

$$f = \frac{n \cdot v}{2L}$$

$$v = \lambda \cdot f$$

$$\lambda = n \frac{\lambda}{2}$$

# FÍSICA & MÚSICA

## VIOLÃO E CAVAQUINHO

CLÁUDIA SOARES FEITOSA BARBOSA  
ERLANIA LIMA DE OLIVEIRA  
PÓLO 9 MNPEF - UFERSA



$$\lambda = \frac{\lambda}{2}$$

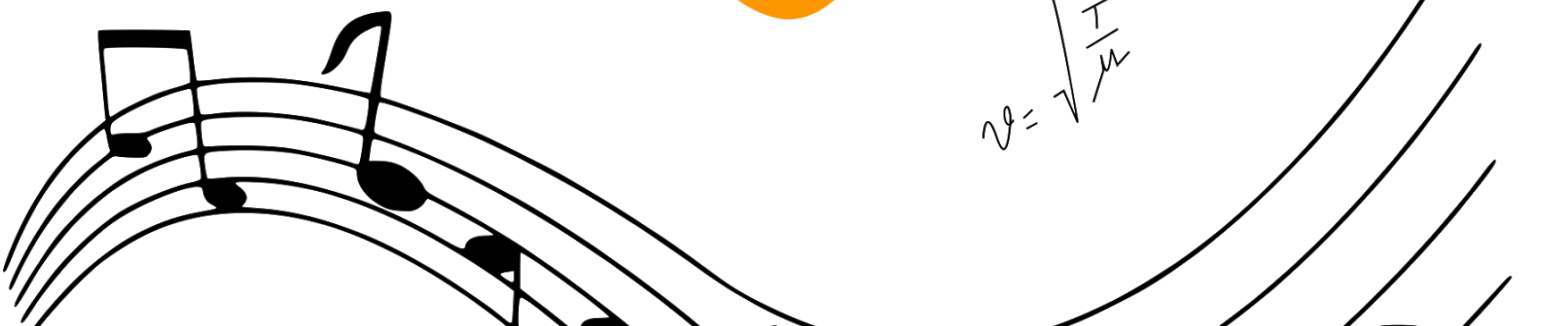
$$\lambda = \frac{2L}{n}$$

$$\lambda = 3 \cdot \frac{\lambda}{3}$$

$$\lambda = 2 \cdot \frac{\lambda}{2}$$



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





## APRESENTAÇÃO

**Prezados (as) professores (as)**



Atualmente, temos a tarefa de formar cidadãos capazes de entender o mundo, embebido de Ciência e de Tecnologia que os cerca, sendo estes preparados para se posicionarem no meio social e cultural que vivem.



Diante desse desafio, é necessário fomentar ações para despertar nos estudantes um ambiente de discussão a partir de seus conhecimentos prévios, para assim desenvolverem um conhecimento científico. Uma dinâmica que pode contribuir para envolver cognitivamente o estudante no estudo do conteúdo de acústica é o uso dos instrumentos musicais.



Desta forma, optou-se por apresentar uma sequência didática (SD) apresentada nas próximas páginas, que compõe o Produto Educacional da dissertação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. O mesmo consiste em uma sequência didática, “FÍSICA 🎵 MÚSICA”, que compõe o produto educacional final da dissertação intitulada, “A Interdisciplinaridade e a Utilização de Instrumentos Musicais como Incentivo para o Ensino de Acústica: Estudo de Caso do Violão e Cavaquinho”.



A construção do produto educacional mencionado fundamentou-se na teoria sociointeracionista de Vygotsky e na perspectiva problematizadora de Paulo Freire.

A sequência didática desenvolvida encontra-se em formato de livreto, contendo uma sequência detalhada de atividades que inclui testes de sondagem e atividades experimentais para o uso do violão e do cavaquinho em sala de aula. Tem-se como objetivo propor uma metodologia alternativa

que oportunize aos estudantes envolvidos discutir e aplicar os conceitos de Acústica com vista a uma reflexão crítica e autônoma. Esta sequência pode ser adaptada à realidade do professor e de seus estudantes.

Autores

## 1. INTRODUÇÃO

### VAMOS REFLETIR...

Este trabalho centra sua atenção na elaboração e na aplicação de uma proposta pedagógica, utilizando instrumentos de cordas como o violão e o cavaquinho para o desenvolvimento de uma abordagem interdisciplinar que envolve Arte e Ciências.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) de Física orientam que o ensino deve ser contextualizado, levando em consideração as experiências vividas pelos alunos, priorizando conteúdos que ajudem a desenvolver autonomia intelectual e pensamento crítico.

No entanto, as práticas escolares estão cada vez mais distantes da realidade vivenciada pelos estudantes. Uma das maiores dificuldades encontradas no ensino de Ciência está no fato de a Ciência, e muito em particular, a Física, ser vista como algo difícil e desconectada do cotidiano (SILVA JR; MILTÃO, 2015).

Diante disso, o papel do professor de Física é de buscar novas práticas pedagógicas que envolvam aspectos sociais e culturais, que são muito importantes na formação do estudante. Em sua obra “Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa”, Freire afirma que (1996, p. 25), “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar possibilidades para a sua própria produção. Com isto, mais do que repassar conteúdo, o papel dos facilitadores é abrir caminhos”.

Vygotsky (2003) destaca a importância do papel do professor como agente indispensável do processo de ensino aprendizagem. Nessa perspectiva, cabe ao educador propiciar experiências adequadas para que a aprendizagem do aluno ocorra de modo satisfatório. Com base nessa relação dialógica, é preciso considerar, sobretudo, as estruturas cognitivas que o aluno já traz consigo, facilitando, assim, a apropriação de novos conhecimentos.

Neste sentido, a realização deste trabalho faz-se relevante, pois o estudo do violão e do cavaquinho são objetos de intensa observação científica e oportunizam as mais diversas situações que permitem relacionar o conteúdo de acústica com o cotidiano dos alunos. Assim, tem-se a Física como uma das formas de arte que mais encantam o ser humano.

## 2. APLICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS EM SALA DE AULA

### 2.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA


Este trabalho se fundamenta na Teoria sociocultural de aprendizagem do psicólogo Lev Vygotsky (1896 – 1934), este explicita que o conhecimento ocorre a partir das relações sociais, seja da história ou da cultura onde o indivíduo está inserido, afirmação que corrobora com a concepção do educador brasileiro Paulo Freire (2003).

A aplicação poderá ser dividida em momentos, correspondendo ao desenvolvimento das etapas da sequência didática descrita na (Tabela 1). Indica-se que as aulas sejam registradas por meio de fotos, vídeos, gravações e anotações, pois é um instrumento importante para acompanhar o desenvolvimento dos estudantes e ainda como autoavaliação.

É necessário seis encontros/aulas para aplicação dessa sequência didática, mas poderá ser adaptado pelo professor conforme o tempo disponível para se trabalhar. Sugeriu-se também dividir os estudantes em grupos, de 5 a 6, conforme a quantidade de alunos.

**Tabela 1:** Etapas dos Encontros - Aulas

Etapas (Encontros)	Objetivos
<b>Primeira Etapa</b>  <b>(Levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="624 1319 1461 1391">☐ Verificar se os alunos tinham algum interesse musical, bem como se tocavam algum tipo de instrumento.</li> <li data-bbox="624 1397 1461 1503">☐ Aplicar um questionário utilizando o <i>Google Forms</i> para verificar quais os instrumentos musicais os alunos tinham mais afinidade.</li> <li data-bbox="624 1509 1461 1581">☐ Utilizar a rede social <i>whatsapp</i> para dinamização e interação entre professor e alunos.</li> </ul>

<p><b>Segunda Etapa</b></p> <p><b>(Organizador prévio e problematização inicial)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Manter a dinâmica de interação entre o professor e os alunos.</li> <li><input type="checkbox"/> Introduzir o tema acústico, abordando alguns conceitos necessários para o desenvolvimento das atividades que serão propostas posteriormente.</li> <li><input type="checkbox"/> Utilizar os instrumentos musicais violão e cavaquinho.</li> <li><input type="checkbox"/> Abordar os fenômenos físicos estabelecendo relações entre violão e cavaquinho.</li> <li><input type="checkbox"/> Definir som como uma onda, conceituar a frequência, o comprimento de onda, período e amplitude de uma onda e, por fim, definir a velocidade de uma onda.</li> </ul>
<p><b>Terceira Etapa</b></p> <p><b>(vibração em uma corda – Modos Normais das cordas vibrantes)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Fazer uso do aplicativo <i>Da Turner</i> que possui a funcionalidade de afinador.</li> <li><input type="checkbox"/> Verificar as notas produzidas no aplicativo.</li> <li><input type="checkbox"/> Abordar as características da produção do som através da vibração de uma corda e a sua qualidade fisiológica do som através da altura do som.</li> <li><input type="checkbox"/> Verificar os modos de vibração em uma corda vibrante, os harmônicos dos instrumentos musicais violão e cavaquinho.</li> <li><input type="checkbox"/> Verificar as relações entre o som produzido numa corda vibrante e os parâmetros da corda que influenciam esse som.</li> </ul>
<p><b>Quarta Etapa</b></p> <p><b>(Análise espectral do som - Timbre)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Analisar espectral do som (timbre).</li> <li><input type="checkbox"/> Oportunizar a exploração da qualidade fisiológica do som através do programa Ripper com a placa de áudio <i>Xenyn</i>.</li> <li><input type="checkbox"/> Permitir distinguir o timbre dos instrumentos musicais explorados mesmo que estejam emitindo a mesma nota musical (mesma altura).</li> <li><input type="checkbox"/> Construir o aprendizado de maneira coletiva ao que se deseja aprofundar em relação à curiosidade do aluno.</li> </ul>
<p><b>Quinta Etapa</b></p> <p><b>(Utilização da Trilha FÍSICA e MÚSICA)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Desenvolver e aplicar um jogo lúdico “FÍSICA  MÚSICA” com a finalidade de verificar a aprendizagem dos conteúdos discutidos no decorrer do projeto.</li> </ul>

**Fonte:** Própria (2020).

A seguir faz-se uma descrição de cada Etapa (encontro das aulas).

