.



Figura 4.12. Utilização do conjunto de tubos.



Figura 4.13. Kazoo.



Figura 4.14. Kazoo.



Figura 4.15. Flauta doce.



Figura 4.16. Escaleta.



Figura 4.17. Utilização da escaleta e do aplicativo.



Figura 4.18. Utilização da flauta doce e aplicativo.

No final desse momento, o professor deve pedir que dois alunos, cada um com um instrumento diferente, emita no escuro a mesma nota musical, um de cada vez. E pedir que os alunos, verifiquem se existe diferença entre as duas notas emitidas, ou até de uma de dois instrumentos, podendo o professor pedir que os alunos tragam instrumentos musicais para a aula. É um convite a uma escuta pensante dos sons,

buscando experimentar e identificar a variação em altura, a variação em volume, a existência de mais de um harmônico. Na sequência, convidamos os alunos a visualizarem gráficos, por meio da utilização de aplicativo osciloscópio, contribuindo para a reconciliação em torno do conceito de timbre.

2º MOMENTO (60min)

O professor irá falar sobre o aparato experimental aos alunos, mostrando como funciona, para que serve e como foi produzido (figura 4.19). Pedir que se dividam em dois grupos e que um membro do grupo baixe o aplicativo no celular (gerador de frequência). Neste momento inicial, mesmo estando os grupos já definidos, todos os alunos participantes experimentarão a utilização do tubo, desenvolvendo a habilidade de utilizar o aplicativo gerador de áudio, bem como as peças que compõem o tubo de Kundt. Cada um dos alunos participantes terá a oportunidade de, pelo menos uma vez, estabelecer uma onda estacionária, possibilitando uma interação com todo o processo que envolve a utilização do aparato experimental conforme a figura 4.20. Tudo sendo supervisionado pelo professor. Por fim, o professor passará uma pesquisa para ser realizada por cada um dos dois grupos separadamente e cujos resultados serão apresentados e discutidos entre os grupos e sob a mediação do professor, na aula seguinte. O professor deverá marcar, com cada um dos grupos, separadamente, um horário para que os alunos possam ter acesso ao aparato para fazerem os procedimentos experimentais necessários às demandas constantes no item 4 da pesquisa. A seguir apresentamos os questionamentos que compõem a pesquisa que será realizada pelos dois grupos, separadamente, durante o intervalo entre as duas aulas.



Figura 4.19. Professor mostrando o aparato.



Figura 4.20. Os alunos mexendo no aparato.

PESQUISA PARA OS DOIS GRUPOS

- 1) Como se dá o fenômeno de ressonância em tubos sonoros abertos? E fechados?
- 2) O que é uma onda estacionária e como se forma no interior do tubo aberto? E fechado?
- 3) Por meio de uma pequena apresentação, faça uma analogia entre os tubos sonoros e os instrumentos de sopro. Como são produzidas as diferentes notas nesses instrumentos? Fazendo um paralelo entre acústica física e acústica musical.
- 4) Anote a frequência para a qual foi encontrada a onda estacionária e meça o comprimento de onda λ utilizando uma régua milimetrada. Repita para outros valores de frequência para os quais possam ser observadas formações de ondas estacionárias; com os dados obtidos, encontre o valor da velocidade de propagação do som.
- 5) O que evidencia experimentalmente que a velocidade da onda sonora no ar é a mesma para todos os comprimentos de onda?
- 6) Apresente para os outros os colegas os resultados obtidos.

É importante destacar a disposição do professor em tirar dúvidas e permitir que os alunos realizem medições no aparato que auxiliem na realização da pesquisa. Esse horário deverá ser combinado por meio do grupo de WhatsApp entre a primeira aula e a segunda aula. O professor montou o aparato num local da escola e ficou duas horas disponível.

2ª AULA (2 horas)

Objetivo: Socializar as apresentações e promover a consolidação da aprendizagem significativa.

A aula será dividida em três momentos

1º MOMENTO (30min): Nesse momento, cada grupo se reunirá com seus integrantes para dialogarem entre si e refletirem sobre a pesquisa passada na aula anterior pelo professor. Durante trinta minutos, o aparato ficará disponível no centro da sala para quem quiser utilizar com o intuito de realizar algum teste adicional que julgar necessário ou ainda com o intuito de dirimir dúvidas que possam ter surgido após o período de utilização do aparato ou durante o diálogo entre os integrantes de cada grupo. O professor nesse momento da aula será um facilitador no processo, dando o suporte necessário aos grupos para suas respectivas apresentações.

2º MOMENTO (40min): Nesse momento iniciará as apresentações da pesquisa pelos grupos. Onde os alunos de cada grupo irão socializar o resultado da pesquisa para os alunos do outro grupo e o professor. Essa apresentação poderá ser feita de forma coletiva ou por um representante do grupo (figura 4.21). O mais importante é que a palavra esteja sempre aberta para quem quiser. Cada grupo terá 20 minutos para expor para a classe.



