

Produto Educacional (MNPEF)

**O Ensino de Acústica Através do Uso de Instrumentos Musicais: Uma
Proposta de Ensino Utilizando os 3 Momentos Pedagógicos**

Diego Novaes Soares

Aldieris Braz Amorim Caprini

Cariacica

2018

Sumário

| | |
|--|----|
| PARTE 1: APRESENTAÇÃO E IDEIAS INICIAIS (AULA EXPOSITIVA)..... | 3 |
| PARTE 2: O SOM PRODUZIDO EM INSTRUMENTOS DE CORDA | 6 |
| PARTE 3: MODOS DE VIBRAÇÃO DE UMA ONDA NA CORDA (VIBRAÇÃO DE UMA CORDA)..... | 11 |
| PARTE 4: ANÁLISE ESPECTRAL DO SOM (TIMBRE) | 17 |

PARTE 1: APRESENTAÇÃO E IDEIAS INICIAIS (AULA EXPOSITIVA)

Objetivos:

- Conhecer ideias iniciais sobre acústica.
- Definir o som como uma onda.
- Conceituar frequência, comprimento de onda, período e amplitude em uma onda.
- Definir a velocidade de uma onda

-Momento Inicial (Tempo estimado = 3 minutos)

- Começar a aula esclarecendo para a turma qual é o objeto de estudo que iremos realizar. Sendo assim esclarecer que se trata de um estudo sobre acústica, e utilizando como motivação para o estudo a compreensão a respeito da física envolvida nos instrumentos musicais e no som produzidos por esses.

- Aplicação dos Questionários (Tempo Estimado = 15 minutos)

Nesse momento será dado aos alunos um questionário pré-teste com o objetivo de checar o que o aluno já sabe sobre o conteúdo que será aplicado. Além desse questionário pré-teste será também dado aos alunos um questionário que tem o objetivo de levantar dados sobre a familiaridade dos estudantes com os instrumentos musicais, e também um termo de livre consentimento na qual eles assinarão caso desejem participar da pesquisa.

- **Perguntar aos alunos:** "Já ouviram falar de acústica? O que é isso?"

- Ouvir as respostas dos alunos, caso ninguém chegue a próximo da respostas ou estejam tímidos para responder, definir como:

- Parte da física que estuda o som, a física do som

- **Perguntar aos alunos:** "O que é o som?"

- Ouvir as respostas dos alunos.

- Definir como: Uma onda mecânica, uma onda longitudinal de pressão.

- Comentar sobre faixa de frequência que ouvimos: 20Hz a 20KHz

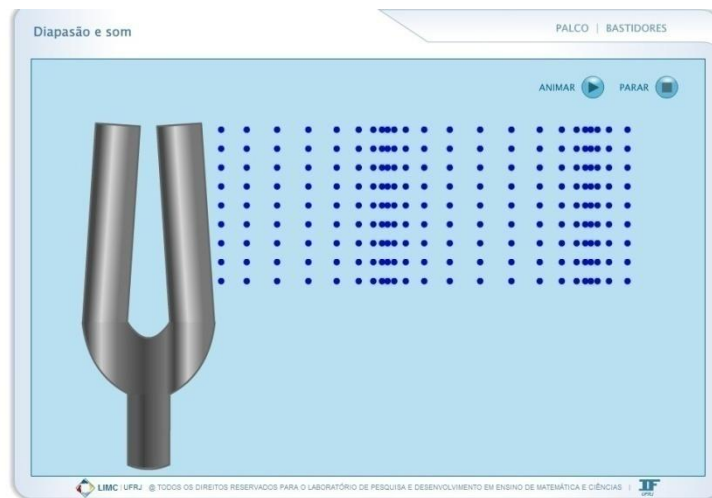
Tempo Estimado = 5 a 10 minutos

As ondas mecânicas são oscilações que se propagam em um meio material, propagando energia através de variações de pressão.

- Usar Simulação (Diapásão gerando onda sonora)

Esta simulação está disponível em: <http://www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos/>

Disponível também na página de arquivos online referentes a esse produto educacional: <https://sites.google.com/view/ensino-acustica-im-mnpef-dns/arquivos>



Interface Gráfica do Simulador

Comentário:

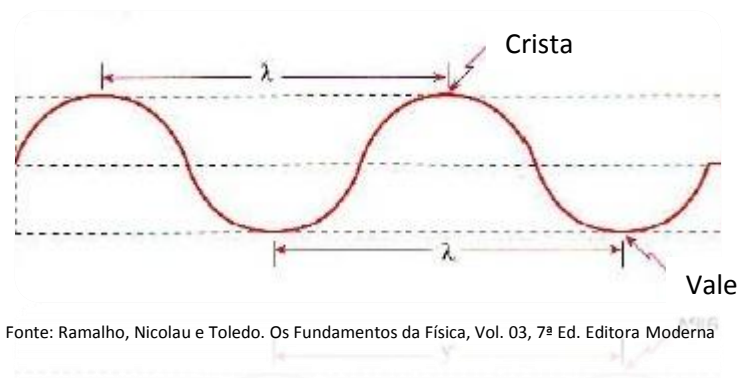
Geralmente quando se aborda o conteúdo de acústica no ensino médio outros conteúdos ligados a ondulatória de modo geral e movimentos oscilatórios podem ter sido abordados

Mesmo assim faremos uma breve revisão de alguns conceitos importantes para darmos continuidade ao estudo.