### 3.2 DESCRIÇÃO DA PRIMEIRA ETAPA

Deve-se realizar como ponto de partida para organizar as atividades um levantamento da realidade dos estudantes a fim de obter um tema gerador. Para Freire (1987), a utilização de temas geradores colabora para o processo de transformação da sociedade, formando espaços multi e interdisciplinares. Esta etapa sugeri-se que o professor dividida-a em dois momentos, o primeiro é a aplicação de

um questionário através da ferramenta *Google Forms* como forma de verificar quais os instrumentos musicais que os estudantes têm mais afinidades.

No segundo momento indica-se a utilização de uma rede social chamada de *whatsapp* com objetivo de identificar as informações e saberes dos estudantes em relação aos instrumentos musicais.

A partir da problematização do conteúdo pode-se realizar algumas perguntas para explorar os conhecimentos prévios dos discentes, baseando-se na teoria vygotskyana, a qual defende que o processo de construção do conhecimento ocorre através da interação do sujeito historicamente situado com o ambiente sociocultural onde vive. Recorrendo também à concepção de Freire (1996, p.23), na qual, ele explicita que, “ensinar não é transmitir conhecimento, mas criar possibilidades para sua produção ou construção”.

### **3.2.1 Descrição da Segunda Etapa**

A segunda etapa tem o objetivo de ampliar as discussões. É proposto que você professor faça uma abordagem dos tópicos de forma dialogada com um espaço aberto para a participação dos estudantes. Inicialmente poderá ser feito alguns questionamentos de forma provocativa para instigar o debate. Neste momento você docente deverá se manter imparcial, ouvindo os discentes sem informar quem está certo ou errado, apenas mediando o processo, ou seja, controlando a palavra para que todos tenham espaço para se expressarem.

Recomenda-se ainda, a utilização de simuladores e vídeos para aprofundar o debate. Como por exemplo, a simulação disponível em [www.if.ufrj.br/](http://www.if.ufrj.br/), na qual, um diapasão emite uma onda sonora que se propaga no meio a partir de variações de pressão Figura A2 e o vídeo disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=5ICHZjnxgTs>, que serve de base para o entendimento e visualização de uma onda estacionária numa corda com se apresenta na Figura B2.

**Figura 2.-** Simulação e vídeo como recurso pedagógico no ensino de Acústica



**(A)** Aplicativo simulação computacional diapasão

**(B)** Instantâneo do vídeo sobre cordas vibrantes de um violão

Fonte: UFRJ (2019).

Fonte: [Acordes em Cordas](#) (2018).

Por fim, proporcione aos estudantes manusearem o violão e o cavaquinho, onde poderão discutir alguns fenômenos físicos num procedimento dialógico, no qual se busca explorar as interpretações dos discentes para os fenômenos examinados.

A ideia é que eles conheçam as partes dos instrumentos e seus sons e se apropriem de suas características, para um futuro trabalho direcionado. Se faz necessário pedir aos estudantes que analisem minuciosamente, com olhar científico, identificando características físicas de cada um deles.

### 3.2.2 Descrição da Terceira Etapa

Nesta etapa é sugerida a utilização do *smartphone* com o aplicativo *DaTuner* que possui a funcionalidade de afinador de instrumentos musicais.



**Figura 3 :** Uma das interfaces do Afinador *DaTuner*



**Fonte:** Aplicativos grátis (2019).

O professor deverá explicar como funciona o programa e solicitar que os os estudantes façam o *download* do aplicativo *DaTuner* (Figura 3), ele é gratuito no [Google playstore](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.bork.dsp.datuna&hl=pt_B)([https://play.google.com/store/apps/details?id=com.bork.dsp.datuna&hl=pt\\_B](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.bork.dsp.datuna&hl=pt_B)).

### 3.2.4 Descrição da Quarta Etapa

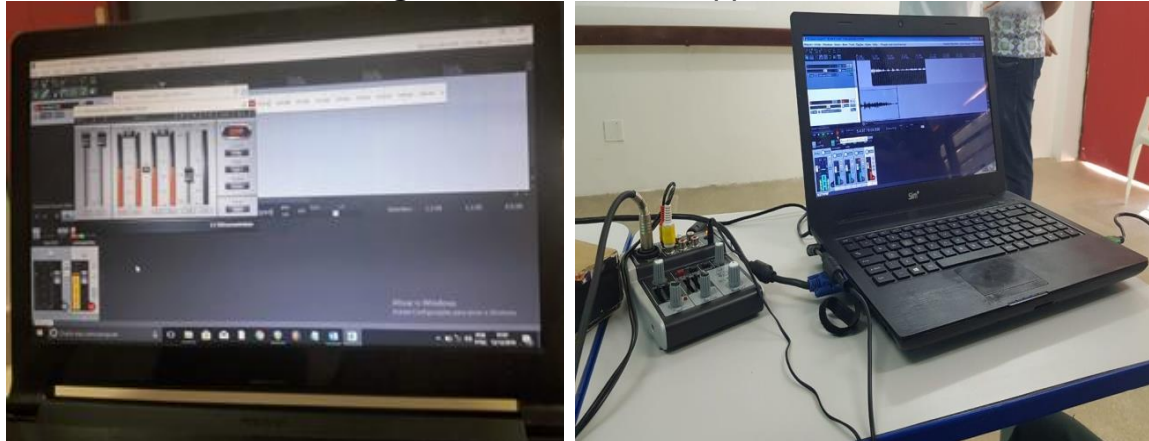
Neste encontro, será estudado o espectro do som (timbre) através do programa Ripper e a placa de áudio *Xenyx*. Para essa atividade propõem-se a parceria do professor de Artes ou Música. Para este momento indica-se o uso do violão, cavaquinho, computador, data *show*, *Notebook*, cabos, extensões e uma placa de áudio com entrada *USB Xenyx 302*.

Inicialmente, o professor deverá explicar como funciona o programa e as atividades que serão realizadas. Ao longo desta etapa surgeri-se dividir a turma em grupos e, em seguida, distribuir um roteiro a cada grupo. Com o programa *Ripper* e a placa de áudio *Xenyx* os estudantes pode obter os espectros dos dois instrumentos musicais.

O *software* (Fig. 4) possibilita a observação da frequência e,

consequentemente, um melhor entendimento dos harmônicos de cada nota correspondente.

**Figura 4: O Software Ripper**

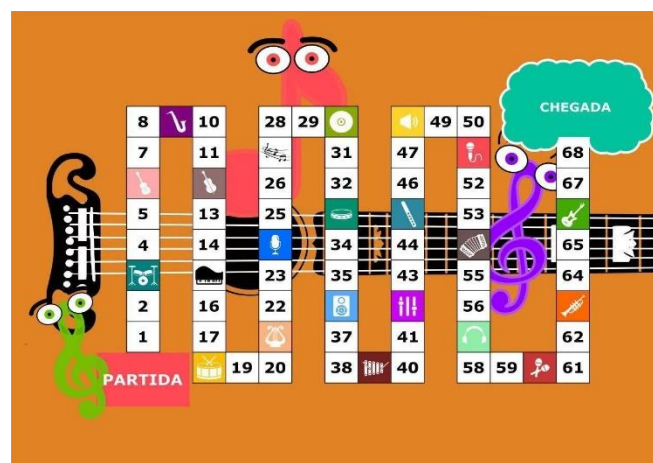


Fonte: Própria (2020).