Figura 4.21. Aluno apresentando a pesquisa.

3º MOMENTO (30min): Depois das duas apresentações, o professor fará as devidas intervenções e complementações, gerando diálogos e debates entre professor e alunos, aperfeiçoando ainda mais os conhecimentos adquiridos durante as aulas. Nesse momento, o professor deverá fazer um resgate e complementação do que foi trabalhado e discutido, utilizando um data show conforme a figura 4.22. O professor deverá reforçar, claramente, a associação entre o estímulo física, qual seja a frequência do som e a resposta fisiológica, que é, por sua vez, a sensação de altura.

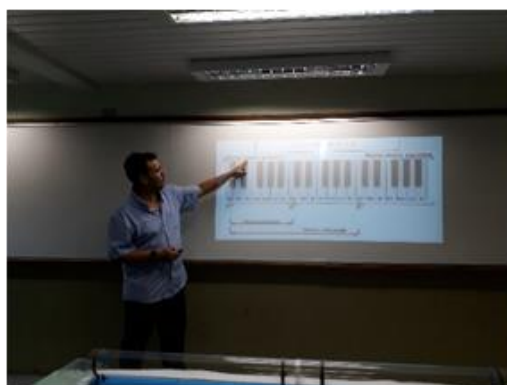


Figura 4.22. Professor explicando a relação de frequência com as notas musicais.

Outra forma utilizada pelo professor para resgatar e aprimorar os conhecimentos vivenciados e por meio de um mapa conceitual, apresentando os conceitos da acústica física e da acústica musical, bem como suas inter-relações. No momento dessa exposição é importante o professor fazer sempre associação com os organizadores prévios feitos anteriormente. Com isso, o mapa conceitual (figura 4.23), se torna um recurso que possibilita a integração reconciliativa, atingindo uma superordenação dos processos cognitivos trabalhados no primeiro momento.

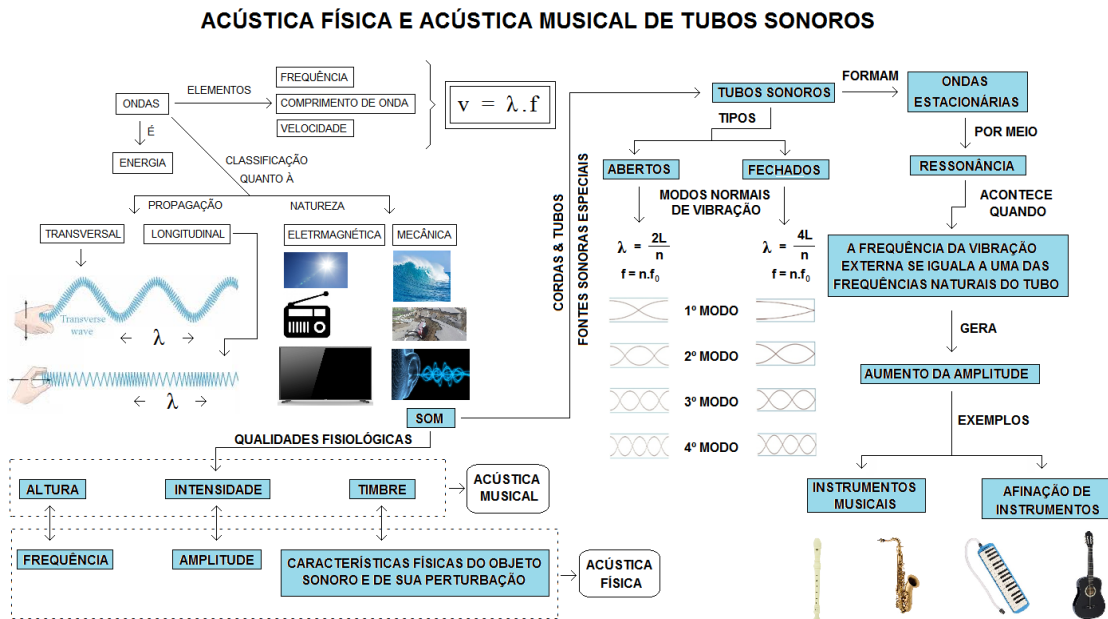


Figura 4.23. Mapa conceitual da acústica física e da acústica musical dos tubos sonoros.

Por fim, será aplicado um pós-teste individual, igual ao pré-teste que foi aplicado no início da primeira aula, com o qual teremos um modo de verificar se houve aprendizagem significativa. Tal pós-teste é composto das mesmas questões do pré-teste, por entendermos que são questões abertas e subjetivas e que os não sabem que haverá a repetição. O aluno terá os mesmos 20 minutos do pré-teste para responder (figura 4.24).



Figura 4.24. Alunos realizando pós-teste.