- Explorar algumas propriedades das ondas sonoras: (tempo estimado = 10 minutos)

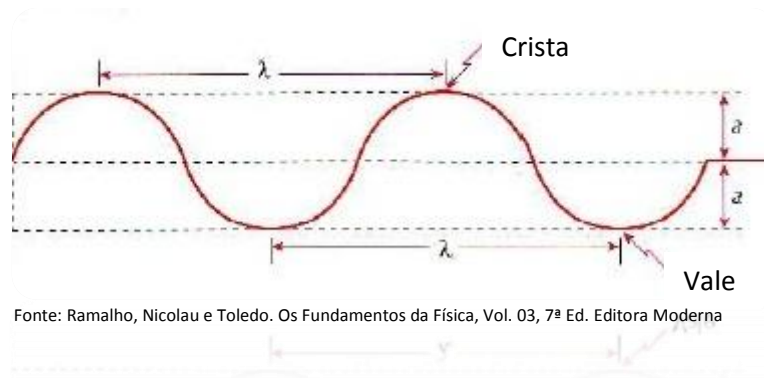
- Definir "Comprimento de onda λ "

Definimos o comprimento de onda λ como a distância entre duas cristas ou dois vales consecutivos.



Fonte: Ramalho, Nicolau e Toledo. Os Fundamentos da Física, Vol. 03, 7ª Ed. Editora Moderna

- Identificar o que é a "Amplitude" da onda na imagem.



- Definir "**Frequência f** "

- Número de oscilações por unidade de tempo.

- Definição "**Período T** "

- Tempo gasto pelo sistema para realizar uma oscilação. Tempo que uma onda leva para percorrer um comprimento de onda.

- **Definir velocidade de uma onda: (10 minutos)**

Conhecendo esses parâmetros apresentados anteriormente, é possível que cheguemos a relação para a velocidade de uma onda.

Lembrando a clássica equação para velocidade média, temos:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Porém podemos escolher como deslocamento o comprimento de onda λ e como o intervalo de tempo o período da onda T , assim temos:

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

Como:

$$f = \frac{1}{T}$$

Chegamos a:

$$v = \lambda \cdot f$$

- Disponibilizamos na página: "<https://sites.google.com/view/ensino-acustica-im-mnpef-dns/arquivos>" uma apresentação de slides que pode ser utilizada nessa parte introdutória.

PARTE 2: O SOM PRODUZIDO EM INSTRUMENTOS DE CORDA

Objetivo:

- Compreender quais parâmetros físicos de uma corda influenciam na frequência dos sons produzidos por um instrumento de corda.

Comentário: Nessa segunda parte será abordado características da produção do som através da vibração de uma corda. Para uma análise mais criteriosa da produção do som em um instrumento musical seria preciso levar em conta outros parâmetros além dos que dizem respeito à vibração da corda, como características a respeito do formato e material de fabricação do instrumento. Porém como uma primeira aproximação e ponto inicial para o estudo, evidenciaremos aqui algumas relações entre o som produzido por uma corda vibrante e os parâmetros da corda que influenciam esse som.

Problematização: Como o som é produzido em um instrumento de corda?
(Tempo estimado = 2 minutos)

*É possível que as respostas dos alunos estejam direcionadas à questão da vibração das cordas e ao mecanismo das caixas acústicas.

Organização do Conhecimento: (tempo estimado = 5 a 7 minutos)

Possível experimento demonstrativo: (Checar som produzido por uma corda estendida) "Realizar teste"

1º Passo : Estender uma corda e perguntar aos alunos: "Se eu fizer essa corda vibrar, irá ocorrer emissão de som?" (Observar respostas antes de realizar o experimento)

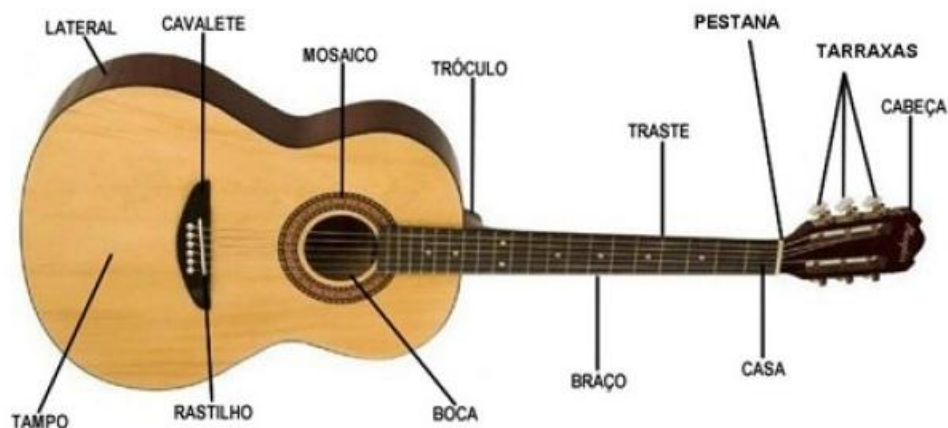
2º Passo: Realizar o experimento e possivelmente verificar que ocorre a emissão de som, porém com baixa intensidade.

3º Passo: Pegar um violão e perguntar: "E se ao invés de utilizar apenas uma corda estendida utilizarmos um violão. O som será diferente? Qual diferença vocês esperam entre os sons produzidos pelos dois mecanismos? "

* É provável que alguns alunos que já tenham familiaridade com instrumentos musicais irão prever que o som produzido terá mais intensidade.

4º Passo: Concluir a discussão sobre o experimento ressaltando que a corda produz sons e caixas acústicas utilizadas nos instrumentos musicais amplificam esse som (aumentam sua intensidade)

- Apresentar as peças que constituem um violão e falar sobre seu funcionamento.



Partes que compõem um violão. Fonte: VASSOLER, E. Atividades Para o Aprendizado de Acústica. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Espírito Santo, 2016.

Organização e Aplicação do Conhecimento:

Atividade de investigação dos parâmetros de uma corda que influenciam no som produzido: (tempo estimado = 20 a 30 min)

Objetivo: Pretendemos aqui realizar uma atividade onde seja possível relacionar as características da corda que influenciam no som produzido por ela. Para a realização dessa atividade será necessário um violão para cada grupo e um smartphone com o aplicativo **pitchlab** instalado.

"O aplicativo está disponível na página

A atividade será feita em grupo de 5 a 6 pessoas.

O roteiro para a realização da atividade está a seguir.