### 3.2.5 Descrição da Quinta Etapa

Neste encontro indica-se fazer uso de um jogo pedagógico com o objetivo de reforçar as discussões e socialização dos saberes. O jogo consiste em uma trilha, a Física  $\text{♩}$  Música. A trilha conta com sinais, instrumentos musicais e acessórios musicais, que aparecem a cada duas casas (Figura 5), ao cair nestas casas o estudante deverá responder perguntas sobre ondulatória, envolvendo, assim, todo processo que foi trabalhado nos encontros, em um formato lúdico e interdisciplinar, vale ressaltar que as perguntas podem ser simples ou mais complexas. Isso varia de acordo com o nível de conhecimento da turma. Ganha quem chegar primeiro na casa com a palavra CHEGADA.

**Figura 5: A trilha Física  $\text{♩}$  Música.**



Fonte: Própria (2020).

A trilha é composta de 22 peças, alguns exemplos podem ser vistos na Fig. 12, sendo uma excelente estratégia para finalizar o conteúdo de Acústica, podendo ser adaptado a outros conteúdos como forma de revisão, além disso, pode revelar as dificuldades ainda persistentes no processo de ensino e aprendizagem. Para jogar a trilha Física  $\text{♩}$  Música é preciso a trilha, um dado, as cartas e as peças para os alunos movimentarem o jogo, além de estar familiarizado com as regras que serão apresentadas em seguida.

A trilha se dá de forma coletiva, e o objetivo é alcançar a casa com a palavra CHEDAGA usando conhecimentos de acústica.

- 1) O jogador 1 deverá jogar o dado;
- 2) Em seguida andará o número de casas que saiu no dado;
- 3) Ao chegar na casa destinada e se for um número o mesmo permanece na casa.
- 4) Mas se o jogador 1 cair em uma casa de desafio, que são os instrumentos musicais e acessórios, o mesmo deverá responder a uma pergunta;
- 5) Se ele acertar, terá o direito a uma premiação, como jogar mais uma vez. Entretanto, se errar terá uma punição, como ficar uma rodada sem jogar;
- 6) Seguindo o *gamer* será a vez do jogador 2 e assim sucessivamente.

Ganha quem alcançar primeiro a casa com a palavra CHEDAGA.

### 3.3 ATIVIDADES PROPOSTAS

As atividades realizadas em sala de aula servem para levantar questionamentos iniciais e provocativos que suscitam dúvidas e permitam que os estudantes apresentem e discutam o processo de raciocínio na resolução de problemas.

#### 3.3.1 Segundo e Terceiro Encontros

Este momento tem como objetivo estudar a relação da frequência do violão e do cavaquinho com algumas características do som, como comprimento da *corda* ( $L$ ), *tensão* ( $T$ ), densidade ( $\mu$ ) e altura. Para isso, será utilizado um *smartphone* com aplicativo *DaTuner*.

**Reorganizando Conceitos: problematização inicial ( tempo estimado = 30 minutos)**

Na tentativa explorar as interpretações dos estudantes, surteri-se que inicie o encontro com um diálogo junto aos discentes sobre o processo de produção do som e proporcione aos estudantes manusearem o violão e o cavaquinho.

- I. Leve para a sala de aula uma corda ou uma mola e realize algumas problematizações para provocar um debate. Por exemplo, submeta a mola a uma perturbação em um dos pontos e pergunte como essa perturbação é transmitida, em seguida, varie a direção da perturbação para diferenciar uma onda transversal de uma longitudinal.
- II. Apresente o violão e o cavaquinho para os estudantes e peça para vibrarem as cordas dos instrumentos e questione:
  - a. Por que quando as cordas são vibradas elas produzem som?
  - b. O que é som?
  - c. Esse som pode ser produzido no vácuo?
- III. Pegue o violão e o cavaquinho e peça para os estudantes vibrarem uma corda solta do violão. Logo após, peça para apertar o dedo em uma das cordas e tocar novamente. Após realizar essa atividade, faça alguns questionamentos provocativos, como por exemplo:
  - a. Por que quando aumenta a frequência o comprimento da onda diminui?
  - b. Por que quando o comprimento da onda mudou a frequência também mudou?
  - c. Por que quando aumentamos a frequência o som fica mais agudo?
  - d. Podemos afirmar que a frequência é responsável pela classificação dos sons como agudos ou graves?

- IV. Introduzir o conceito da velocidade de propagação da onda na corda ( $v = \lambda \cdot f$ ) e comentar sobre a faixa audível para os seres humanos: entre 20 Hz a 20 kHz.
- V. Durante o processo de realização da atividade com o violão e o cavaquinho realize variações no comprimento livre das cordas, na tensão das cordas, faça vibrar cordas de diferentes espessuras e pergunte o que acontece.
- VI. Pegue o violão e o cavaquinho e faça os seguintes questionamentos aos alunos: O som do violão e do cavaquinho é diferente? Por quê?

No decorrer do debate o professor deverá se manter imparcial, apenas mediando o processo e observando as concepções dos estudantes sobre o tema. Após os conceitos serem construídos reflexivamente eles poderão ser anotados na lousa durante a aula por um estudante para associar com as equações físicas.

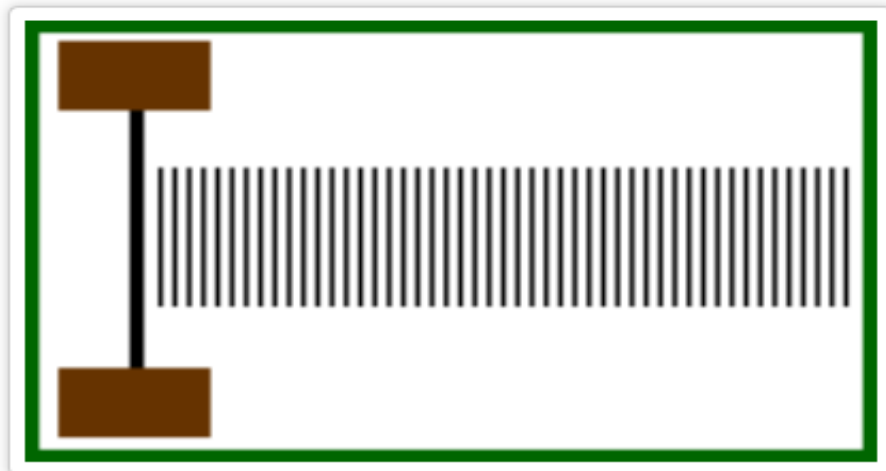


### PARADA OBRIGATÓRIA

I. **Onda** é uma perturbação que se propaga e carrega consigo momento, energia e informação. (BORGES, p.31,2017)

II. **Onda Mecânica** é uma perturbação que se propaga em um meio físico, transportando energia, mas sem transportar matéria.

Para ampliar as discussões sobre as características das ondas indica-se a utilização do *GIF* de animação para ver o simulador da produção de onda em uma corda ( Figura 6).

**Figura 6:** Simulador virtual

Fonte: UFMG (2020).

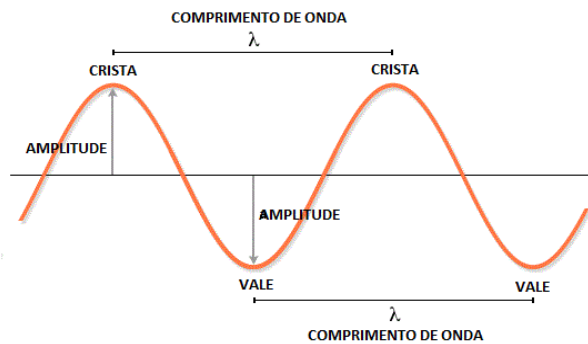
*Explorando as propriedades das ondas sonoras: (estimamos uns 10 minutos).*



#### OLHANDO DE PERTO

1. **Comprimento de onda:** O comprimento de onda é dada pela distância entre duas cristas consecutivas ou a distância entre dois vales consecutivos SILVA (2018), também pode ser definido como a “distância entre quaisquer partes idênticas e sucessivas” (HEWITT, 2002, p.331). A unidade de medida de  $\lambda$  é o metro (m), Figura 7.
2. **Amplitude da onda:** Amplitude pode ser identificada como o alcance máximo de uma oscilação: A amplitude do movimento, designada por A, é o módulo máximo do vetor deslocamento do corpo a partir da posição de equilíbrio (YOUNG; FREDMAN, 2008,P,37). O período designado por “T”, é o tempo necessário para que ocorra uma oscilação completa, ou seja, é o tempo correspondente a um ciclo” (YOUNG; FREEDMAN, 2008, p. 37).

**Figura 7:** Representação de uma onda periódica



Fonte: ATHOS ELECTRONICS (2019)

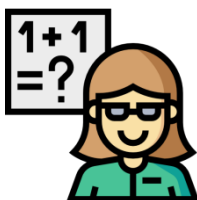
3. **Velocidade de uma onda numa corda:** A velocidade de uma onda está relacionada com a distância que a onda percorre em um determinado tempo. Ela pode se definida para uma corda como

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}, \quad \mu = \frac{m}{l}$$

Onde T é a tensão aplicada na corda e  $\mu$  densidade linear da corda que representa a relação entre a massa e o comprimento da corda.