Comentário:

Antes de dar continuidade a próxima atividade, proponho utilizar os primeiros 5 a 10 minutos da aula para apresentar aos alunos o software Pitchlab (link: <https://pitchlab-lite.en.uptodown.com/android>), disponível gratuitamente no google playstore. Só é necessário que uma pessoa por grupo tenha o aplicativo instalado.

(Tempo estimado para a atividade experimental = 25 a 30 minutos)

Atividade Experimental

Componentes do Grupo: _____ Data: / /

1) Para realização da atividade precisaremos do uso de um aplicativo que possui a funcionalidade de afinador de violão e guitarra. Acesse em seu celular o Playstore e baixe o programa Pitchlab.

2) Utilize a tela do aplicativo onde é possível ver as frequências das notas produzidas e toque cada uma das cordas e anote o valor captado pelo aplicativo.

corda 1: _____hz

corda 2: _____hz

corda 3: _____hz

corda 4: _____hz

corda 5: _____hz

corda 6: _____hz

3) Posicione o dedo em uma região da corda no braço do violão, de modo que o comprimento de corda solta fique menor. Meça novamente as frequências em cada corda pressionando o dedo na mesma "casa" em todas as cordas.

corda 1: _____hz

corda 2: _____hz

corda 3: _____hz

corda 4: _____hz

corda 5: _____hz

corda 6: _____hz

Vocês sentiram diferença no som produzido? () sim () não

Se notaram diferença. Como você descreve esse som em relação ao som emitido anteriormente.

4) Repare que as cordas do violão possuem diferentes espessuras.

Como vocês descrevem a diferença no som produzido pelas cordas devido a sua espessura ?

5) Tencione um pouco mais as cordas e realize a medida das frequências das cordas novamente.

corda 1: _____ hz

corda 2: _____ hz

corda 3: _____ hz

corda 4: _____ hz

corda 5: _____ hz

corda 6: _____ hz

Foi possível perceber uma mudança no som devido a mudança na tensão aplicada a corda? Descreva o que vocês perceberam:

Após aplicação concluir com os alunos que essa característica na qual relacionamos o som grave a frequências menores e sons agudos a frequências maior, é o que é chamado na acústica de "altura do som". (tempo estimado = 2 minutos)

É necessário agora relacionar a espessura da corda à sua densidade linear das cordas, sendo que esse é o parâmetro em questão. **(tempo estimado = 10 a 15 minutos)**

Através do experimento foi possível observar que quanto mais espessa a corda a tendência do som é ser mais grave, ter menor frequência. Isso se deve a quanto mais massa no sistema mais energia você gasta para movimentá-lo, sendo assim aplicando a mesma energia a uma corda menos espessa e "mais leve" e em uma corda mais espessa e "pesada" a corda "mais leve" tenderá a vibrar mais, ou seja com uma frequência maior. Porém como as cordas possuem comprimentos extensos, é mais conveniente utilizar a **Densidade Linear** de massa para realização dos estudos relacionados as cordas.

A Densidade Linear corresponde a:

$$\mu = \frac{m}{L}$$

Sendo assim quanto maior a densidade linear menor a frequência e quanto menor a densidade linear maior a frequência. E quanto maior a tensão na corda maior a frequência e quanto menor a tensão na corda menor a frequência.

Existe uma relação entre a tensão aplicada a corda, a densidade linear e a velocidade da onda na corda, dada pela seguinte equação:

$$v = \sqrt{\frac{\tau}{\mu}}$$

PARTE 3: MODOS DE VIBRAÇÃO DE UMA ONDA NA CORDA (VIBRAÇÃO DE UMA CORDA)

Objetivos:

- Identificar os modos de vibração de uma corda.
- Determinar as frequências referentes aos diferentes modos de vibração.

Problematização:

Quando fazemos uma corda de violão vibrar, qual é o "formato" da oscilação que a corda assume?

Ela oscilará sempre com o mesmo "formato"?
(tempo estimado = 2 minutos)

* As respostas podem ser variadas aqui.

Organização do Conhecimento:

- Introduzir essas idéias através do dialogo:

É muito comum ao analisarmos a vibração da corda de violão considerarmos a oscilação como uma configuração que chamamos de onda estacionária. Nessa configuração de oscilação temos uma onda fixa entre o capotraste e o rastilho do violão. É comum que nesse tipo de oscilação que alguns pontos específicos da corda (ou do meio em questão), não se movam, chamamos esses pontos de **nós**, e geralmente chamamos os pontos onde a corda tem oscilação máxima de **anti-nós ou Ventre**. Podemos chamar esses modos de vibração de uma corda de **modos normais**.
(5 minutos)

- Utilização do Experimento de Oscilação Mecânica de uma Corda: (20 a 25 minutos)

Nessa etapa utilizamos um experimento de oscilação mecânica de uma corda estendida, onde é possível evidenciar os modos de vibração de uma corda.



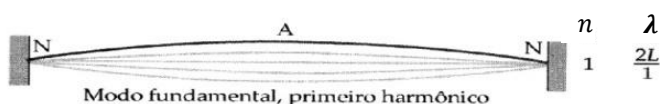
Experimento utilizado para evidenciar alguns dos modos de vibração de uma corda.

Com o intuito de facilitar a aplicação dessa sequência didática disponibilizamos pequenos vídeos do funcionamento do experimento para os quatro primeiros modos de vibração de uma corda. Os vídeos estão disponíveis na página: ...

Passo 1: Configurar o experimento para evidenciar o primeiro modo de vibração da corda (ou utilizar o vídeo "Modo fundamental - Primeiro Harmônico")

Através do padrão formado pela corda, destacar a configuração dos nós e antinós.

Estabelecer as relações matemáticas entre o comprimento da corda e o comprimento de onda.

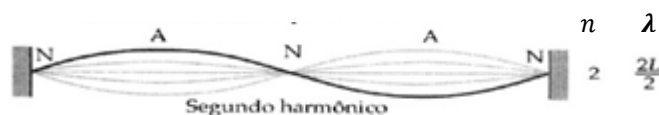


Disponível em: http://www.lef.ifsc.usp.br/salaConhece/index.php?option=com_content&view=article&id=12:tubo-de-chamas-dancantes&catid=1:experimentoscalar&Itemid=28

Passo 2: Configurar o experimento para evidenciar o segundo modo de vibração da corda (ou utilizar o vídeo "Segundo Harmônico")

Através do padrão formado pela corda, destacar a configuração dos nós e antinós.

Estabelecer as relações matemáticas entre o comprimento da corda e o comprimento de onda.

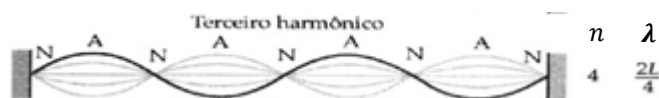


Disponível em: http://www.lef.ifsc.usp.br/salaConhece/index.php?option=com_content&view=article&id=12:tubo-de-chamas-dancantes&catid=1:experimentoscalar&Itemid=28

Passo 3: Configurar o experimento para evidenciar o segundo modo de vibração da corda (ou utilizar o vídeo "Terceiro Harmônico")

Através do padrão formado pela corda, destacar a configuração dos nós e antinós.

Estabelecer as relações matemáticas entre o comprimento da corda e o comprimento de onda.

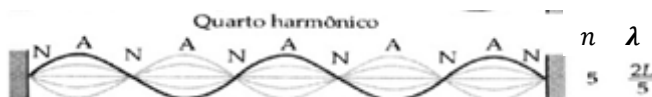


Disponível em: http://www.lef.ifsc.usp.br/salaConhece/index.php?option=com_content&view=article&id=12:tubo-de-chamas-dancantes&catid=1:experimentoscalar&Itemid=28

Passo 4: Configurar o experimento para evidenciar o segundo modo de vibração da corda (ou utilizar o vídeo "Quarto Harmônico")

Através do padrão formado pela corda, destacar a configuração dos nós e antinós.

Estabelecer as relações matemáticas entre o comprimento da corda e o comprimento de onda.



Disponível em: http://www.lef.ifsc.usp.br/salaConhece/index.php?option=com_content&view=article&id=12:tubo-de-chamas-dancantes&catid=1:experimentoscalar&Itemid=28

Aplicação do Conhecimento: (Tempo estimado explicação = 50 minutos)

A aplicação do conhecimento irá consistir em identificar os modos de vibração de uma corda em um violão e determinar as frequências referente a eles.

Para evidenciarmos os harmônicos em um violão fazemos o procedimento de tocar a corda do instrumento apenas apoiando o dedo sobre ela em um ponto específico que corresponda as seguintes frações de comprimento da corda ($\frac{1}{2} L, \frac{1}{3} L, \frac{1}{4} L$).

O roteiro da atividade segue na próxima página.

Em grupos de aproximadamente 5 pessoas. Será preciso os seguintes materiais para cada grupo:

- 1 violão
- 1 trena ou régua
- 1 smartphone

(Tempo estimado atividade = 20 minutos)

Atividade

Componentes do Grupo: _____ Data: / /

1) Meça o comprimento da corda do violão.

$$L = \underline{\hspace{2cm}}$$

2) Abra o aplicativo Pitchlab no smartphone e selecione a tela na qual é possível medir a frequência do som captado.

Efetue as seguintes medidas completando a tabela:

| Corda | Harmônico | Frequência | Comprimento de onda λ |
|-------|---------------------------|------------|-------------------------------|
| 6ª | Fundamental "corda solta" | | |
| 6ª | 2º " $\frac{1}{2} L$ " | | |
| 6ª | 3º " $\frac{1}{3} L$ " | | |
| 6ª | 4º " $\frac{1}{4} L$ " | | |

Para evidenciar o modo de vibração fundamental "1º Harmônico" vibre a corda solta.

Para evidenciar o 2º Harmônico é preciso apoiar o dedo sobre a fração de comprimento da corda correspondente a $\frac{1}{2} L$.

Para evidenciar o 3º Harmônico é preciso apoiar o dedo sobre a fração de comprimento da corda correspondente a $\frac{1}{3} L$.

Para evidenciar o 4º Harmônico é preciso apoiar o dedo sobre a fração de comprimento da corda correspondente a $\frac{1}{4} L$.

3) Baseado nos dados coletados responda: O que acontece com o valor da frequência quando aumentamos a ordem do harmônico na corda?

4) Calcule a velocidade da onda na corda.

Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento:

Nesse momento é possível estabelecer uma relação entre as aplicações estudadas e o modelo teórico que relaciona a frequência do som produzido por um instrumento de corda com as variáveis que podemos alterar ao manipular o instrumento.

Apresentar essa relação através das equações:

$$v = \lambda f$$

Lembrando da relação entre o comprimento de onda, os modos de vibração, o comprimento da corda, e a relação entre velocidade da onda na corda com a tensão e a densidade linear de massa:

$$\sqrt{\frac{\tau}{\mu}} = \frac{2l}{n} fn$$

Assim é possível evidenciar a seguinte relação:

$$fn = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{\tau}{\mu}}$$

PARTE 4: ANÁLISE ESPECTRAL DO SOM (TIMBRE)

Objetivos:

- Identificar que a mesma nota produzida em diferentes instrumentos tem diferentes sons.
- Conceituar timbre.
- Compreender influência da intensidade dos harmônicos na composição do timbre de um instrumento musical.

Nessa atividade discutiremos outra das características do som. Podemos pensar o timbre como a assinatura de cada som, o formato detalhado das ondas sonoras produzidas por algum instrumento musical ou mesmo um som de natureza qualquer. Apesar de uma mesma nota musical tocada por diferentes instrumentos possuírem a mesma frequência, o timbre será diferente, e essa característica do som está diretamente relacionada com a intensidade dos harmônicos correspondentes as respectivas ondas sonoras.