### Procedimento experimental ( tempo estimado = 30 minutos).

Após o debate inicial de ideias solicite que os estudantes utilizem o aplicativo *DaTuner* no *smartphone* para captar as frequências do cavaquinho e do violão. O objetivo desta atividade é discutir a relação da frequência com a altura do som, com o comprimento de onda, tensão aplicada e a densidade da corda. Mostrando porque o som do cavaquinho é mais agudo do que o do violão.



**Agora vamos colocar em prática.**

1. Com o uso do aplicativo *DaTuner*, que possui a funcionalidade de afinador. Acesse em seu celular o *Playstore* e baixe o programa *Da Tuner* ( Fig, 8).

**Figura 8:** Uma das interfaces do Afinador *Da Tuner*



Fonte: Aplicativos grátis (2019).

- Com o aplicativo *Da Tuner* já feito *download*, utilize a tela do aplicativo, onde é possível ver as frequências das notas produzidas e toque em cada uma das cordas dos instrumentos e anote o valor captado pelo aplicativo nas tabelas 2 e 3.

### Violão:

**Tabela 2:** Frequências das notas na corda do violão.

Corda 1ª: E	_____ hz
Corda 2ª: B	_____ hz
Corda 3ª: G	_____ hz
Corda 4ª: D	_____ hz
Corda 5ª: A	_____ hz
Corda 6ª: E	_____ hz

Fonte: Própria (2020).

### Cavaquinho:

**Tabela 3:** Frequências das notas na corda do cavaquinho.

Corda 1ª: D	_____ hz
Corda 2ª: B	_____ hz
Corda 3ª: G	_____ hz
Corda 4ª: D	_____ hz

Fonte: Própria (2020).



Após a realização deste experimento sugeriu-se que o professor coloque em debate novos questionamentos sobre o porquê da diferença do som produzido pelo violão e o cavaquinho e observe se novas interpretações são postas.

Como o objetivo de mostrar a relação da frequência com o comprimento livre da corda é realizada a seguinte atividade:

- Peça para os estudantes diminuírem o comprimento livre da corda, pressionando o dedo numa determinada casa, e medirem novamente as frequências em todas as cordas do violão e cavaquinho. Anote os dados coletados nas tabelas 4 e 5.

**Tabela 4:** valores das frequências e notas para um determinado comprimento de corda

Cordas e cifras	Casas escolhidas	Nota	Frequências
6ª = E	5ª		
5ª = B	5ª		
4ª = G	5ª		
3ª = D	5ª		
2ª = A	5ª		
1ª = E	5ª		

Fonte: Própria (2020).

**Tabela 5:** valores das frequências e notas para um determinado comprimento de corda

Cordas e cifras	Casas escolhidas	Nota	Frequências
4ª = D	4ª		
3ª = G	4ª		
2ª = B	4ª		
1ª = D	4ª		

Fonte: Própria (2020).

Neste momento o professor poderá discutir a relação da frequência com o comprimento da corda.



## PENSE E RESPONDA

Sugere-se que os discentes realizem em grupo o pense e responda e que o docente debata com eles as respostas.

4. A partir da análise das sonoridades, descreva a diferença existente entre a sonoridade da corda solta e da corda pressionada. Justifique.

5. No caso do violão, existe diferença no som produzido quando varia a espessura da corda? Justifique.

6. Por que as cordas do violão devem ser maiores que as cordas do cavaquinho?

7. O que acontece se você tensionar um pouco mais as cordas? Tencione, realize a medida novamente e registre os resultados nas tabelas 6 e 7, abaixo:

**Tabela 6:** Frequências e Tensões nas cordas do violão.

Cordas	Frequências $f$ (Hz)	Tensões $T$ (N)
6ª = E		
5ª = B		
4ª = G		
3ª = D		
2ª = A		
1ª = E		

. Fonte: Própria (2020).

**Tabela 7:** Frequências e Tensões nas cordas do cavaquinho.

Cordas	Frequências $f$ (Hz)	Tensões $T$ (N)
4ª = D		
3ª = G		
2ª = B		
1ª = D		

. Fonte: Própria (2020).

8. Quando apertamos a corda numa determinada casa, o som emitido por essa corda muda. Qual a variável que estamos modificando, ao apertarmos a corda em casas diferentes?

Com a realização dessas atividades, o estudante poderá relacionar as propriedades da corda (comprimento  $l$ , densidade linear  $\mu$  e tensão  $T$ ) com as frequências que ela pode produzir. Por exemplo, cordas mais longas produzem sons mais graves (baixas frequências). Cordas mais curtas produzem sons mais agudos.

9. Para realizar esta atividade será necessário o violão, o cavaquinho, uma balança eletrônica, uma trena e um *smartphone* com o aplicativo *Da Tuner* para captar as frequências em cada corda. De posse do roteiro siga atentamente cada passo:
- a. Pegue a trena e meça o comprimento de cada corda;
  - b. Em seguida, pegue a balança e coloque a corda para adquirir a massa;
  - c. De posse dos dados utilize a equação de Tylon,  $\mu = m/L$ , para calcular a densidade dos instrumentos musicais;
  - d. Solicite aos estudante que abra o aplicativo DaTuner no *smartphone* e selecione a tela na qual é possível medir a frequência.
  - e. Utilize a equação  $f_n^2 = \frac{n^2 T}{4l^2 \mu}$  para calcular as tensões sobre cada corda;
  - f. Conhecendo-se as tensões e as densidades da corda a velocidade da onda na corda é calculada pela equação  $v = \sqrt{T/\mu}$ ;
  - g. Coloque os resultados obtidos nas Tabelas 8 e 9.

**Tabela 8:** Densidade, frequências, tensões e velocidade nas cordas do violão.

Cordas	Densidades (kg/m)	Frequências f (Hz)	Tensões (N)	Velocidade (m/s)
6ª = E				
5ª = B				
4ª = G				
3ª = D				
2ª = A				
1ª = E				

Fonte: Própria (2020).

**Tabela 9:** Densidade, frequências e tensões nas cordas do cavaquinho.

Cordas	Densidades (kg/m)	Frequências f (Hz)	Tensões (N)	Velocidade (m/s)
4ª = D				
3ª = G				
2ª = B				
1ª = D				

Fonte: Própria (2020).

### 3.2.2 Quarto Encontro

Este momento tem como objetivo estudar a configuração da onda estacionária. Para o encontro sugere-se a parceria do professor de Artes ou Música que trabalhará o contexto musical, discutindo conceitos como os harmônicos dos instrumentos, frequência, timbre, altura, intensidade e etc. Em seguida, a professora (o) de Física fará a relação matemática entre essas grandezas e as equações físicas da acústica. Para melhor aprofundar o aprendizado do estudante indica-se que disponibilize um vídeo com o intuito de facilitar a aplicação da atividade desta sequência didática.

**Reorganizando Conceitos: problematização inicial ( tempo estimado = 20 minutos)**

- (i) Vibre a mesma nota no violão e no cavaquinho e questione os alunos:

- a. Qual o padrão das ondas produzidas quando tocamos as notas no cavaquinho e no violão?
  - b. Há diferença entre o padrão produzido na corda do violão e o produzido na corda do cavaquinho?
  - c. Por que uma corda de extremidades fixas só vibra num padrão de ondas?
  - d. Se aumentarmos a frequência da onda o comprimento de onda muda?
- (ii) Leve para a sala de aula uma corda e um lastre para demonstrar a problematização. Prenda uma extremidade da corda na parede e peça a um aluno para vibrar a outra extremidade. Em seguida, peça para ele chocalhar a corda periodicamente e faça os seguintes questionamentos:
- a. Observa-se que a corda em alguns pontos específicos não se mova? Por quê?
  - b. Quando você chocalhar a corda o que acontece?
  - c. Quando a onda está voltando se você chocalhar a corda nesse momento o que acontece? Por quê?

Para ampliar as discussões indica-se a utilização de um vídeo que representa os modos de vibração em uma corda esticada. Segue o link logo abaixo.

<https://www.youtube.com/watch?v=jplFqvqW6V8>.