Problematização: Levar 2 ou 3 instrumentos diferentes para sala tocar a mesma nota nos diferentes instrumentos. Perguntar aos alunos : "A nota que toquei nos diferentes instrumentos foi a mesma nota? " , "Se é a mesma nota, elas possuem a mesma frequência, certo?" , "Se elas possuem a mesma frequência, por que percebemos o som dos instrumentos de maneira diferentes?" **(Tempo estimado = 5 a 10 minutos)**

Organização do Conhecimento: (Tempo estimado = 10 min leitura + 5 discussão)

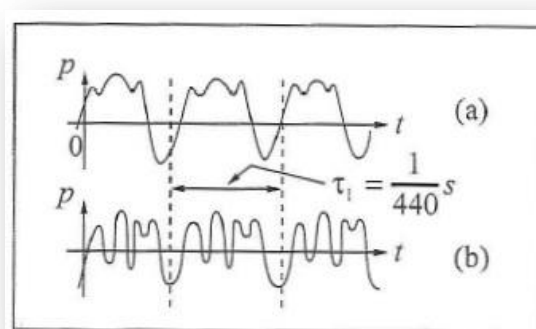
Nessa etapa será utilizado um texto explicativo, onde cada aluno irá receber-lo em um folha impressa e após a realização da leitura pelos alunos, disponibilizarei 5 minutos para que possam discutir as ideias do texto com os colegas próximos.

O texto segue na próxima página.

A identidade do som e o conceito chamado Timbre

Quando escutamos dois diferentes instrumentos musicais tocando a mesma nota musical, conseguimos perceber diferenças no som dos dois instrumentos, mesmo sendo sons que possuem a mesma frequência fundamental. Geralmente associamos qualidades subjetivas a determinado som produzido por certos instrumentos, como uma identidade para aquele som, e chamamos essa identidade do som de Timbre.

Fisicamente sabemos que isso se deve a que nossos ouvidos percebem as mesmas notas produzidas por diferentes instrumentos musicais como ondas sonoras periódicas de mesma frequência, embora os perfis de onda correspondentes possam ser diferentes.

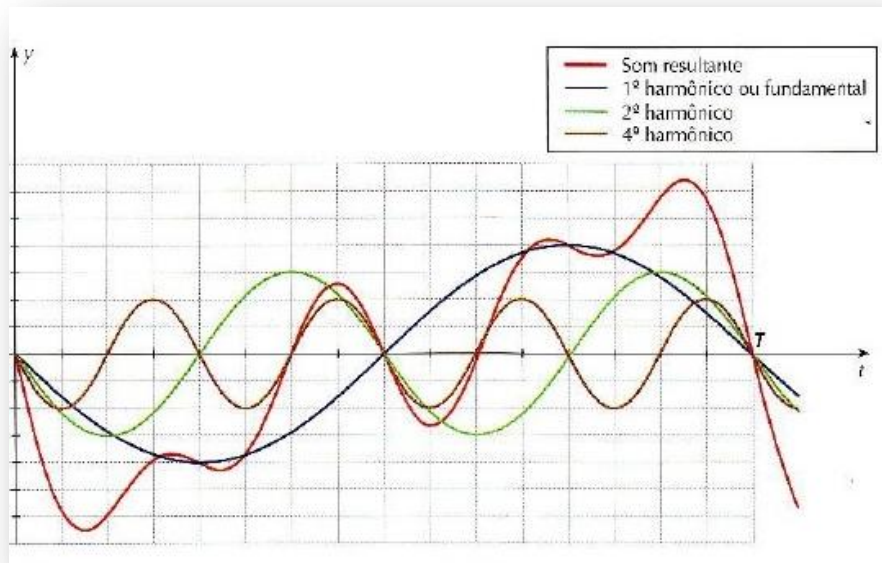


Representações diferentes de Onda para a nota musical Lá

Fonte: H. Moysés Nussenzveig, Curso de Física Básica 2: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor, 4a edição, Editora Edgard Blücher, 2002

Um dos fatores que podem influenciar diretamente a percepção sobre a identidade do som vindo de um instrumento musical é a maneira como ele é tocado, por exemplo um violonista pode emitir uma nota qualquer em seu violão fazendo a corda vibrar com uma palheta e em outro momento utilizando a ponta dos dedos ou até mesmo a unha, em cada um desses casos é possível perceber uma sutil diferença no som. Um outro caso semelhante que podemos considerar seria o exemplo de um violinista que poderia tocar as cordas de seu violino com o arco ou com os dedos, produzindo sons diferentes. Chamamos esses diferentes modos de produzir o sons no instrumento de ataque, e as diferenças no som produzidos pelo ataque e pela duração do som é chamada de Envelope do som (ou Envelope de amplitude) e esses parâmetros influenciam diretamente em nossa percepção do som.

A análise do Timbre pela Física está diretamente ligada a ideia dos harmônicos relacionados a aquela. Quando um instrumento musical emite um som temos ali uma sobreposição de diversos sons de frequências múltiplas a frequência fundamental a qual aquela nota é relacionada. A menor frequência dessa sobreposição de sons corresponde a **frequência fundamental (1º harmônico)** e as demais frequências correspondem aos modos de oscilação de ordem superior (**2º, 3º, 4º harmônico**).



Representação de diferentes harmônicos produzindo um som resultante

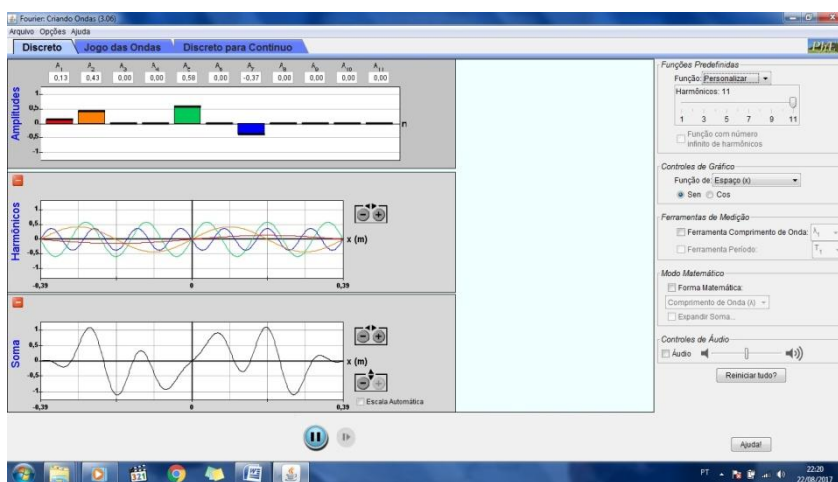
Fonte: Ramalho, Nicolau e Toledo. Os Fundamentos da Física, Vol. 03, 7ª Ed. Editora Moderna

A intensidade dos harmônicos que acompanham a frequência fundamental referente a uma determinada nota musical irá variar em diferentes instrumentos musicais, vozes de pessoas, e outros dispositivos emissores de som.

Organização e Aplicação do Conhecimento: (Tempo estimado = 10 a 15 minutos)

Para aplicação do conhecimento utilizaremos um simulador do PHET colorado. Nesse simulador é possível regular a intensidade dos harmônicos e gerar uma onda resultante correspondente a configuração selecionada:

A imagem a seguir mostra a interface gráfica do simulador:



Interface gráfica da simulação "Fourier - Somando Ondas" do Phet

Atividade

Nome: _____ **Data:** / /

- 1) Abra no computador o simulador do Phet utilizando as instruções do professor.
- 2) Repare que o simulador já começa com uma configuração na qual a frequência fundamental "A1" está com valor de amplitude "1,00". Ative a caixa "audio" no campo "controle de audio". Perceba que é possível ouvir um som referente a essa frequência.
- 3) Zere a amplitude da frequência "A1" e aumente a amplitude da frequência "A2". Após zere a amplitude da frequência "A2" e aumente a amplitude da frequência "A3". Faça esse procedimento para ouvir as demais frequências presentes no software. (Durante o procedimento repare no formato do sinal gerado no gráfico)

Você percebeu alguma relação entre o som das frequências do simulador? Qual?

- 4) Acione o campo "Reiniciar tudo?" no simulador. Agora no campo "funções predefinidas" alterne entre os 5 tipos de sinais predefinidos disponíveis. Sendo esses "Seno/Cosseno", "Triangular", "Quadrada", "Dente de Serra", "Trem de Ondas".

Você percebeu alguma semelhança em relação ao som dos diferentes sinais? Qual?

- 5) Acione o campo "Reiniciar tudo?" no simulador. Agora acione o "Audio" novamente, e vá alterando a intensidade das frequências disponíveis no simulador de modo livre, e observe o efeito produzido devido as alterações.

Repare no formato da onda resultante do campo "soma".

Você diria que esta onda resultante está na mesma tonalidade da frequência fundamental?

() Sim () Não

Aplicação do Conhecimento (20 minutos)

A atividade a ser proposta aqui se trata da análise do espectro sonoro de diferentes instrumentos, sendo possível identificar os picos de intensidades correspondentes aos harmônicos.

Equipamentos Necessários:

Guitarra Elétrica

Violão

Computador

Software de gravação e análise de som (EXPstudio Audio Editor Free)

Disponível no site: expstudio-audio-editor.softonic.com.br

Também disponível em: <https://sites.google.com/view/ensino-acustica-im-mnpef-dns/arquivos>

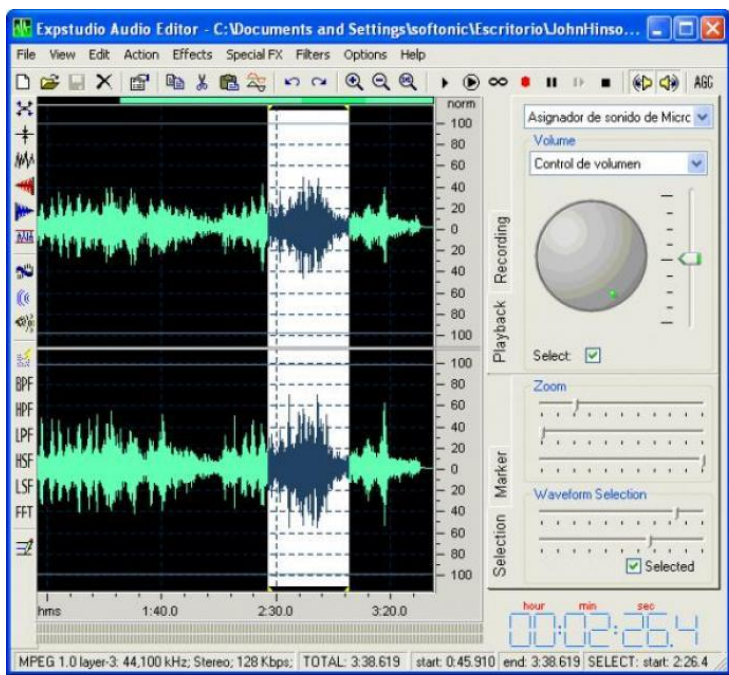
Software Qtiplot-0.9.8.6

Disponível em: <https://sites.google.com/view/ensino-acustica-im-mnpef-dns/arquivos>