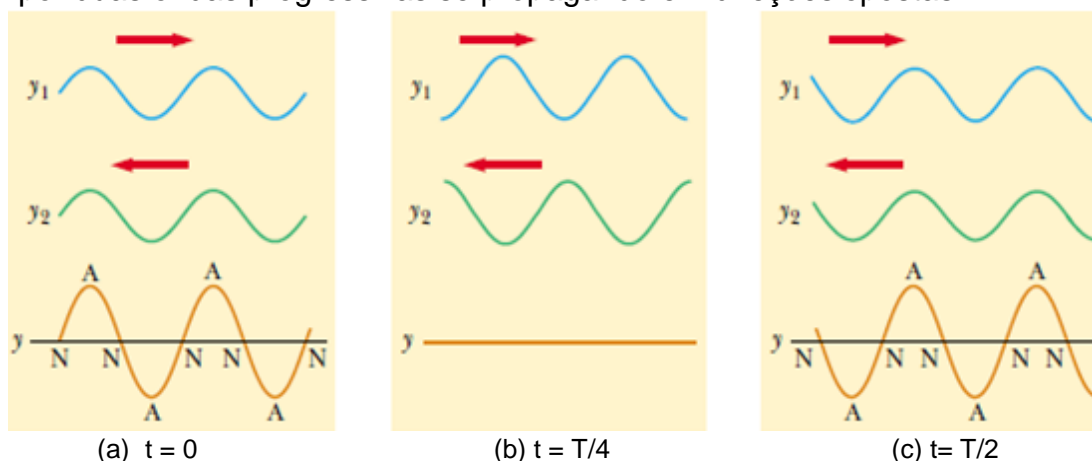


## OBSERVAÇÃO

As cordas do violão e o cavaquinho quando vibram produzem ondas transversais que, superpondo-se às refletidas nas extremidades, originam uma onda estacionária, ou seja, a onda estacionária é formada pela interferência de ondas idênticas que se propagam em sentidos opostos.

A configuração da onda estacionária não muda com o tempo. Os pontos que permanecem imóveis são chamados de nós (N). Os pontos onde a onda oscila com o máximo de amplitude são chamados de antinós (A), como mostra a Figura 9.

**Figura 9:** Padrões de ondas estacionárias produzidos em diversos instantes por duas ondas progressivas se propagando em direções opostas.



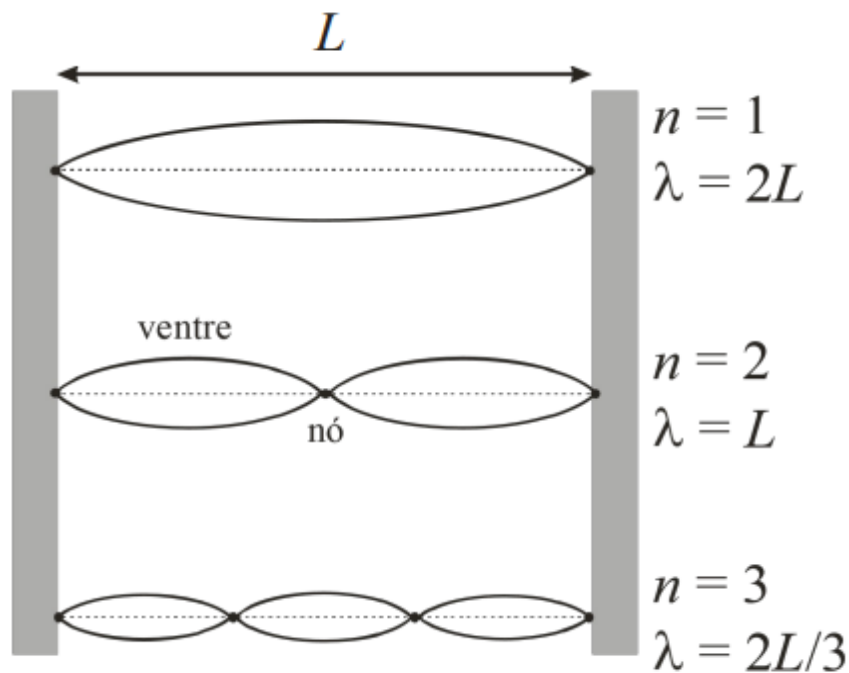
**FONTE:** (SERWAY; JEWERR, 2014)



**OLHANDO DE PERTO**

A compreensão da teoria das ondas estacionárias é indispensável para o entendimento do funcionamento dos instrumentos de corda, como o violão e o cavaquinho. Ao ouvirmos uma nota musical, estamos captando as diversas frequências, ou harmônicos, emitidas e é possível relacionar esses harmônicos com o comprimento da corda.

O modo fundamental de vibração é aquele no qual a corda vibra entre as extremidades de fixação da corda (nós) e um ponto médio. O segundo modo de vibração corresponde aos nós das extremidades e a um nó no ponto central e assim sucessivamente (Figura 10). Cada um desses modos é representado por um número, correspondente ao número de ventres (máximos de vibração) observados. Assim, o primeiro modo de vibração possui  $n = 1$ , o segundo,  $n = 2$  e assim indefinidamente.

**Figura 10:** Modo de vibração.

Fonte:USP (2019).

A distância entre dois nós consecutivos corresponde a meio comprimento de onda ( $\lambda/2$ ), de modo que o comprimento da corda ( $L$ ) deve ser igual a:

$$L = n \frac{\lambda}{2} \quad n = (1,2,3 \dots) \quad (\text{Eq.3})$$

A velocidade desta pode ser definida (Halliday, 2016, p.126) como segue:

$$v = \lambda f = \frac{2Lf}{n}$$

Sendo assim, as frequências de ressonância pode ser escrita como:

$$f_{n=\frac{nv}{2L}} \quad (\text{Eq.4})$$

Substituindo o valor de  $v$  da eq. 2 na eq. 4 temos a relação entre a tensão e a frequência:

$$f = \frac{nv}{2L} = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \Rightarrow f_n^2 = \frac{n^2 T}{4l^2 \mu} \quad (\text{Eq.5})$$

As frequências nas quais a ressonância é observada dependem de vários parâmetros da corda, como mostra a equação 5. Dependem da densidade linear das cordas, tensão que elas estão submetidas e o comprimento linear da corda. No

violão, as cordas são de mesmo tamanho, de diferentes densidades lineares e podemos variar a tensão apertando ou afrouxando as tarraxas. Isso significa que podemos alterar a altura das notas e sua afinação ao variar qualquer um desses parâmetros: se duas cordas possuem a mesma densidade e comprimento, a que sofrer maior tensão produzirá notas mais agudas.



## PENSE E RESPONDA

Sugere-se que os discentes realizem juntos o pense e responda em grupo e que o docente debata com as respostas.

1. O que é uma onda estacionária?

2. Uma corda de extremidades fixas só pode vibrar num padrão de ondas estacionárias?

3. O que são nós e antinós?

4. A velocidade da onda estacionária varia?

5. Qual a relação entre a frequência e o comprimento de onda?

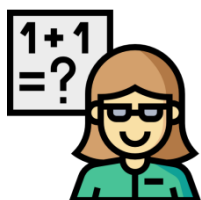


6. Uma corda fixa pelas extremidades pode propagar ondas com quaisquer frequência?

**Procedimento experimental** ( tempo estimado 30 minutos).

Este experimento tem o objetivo de identificar os modos de vibração na corda do violão e do cavaquinho e determinar as frequências referentes a eles. O material necessário para realizar esta atividade é:

- Violão;
- Cavaquinho;
- *Smartphone*;
- Trena ou régua;
- Lápis.



**Agora vamos colocar em prática.**

1. Meça o comprimento da corda do violão e do cavaquinho com uma régua ou trena. Expresse o valor obtido no espaço abaixo.
  - a. Comprimento da corda do violão:  $L =$  \_\_\_\_\_
  - b. Comprimento da corda do cavaquinho:  $L =$  \_\_\_\_\_
  
2. Vibre as cordas soltas do violão e do cavaquinho, através do aplicativo *Da Tuner* no *smartphone*, capte a frequência para **1º Harmônico** “vibre a corda solta” em cada corda do violão e cavaquinho. Para obter a frequência do **2º harmônico** pressione a corda apoiando o dedo sobre a fração de comprimento da corda correspondente a  $\frac{1}{2} L$ , faça no cavaquinho e no violão. Para obter o **3º harmônico** pressione o dedo sobre a fração de comprimento da corda correspondente a  $\frac{1}{3} L$ . E para o 4º harmônico é necessário

pressionar a corda apoiando o dedo sobre a fração de comprimento da corda correspondente a  $\frac{1}{4} L$ . Registre os resultados nas tabelas 10 e 11, logo abaixo.

**Tabela 10:** Resultados experimentais para o violão.

Corda	Harmônico	Frequência	Comprimento de onda
	Fundamental corda solta		
	2º harmônico		
	3º harmônico		
	4º harmônico		

Fonte: Própria (2020).

**Tabela 11:** Resultados experimentais para o cavaquinho.

Corda	Harmônico	Frequência	Comprimento de onda
	Fundamental corda solta		
	2º harmônico		
	3º harmônico		
	4º harmônico		

.. Fonte: Própria (2020).



## PENSE E RESPONDA

Sugere-se que os discentes realizem juntos o pense e responda em grupo e que o docente debata com eles as respostas.

1. Segundo observado e analisado até o momento, como você justificaria, fisicamente, o que acontece com a frequência quando aumentamos a ordem harmônica na corda de cada instrumento trabalhado?

2. Que conclusões vocês podem tirar dos resultados das tabelas 10 e 11 ?

3. Com base nos seus traçados complementares calcule a velocidade da onda na corda.

4. Qual a condição para que uma onda estacionária seja gerada numa corda?

### 3.3.3 Quinto Encontro

Este experimento tem como objetivo obter os espectros do som do violão e do cavaquinho, utilizando o programa *Reaper* com placa de áudio *Xenyx* (Figura11).

**Reorganizando Conceitos: problematização inicial** (*tempo estimado = 20 minutos*)

Antes de iniciar a coleta de dados deverá realizar algumas problematizações iniciais.

- (i) Sugere-se que a aula comece com o professor de Artes tocando. Primeiro ele tocará uma nota no violão e depois tocará a mesma nota no cavaquinho. Em seguida será feito alguns questionamentos para os estudantes, como por exemplo?
  - a. É a mesma nota que está sendo tocada?
  - b. Caso seja a mesma nota, ela possui a mesma frequência?
  - c. Se as notas tocadas possuem a mesma frequência, então por que ouvimos sons diferentes?
  - d. Se der um toque perto do cavalete, quais as propriedades do som são modificadas e por quê?

**Procedimento experimental ( tempo estimado = 30 minutos).**

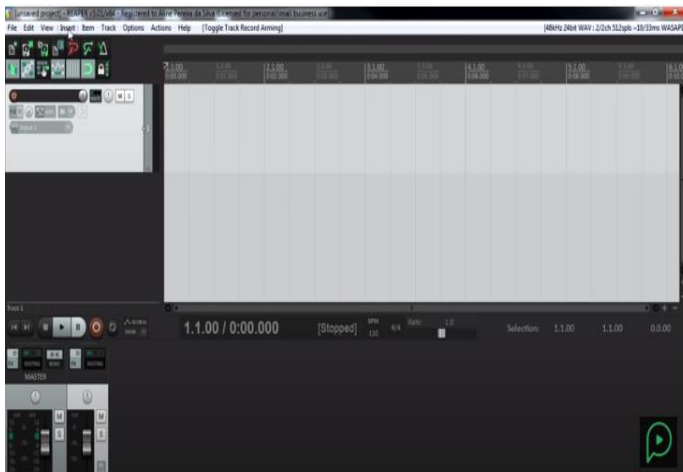
Nesta atividade, é possível observar a diferença do timbre do violão e do cavaquinho e mostrar que essa característica do som está diretamente relacionada à

intensidade dos harmônicos, que representam as ondas sonoras ali produzidas.

Material utilizado:

- Violão; Uma placa de áudio;
- Cavaquinho; Cabos e extensão;
- *Notebook*; Computador;
- Programa *Reaper*; *Data show*.

**Figura 11: (A)**.Interface do programa Reaper **(B)**Interface da placa de áudio

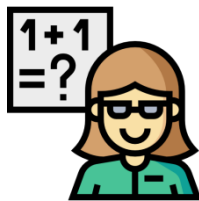


(b)



(a)

Fonte: Gravando em casa (2017)



**Agora vamos colocar em prática.**

- 1 Instale o *software Reaper*. Acesse em seu celular o *Playstore* e faça o *download* instale o aplicativo. Com o *software Reaper*, que não precisa de internet p seu funcionamento, e com placa de áudio *Xenyx*, grave o som de uma determinada nota emitida no violão, obtendo, assim, um gráfico da amplitude em função do tempo.
- 2 Repita o processo, agora gravando o som de uma determinada nota no cavaquinho, obtendo um gráfico através do *software Reaper* da amplitude em função do tempo.
  - a. Logo após faça a comparação entre os gráficos obtidos.





## PENSE E RESPONDA

Sugere-se que os discentes realizem em grupo o pense e responda e que o docente debata com eles as respostas.

1. Existe diferença entre a melodia tocada no violão e no cavaquinho? Justifique.

2. Classifique as frequências da nota **Mi** tocada na 6<sup>a</sup> corda do violão e da nota **Ré** tocada na 4<sup>a</sup> corda do cavaquinho.

Violão Nota E	Frequência (HZ)	Cavaquinho Nota D	Frequência (HZ)

3. Você percebeu alguma diferença no som?

4. Qual a nota gerada no violão e no cavaquinho é mais aguda e por quê?

5. Quais as notas são mais fortes e mais fracas e por quê?

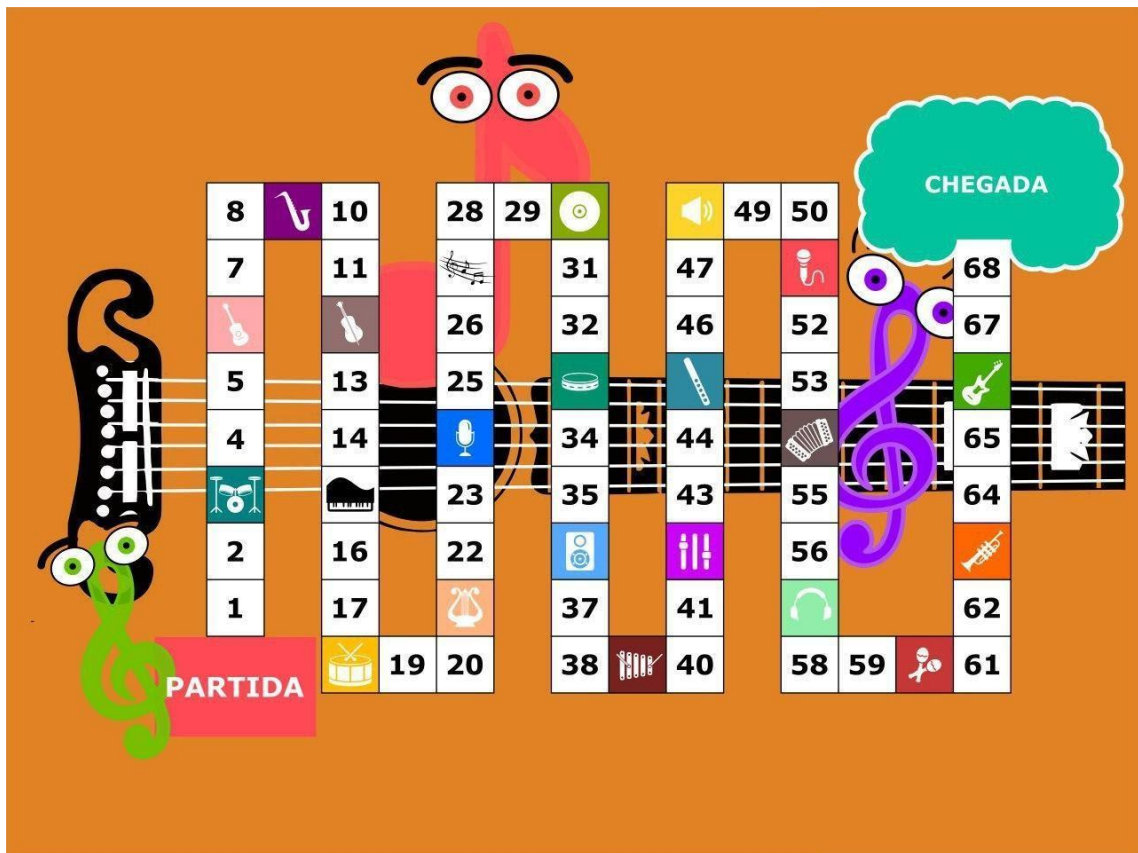
6. Quais as notas que possuem a menor e a maior duração?

### 3.2.4 Sexto Encontro

Neste encontro indica-se a utilização um jogo pedagógico com o objetivo de reforçar as discussões e socialização dos saberes. O jogo consiste em uma trilha, a

Física 🎵 Música. A trilha conta com sinais, instrumentos musicais e acessórios musicais, que aparecem a cada duas casas (Figura 12), ao cair nestas casas o estudante deverá responder perguntas sobre acústica e ondulatória, envolvendo, assim, todo o processo que foi trabalhado nos encontros, em um formato lúdico e interdisciplinar. Vale ressaltar que, as perguntas podem ser simples ou mais complexas, isso varia de acordo com o nível de conhecimento da turma. Ganha quem chegar primeiro na casa com a palavra CHEGADA.

Figura 12 : A trilha Física 🎵 Música



Fonte: Própria (2020).

A trilha é composta por 22 peças, sendo uma excelente estratégia para finalizar o conteúdo de Acústica, podendo ser adaptado a outros conteúdos como forma de revisão. Além disso, pode revelar as dificuldades ainda persistentes no processo de ensino e aprendizagem.

Para jogar a trilha Física  $\text{♩}$  Música é preciso da trilha, um dado, as cartas e umas peças para os alunos movimentarem o jogo e ficarem familiarizados com as regras, que são apresentas em seguida.



### Regras da Trilha Física $\text{♩}$ Música

A trilha se dá de forma coletiva, e o objetivo é alcançar a casa com a palavra CHEDAGA usando conhecimentos de acústica.