Cabos para conexão entre os instrumentos e o computador

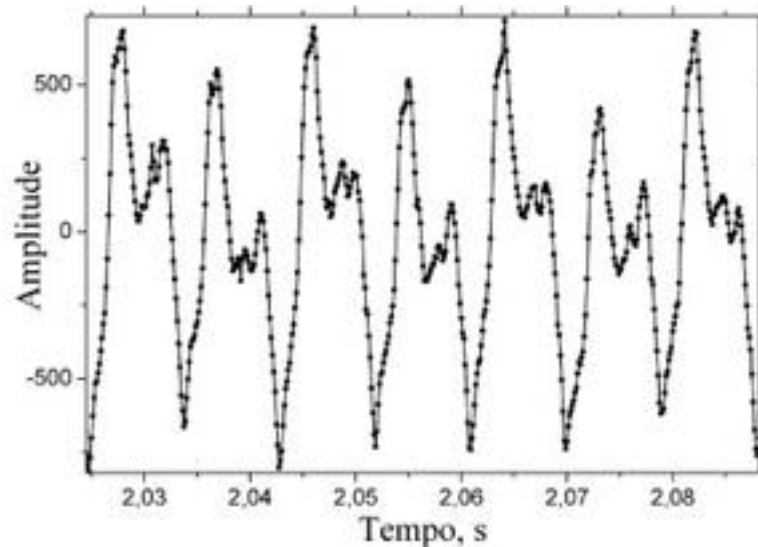
Procedimento:

1º Passo - Gravação de som de uma determinada nota do instrumento, obtendo um gráfico da amplitude em função do tempo.



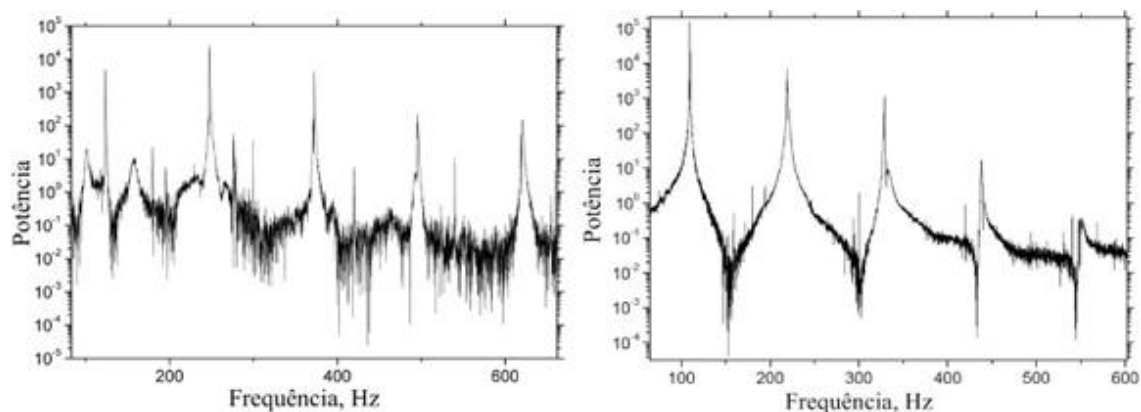
Disponível em: expstudio-audio-editor.softonic.com.br

2º Passo – Selecionar um pequeno trecho do som onde tenha o perfil típico oscilação, e exclua o restante do sinal captado no software.



Disponível em: SANTOS, E.M.; MOLINA, C. and TUFAILE, A.P.B.. Violão e guitarra como ferramentas para o ensino de física. Rev. Bras. Ensino Fis. [online]. 2013, vol.35, n.2

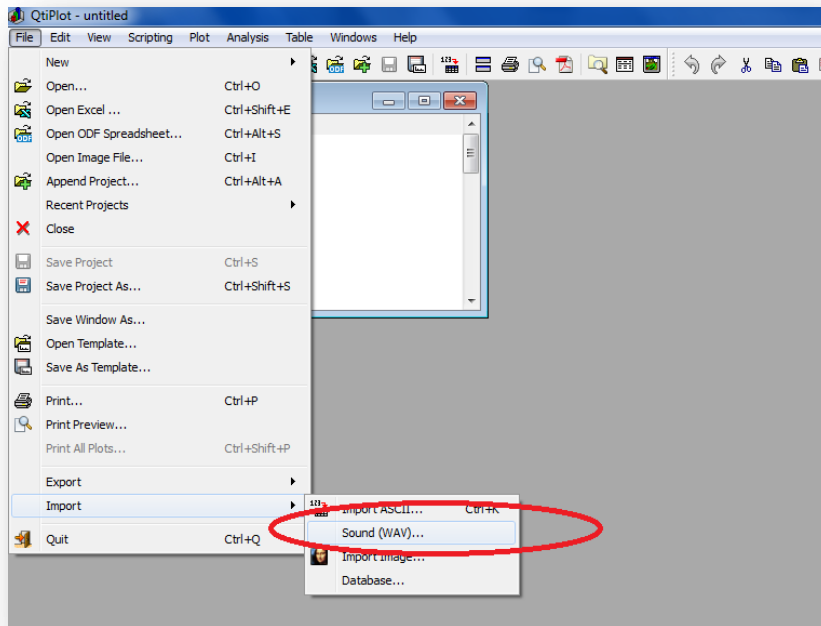
3º Passo – Aplicar uma transformada de Fourier (Via o próprio software Qtiplot), obtendo um gráfico de potência em função da frequência. Sendo que os picos do gráfico irão indicar as frequências dos harmônicos.