1. O jogador 1 deverá jogar o dado;
2. Em seguida andará o número de casas que saiu no dado;
3. Se o jogador 1 cair em uma casa de desafio que são os instrumentos musicais e acessórios, o mesmo deverá responder a uma pergunta;
4. Se ele acertar terá o direito adquirido de acordo com o que vem escrito na sua carta, entretanto, se errar, também terá uma regra a cumprir que virá escrita na carta;
5. Seguindo o *gamer* será a vez do jogador 2 e assim sucessivamente.
6. Ganha quem alcança primeiro a casa com a palavra CHEDAGA.

As casas de desafios são:  
3,6,12,15,18,21,24,27,30,33,36,39,42,45,48,51,54,57,63,66. As perguntas selecionadas para o jogo conforme a Figura 12.

**Figura 12:** Cartas da Trilha Física  $\text{♩}$  Música





*Responda...*

O que caracteriza uma onda estacionária, já que sabemos que ela é fundamental no estudo de notas musicais em instrumentos de corda?

(A) Os pontos denominados nós, e que sejam consecutivos, estão separados entre si por uma distância igual a igual a meio comprimento de onda.  
 (B) Os pontos que apresentam amplitude máxima estão separados entre si por distâncias vibratórias iguais a um comprimento de onda.

Resposta: A

Se errar permaneça na mesma casa, Se acertar avance para a próxima casa.

*Responda...*

Um violão é um instrumento de cordas tensionadas por um trasto que, ao ser tangido, vibra em frequências características. A nota musical está relacionada com a frequência fundamental de cada corda. Considerando essas informações, julgue os próximos itens.

É possível aumentar a altura da nota emitida pelo violão aumentando a tensão na corda, ou seja, apertando a tarraxa?

( ) CERTO.  
( ) ERRADO.

Resposta: CERTO

Se acertar tem direito de barrar a próxima equipe e avançar 1 casa, se errar, fica 1 partida sem jogar.

*Responda...*

O som é caracterizado por três qualidades que dependem da sensação que temos quando o ouvimos, são elas?

Resposta: Altura, Intensidade e o Timbre.

Se acertar avance 17 casas, Se errar fique 1 rodada sem jogar.

*Responda...*

No ouvido, as ondas atingem uma membrana chamada tímpano. O tímpano passa a vibrar com a mesma frequência das ondas, transmitindo ao cérebro, por impulsos elétricos, a sensação denominada som.

( ) CERTO.  
( ) ERRADO.

Resposta: CERTO

Se acertar avance 4 casas, Se errar volte 2 casas.

*Responda...*

Fisicamente, e para o mesmo meio de propagação, a diferença da onda sonora associada à nota musical **dó** é a onda sonora associada a nota musical **ré** sustentado, emitidas pelo mesmo instrumento, está:

(A) Na velocidade das duas ondas.  
 (B) Na frequência das duas ondas.

Resposta: B

Se acertou, avance 1 casa, Se errou permaneça na mesma casa.

*Responda...*

As ondas sonoras são ondas longitudinais que se propagam no ar e em outros meios. Elas têm origem mecânica e, portanto, não se propagam no vácuo. A sensibilidade do ouvido humano às ondas sonoras variam de uma pessoa para a outra; e para uma mesma pessoa, varia com a idade.

(A) Para os seres humanos - Sons de frequência de 0 a 20 Hz são chamados de infra-sons  
 (B) Sons com frequências superiores a 20 Hz são chamados de ultra-sons.

Resposta: A

Se acertar avance 3 casas, se errar, volte 2 casas.

*Responda...*

Alguns instrumentos de corda, como o cavaquinho, dispõem de traste, dispositivos que permitem alterar o comprimento da parte vibrante da corda. Com os dedos, o músico pressiona entre os trastes a corda que será colocada a vibrar, reduzindo seu comprimento. Quanto menor o comprimento  $L$  da parte vibrante, maior a frequência do som emitido. Essa afirmação está:

( ) CERTA.  
( ) ERRADA.

Resposta: CERTA

Se acertar avance 1 casa, Se errar fique 1 rodada sem jogar.

*Responda...*

Um professor de música esbraveja com seu discípulo: "Você não é capaz de distinguir a mesma nota musical emitida por um violão e por um cavaquinho!". A qualidade do som que permite essa distinção à que se refere o professor é:

(A) Altura.  
(B) Timbre.

Resposta: B

Se acertar avance 3 casas, se errar, volte 2 casas.

*Responda...*

A qualidade do som que permite distinguir um som forte de um som fraco, por meio da amplitude de vibração da fonte sonora é definida como:

(A) Altura.  
(B) Intensidade.

*Resposta: B*

Se acertar avance 4 casas, se errar, volte 3 casas.

*Responda...*

Em relação às propriedades das ondas sonoras, assinale o que for correto:

(A) A frequência da onda não sofre alteração quando muda de meio.  
(B) O som é uma onda transversal.

*Resposta: B*

Se acertar avance 2 casas, se errar, volte 1 casa.

*Responda...*

As notas musicais podem ser agrupadas de modo a formar um conjunto. Esse conjunto pode formar uma escala musical. Dentre as diversas escalas existentes, a mais difundida é a escala diatônica, que utiliza as notas denominadas *dó, ré, mi, fá, sol, lá* e *si*. Essas notas estão organizadas em ordem crescente de alturas, sendo a nota *dó* a mais baixa e a nota *si* a mais alta. Considerando uma mesma oitava, a nota *si* é a que tem menos.

(A) comprimento de onda  
(B) intensidade.

*Resposta: A*

Se acertar avance 1 casa, se errar, volte 1 casa.

*Responda...*

Ondas sonoras são compressões e rarefações do meio material através do qual se propagam. Podemos dizer que:

(A) as ondas sonoras transmitem-se mais rapidamente através de líquidos e sólidos do que através do ar.  
(B) o som não pode propagar-se através de um sólido.

*Resposta: A*

Se acertar avance 5 casas, se errar, volte 2 casas.

*Responda...*

A respeito da velocidade de propagação das ondas sonoras é correto afirmar que:

(A) A velocidade de propagação do som no aço é maior do que na água.  
(B) Em meios líquidos, a velocidade do som é maior do que em meios sólidos.

*Resposta: A*

Se acertar avance 2 casas, se errar, volte 1 casa.

*Responda...*

A respeito das ondas sonoras é correto dizer:

(A) O som é um tipo de onda mecânica, bidimensional e longitudinal. As ondas sonoras propagam-se mais rápido em meios gasosos do que em meios sólidos.  
(B) O som é um tipo de onda mecânica, tridimensional e longitudinal. As ondas sonoras propagam-se mais rápido em meios sólidos do que em meios líquidos.

*Resposta: B*

Se acertar avance 4 casas, se errar, volte 2 casas.

*Responda...*

O estudo de fenômenos ondulatórios, que vamos abordar agora, está ligado a alguns dos conceitos mais importantes da Física. Um dos mais fundamentais é o próprio conceito do que é uma onda.

(A) Qualquer efeito (perturbação) que se transmite de um ponto a outro de um meio. A onda quando a transmissão do efeito entre dois pontos distintos ocorre sem que haja transporte direito de matéria de um desses pontos ao outro.  
(B) Qualquer efeito (perturbação) que se transmite de um ponto a outro de um meio. A onda quando a transmissão do efeito entre dois pontos distintos ocorre sem que haja transporte direito de energia de um desses pontos ao outro.

*Resposta: A*

Se acertar avance 2 casas, Se errar volte ao início do jogo.

*Responda...*

Fisicamente, e para o mesmo meio de propagação, a diferença da onda sonora associada à nota musical *dó* é a onda sonora associada a nota musical *ré* sustenido, emitidas pelo mesmo instrumento, está:

(A) Na velocidade das duas ondas.  
(B) Na frequência das duas ondas.

*Resposta: B*

Se acertou, avance 1 casa, Se errou permaneça na mesma casa.

## REFERENCIAS

ACORDES EM CORDAS. Vibração das cordas de um violão.2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5lCHZjnxgTs> Acesso em: 7 jun. 2019.

APLICATIVOS GRÁTIS. 2019. Disponível em: <https://www.aplicativosgratis.com.br/afinar-violao>. Acesso em: 7 jun. 2019.

ATHOS ELECTRONICS. 2019. Disponível em: <https://athoselectronics.com/frequencia-como-funciona/>. Acesso em: 30 mai. 2019.

BERVIAN, P. A.; CERVO, A. L.; SILVA, R. **Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Person Prentice Hall, 2007.

CLVA. 2019. Disponível em:[http://www.clva.com.br/pa/apostla\\_violao.pdf](http://www.clva.com.br/pa/apostla_violao.pdf). Acesso em: 20 mai. 2019.

CARDOZO, L. C. **O ensino de Física através dos instrumentos musicais**. 2016. p. 70. Monografia (curso de licenciatura em física) - universidade federal fluminense, Instituto de Física, Nitéroi/RJ, 2016. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/7335/1/Laio%20Cavalcanti.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2020.

CHRISTOV, Ivan C. Wave Solutions. **Encyclopedia of Thermal Stresses**, ed. R.B. Hetnarski, Springer, 2014.

BORGES, A. N. **Introdução à física acústica**/ Antônio Newton Borges, Clóvis Gonçalves Rodrigues - São Paulo: editora Livraria de Física, p. 49. 2017.

BOSCARINO JUNIOR, A. **O ensino do cavaquinho: uma abordagem metodologica**. 2002, 34 p. Monografia (Licenciatura Plena em Educação Artística - Habilitação em Música) - Universidade do Rio de Janeiro, Instituto Villa-Lobos, Universidade do Rio de Janeiro/RJ, 2002. Disponível em: <https://fdocumentos.tips/document/o-ensino-do-cavaquinho-domainadmbrrwwwdomainadmbrrdemlicenciaturamonografiaalbertoboscarinopdfpdf.html> Acesso em: 21 de mai. 2019.

CAZES, H. **Ensaio Músicos do Brasil: Uma Enciclopédia**. Disponível em Disponível em . Data de acesso: 03 de dezembro de 2011. \_\_\_\_\_. Apanhei-te Cavaquinho 1º Episódio. Lisboa: 2012. Disponível em: [www.youtube.com/watch?v=30ETxHEAksY](http://www.youtube.com/watch?v=30ETxHEAksY). Acessado em 21 de maio de 2019. . Acesso: 03 dez. de 2019.

CAZES, H. **Apanhei-te Cavaquinho 1º Episódio**. Lisboa: 2012. Disponível em: [www.youtube.com/watch?v=30ETxHEAksY](http://www.youtube.com/watch?v=30ETxHEAksY). Acesso em: 21 de mai. 2019.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. São Paulo: Paz e Terra, 1993<sup>a</sup>.

GRAVANDO EM CASA. 2017. Disponível em: <http://gravandoemcasa.com/2017/12/curso-de-reaper-1-configurar-audio-e-primeira->

gravacao/<https://www.audiobshop.com.br/mesa-de-som-interface-de-audio-behringer-xenyx-302-usb-pr-235-403224.htm>. Acesso em: 20 jun. 2019.

GIF SIMULADOR VIRTUAL. Disponível em:

<https://sites.google.com/site/1anofisicacoltecufmg/materiais-de-apoio-1/videos-e-animacoes/06--ondas/producao-de-ondas> Acesso em: 20 jun. 2019.

GRILLO, M. L.; PEREZ, L. R. **Física e Música**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016. Disponível em:

[https://mnpefblumenauufscbr.paginas.ufsc.br/files/2017/05/FisMus\\_Grillo\\_Perez.pdf](https://mnpefblumenauufscbr.paginas.ufsc.br/files/2017/05/FisMus_Grillo_Perez.pdf) Acesso em: 20 mai. 2019.

HUMMELGEN, I. A. O clarinete-uma introdução à análise física do instrumento. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 13, n. 2, p. 139-153, 1996. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7054> Acesso em: 20 mai. 2019.

HALLIDAY, D. ; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física 2: Gravitação, ondas e Termodinâmica**. 4ª edição, Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Sa, 2012.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

ICM- Projeto Aprendiz, 2015. Disponível em:

[http://www.clva.com.br/pa/apostila\\_violao.pdf](http://www.clva.com.br/pa/apostila_violao.pdf). Acesso: 23 jun. 2020.

JACARAN DA TRILHAS. 2014. Disponível

em:<https://jacarandatrilhas.com/2014/07/um-carrossel-de-parametros/> Acesso em: 20 mai. 2019.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica; fluidos, oscilações e ondas, calor / H. Moysés Nussenzveig**. - 5.ed.- São Paulo: Blucher, 2014.

PARTITURA DE MUSICA. 2019. Disponível em:

<https://www.partiturademusica.com.br/img/teoria/violao/30-partitura-de-musica-ordem-das-cordas-no-instrumento.png> Acesso em: 30 mai, 2019.

RAO, S. S. **Vibrações Mecânicas**. Tradução de Arlete Simille Marques. 4 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2013.

RICARDO, Elio C.; FREIRE, Janaína CA. A concepção dos alunos sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 251-266, 2007.

ROSSING, T.D. **The Science of Sound**. U.S.A: Addison Wesley, 1990.

SADIE, S. **Dicionário Grove de Música**. Rio de Janeiro: Zahar, 1994.

SERWAY, Raymond A; JEWERR JR., John W. **Princípios de Física: Oscilações, Ondas e Termodinâmica**. São Paulo: Cengage Learning, 2014. 230 p. 2v. il.

SILVA JR, Romualdo S.; MILTÃO, B. M. S. R. O fenômeno acústico e o ensino médio: utilização de instrumentos musicais como incentivo para o ensino de acústica; o caso do cavaquinho. **Caderno de Física da UEFS**, v. 13, n. 02, p. 2401.1-36, 2015. Disponível em:

[http://dfisweb.uefs.br/caderno/vol13n2/s4Artigo1RomualdoMiltao\\_Acustica.pdf](http://dfisweb.uefs.br/caderno/vol13n2/s4Artigo1RomualdoMiltao_Acustica.pdf)

Acesso em: 13 de fev.2019.

SILVA, R. T. Disponível em: [http://www.fisica.ufpb.br/~romero/pdf/17\\_ondasI\\_VI.pdf](http://www.fisica.ufpb.br/~romero/pdf/17_ondasI_VI.pdf)  
Acesso em: 13 fev. 2019.

SILVEIRA, C. P. **Atividades experimentais para o Ensino de física ondulatória no ensino médio e neja**. 2017. 123 p. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física - MNPEF). Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda/RJ, 2017. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/6380> Acesso em: 13 fev. 2019.

TABORDA, M. **Violão e identidade nacional**: Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2011.

UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2019. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/2862/4/MLQueiroz.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2019.

UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2019. Disponível em: <http://www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos/> Acesso em: 10 out. 2019.

UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2020.  
<http://www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos/>. Acesso em: 10 out. 2019.

USP, Universidade de São Paulo. 2019. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2493413/mod\\_resource/content/2/CordasVibrantes%20-%20Guia%20de%20Estudos.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2493413/mod_resource/content/2/CordasVibrantes%20-%20Guia%20de%20Estudos.pdf). Acesso em: 30 mai. 2019.

VIANA, J. A. S. **Banda musical Sustentável: Confecção de instrumentos musicais no ensino da acústica**. 2018. 122 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade de Brasília, Instituto de Física da Universidade de Brasília, 2018. Disponível em: [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/33921/1/2018\\_Jos%c3%a9AlexVianadaSilva.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/33921/1/2018_Jos%c3%a9AlexVianadaSilva.pdf). Acesso em: 18 jul. 2020.

VIOLÃO MANDRILHO. 2019. Disponível em <http://www.violaomandrialho.mus.br/>. Acesso em: 30 mai. 2019.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. 2a ed. São Paulo. Martins Fontes, 1987.

VYGOTSKI, L.S. **Pensamento e linguagem**. (2.ª Ed.). São Paulo: Martins Fontes, 2003.

YOUNG, Hugh. D.; FREEDMAN, Roger. A. **Física II: Termodinâmica e ondas**. 12<sup>a</sup> ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.



## APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO DOS ALUNOS

O questionário de opinião teve como principal objetivo coletar as opiniões dos alunos em relação às atividades realizadas na sequência didática. Um total de 40 alunos responderam a esse questionário de opinião. Compilamos alguns comentários do questionário.

1. Qual sua opinião em relação à forma de apresentação dos conceitos abordados nas atividades?

Questões de opinião

1. As atividades relacionaram bem os conceitos sobre a música e da física. Em um primeiro momento, existiu uma correlação bastante desenvolvida dos experimentos que envolviam algum instrumento.

2. Quais os benefícios que o uso do violão e do cavaquinho nas aulas de física trouxe para sua aprendizagem?

2. O uso dos instrumentos musicais proporcionou uma aprendizagem mais consolidada, pois ficou clara como a teoria realmente funcionava.

3. Como a utilização dos instrumentos musicais auxiliou no entendimento do conteúdo de acústica?

4. A própria matéria ficaria vaga caso não houvesse utilização dos instrumentos musicais. Foi através deles que o conteúdo foi consolidado.

4. Houve mudança na sua percepção de entendimento do conteúdo de acústica depois da aplicação do produto?

5. Antes da experiência científica, o entendimento era vago e não se sabia o porquê daquilo acontecer. Mas, com umas aulas e práticas, o conceito se expandiu.

5. Qual a sua opinião em relação ao trabalho em equipe do professor de música e da professora de física?

6. Foi um verdadeiro trabalho em equipe, devido ao compartilhamento que foi compartilhado. Dessa forma, a aprendizagem foi vista de duas maneiras: música e física.

6. Descreva sua opinião geral sobre as atividades realizadas, destacando aspectos positivos e negativos.

7. Todo o trabalho foi bem organizado, planejado e executado de forma eficiente. As aulas foram bastante explicadas de forma clara. Entretanto, algumas aulas tiveram imprevistos, mas nada que comprometesse o ensino.