Disponível em: SANTOS, E.M.; MOLINA, C. and TUFAILE, A.P.B.. Violão e guitarra como ferramentas para o ensino de física. Rev. Bras. Ensino Fis. [online]. 2013, vol.35, n.2

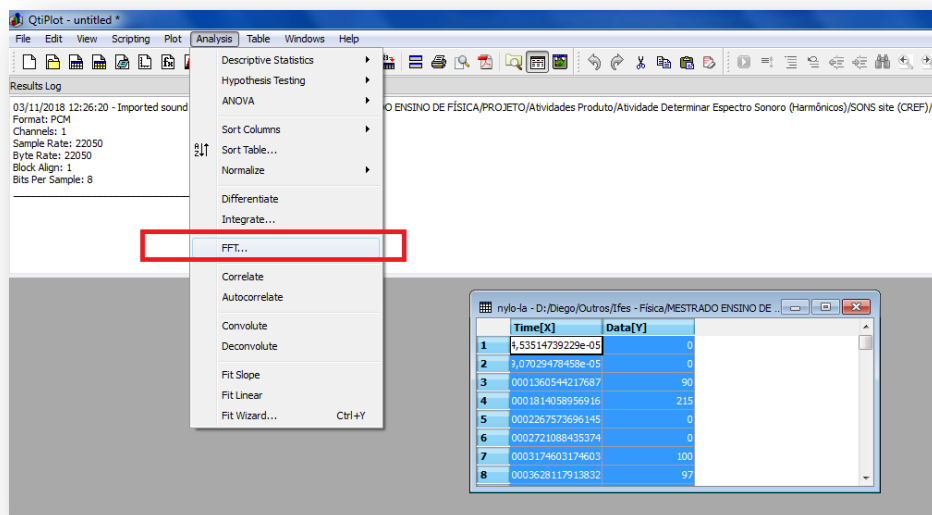
Para realizar esse procedimento utilizando o software *Qtiplot*.

- Abra o arquivo com o áudio captado pelo *software*, selecionando o arquivo na pasta em que está armazenado, utilizando a ferramenta "Import / sound (WAV):



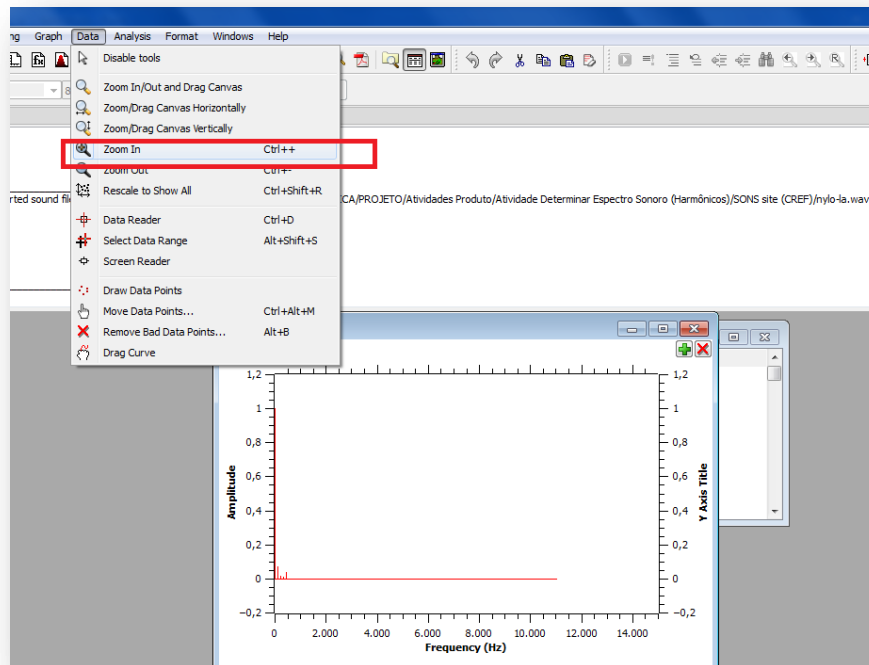
Selecionando arquivo de audio. Fonte: Próprio Autor

- Selecione os dados da tabela e clique em "analysis / FFT (fast fourier transform)"



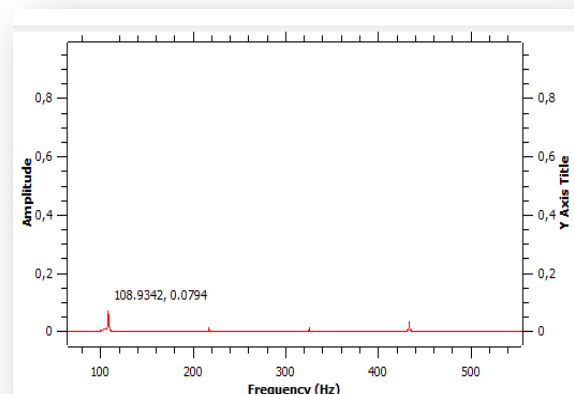
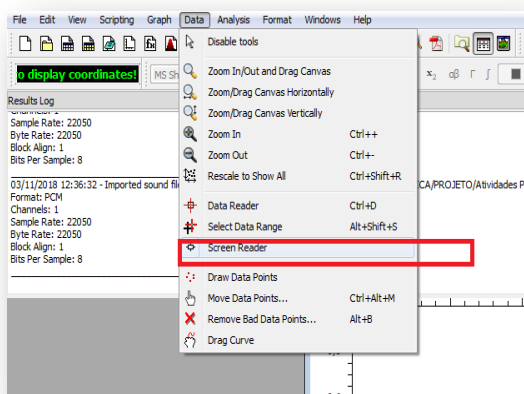
Selecionando arquivo de audio. Fonte: Próprio Autor

- Utilize a ferramenta de zoom para aproximar dos picos com diferentes frequências:



Utilizando o zoom. Fonte: Próprio Autor

- Selecione a ferramenta "Screen Reader" e posicione-a sobre os "picos" com diferentes frequências, de modo que seja possível perceber o valor da frequência em cada "pico" :



Utilizando a ferramenta "Screen Reader". Fonte: Próprio Autor

Após essa análise do sinal produzido pela guitarra, repetir a análise espectral para o som produzido por um diapasão. Disponibilizado pelo site do Cref em: <http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/som/lab/sons.html>

Após a realizada a composição dos espectros realizar comparação entre os espectros dos dois instrumentos.

Aplicação do Conhecimento:

Após o término da análise espectral do sinal produzido pelos instrumentos musicais, pedir aos alunos que redijam um pequeno texto explicando suas concepções sobre o que é o Timbre.

Esse texto poderá servir de análise em relação as concepções dos alunos sobre o conceito, se convergem ou não para a interpretação correta. Se necessário conduzir novamente um dialogo sobre o conceito.