

# UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO COMO FERRAMENTA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM ONDULATÓRIA E ACÚSTICA: USO DE APARATO EXPERIMENTAL E GERADOR DE ÁUDIO EM SMARTPHONE

Joel Vieira de Araujo Filho<sup>1</sup>

Ericka Fernanda Ferreira de Queiroz<sup>2</sup>

## Resumo

O presente trabalho trás uma nova abordagem para o ensino de ondulatória e acústica, focada na metodologia de ensino por investigação para uma aprendizagem significativa. Trata o ensino dessas duas áreas da física por meio de aplicativo gerador de ondas e áudio, que pode ser gratuitamente baixado no Smartphone (aplicativo de nome ToneGen), bem como um aparato experimental gerador de ondas estacionarias em uma corda, o oscilador de Melde, numa nova versão por nós construída. A partir do uso dessa ferramenta tecnológica e desse aparato, em uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI) por nós desenvolvida, o estudo de conceitos físicos, tais como frequência, amplitude, altura do som, número de harmônicos, intensidade sonora, mostraram-se mais estimulantes, relevantes e significativos para o estudante.

**Palavras-chave:** Tecnologia na Aprendizagem; Ensino de Ondulatória e Acústica; Ensino por Investigação; Aprendizagem Significativa.

## Introdução

Para minimizar desafios da prática docente em ensino de ciências da natureza, tais como falta de estrutura física ou subjetividade de conceitos, torna-se relevante o desenvolvimento de estratégias que estimulem os estudantes à busca do conhecimento, através do debate propositivo, da exploração e da investigação, ou seja, do ensino investigativo.

As Atividades de Ensino Investigativas tem a finalidade de fazer com que os alunos construam representações coerentes com o Conhecimento Científico. Em outros estudos, são

---

<sup>1</sup> Mestre Ensino de Física, UFRPE, Recife/PE, [joelvieirafilho30@hotmail.com](mailto:joelvieirafilho30@hotmail.com)

<sup>2</sup> Doutoranda em biotecnologia – RENORBIO, UFRPE, Recife/PE, [ericka.ffq@hotmail.com](mailto:ericka.ffq@hotmail.com)

conhecidos também por Aprendizagem por Projetos ou Ensino por Descoberta, com algumas poucas variações (SASSERON, 2015), todas tendo objetivos comuns, tais como partir de um problema, promover o raciocínio, desenvolver habilidades cognitivas e incentivar a cooperação.

Zompêro e Laburú (2010) nos mostram que a Metodologia de Ensino por Investigação tem muito a contribuir para uma real aprendizagem significativa dos estudantes. Veremos:

- i. Se o aprendiz deseja investigar, ele deve estar engajado no processo de investigação. Então, esse aluno adquire a disposição em aprender, condição essencial para uma aprendizagem significativa.
- ii. Quando é apresentado um problema aos alunos, estes buscam uma solução através de seus conhecimentos prévios. Por isso, o problema proposto deve ser significativo aos estudantes, de modo que estes possam representá-lo mentalmente através de modelos mentais e esquemas. Com isso, conseguem levantar hipóteses.
- iii. A busca por comprovação de suas hipóteses faz com que os alunos se envolvam na busca de novos conhecimentos e na aplicação desses conhecimentos em novas situações. A busca por um plano de trabalho requer a pesquisa de novas informações necessárias à resolução do problema. Numa pesquisa envolvendo aparato experimental pode-se relacionar dados, elaborar tabelas e gráficos, que podem revelar relações entre grandezas. Isso é característica de aprendizagem significativa: uso de subsunçores como ponto de ancoragem para novos conhecimentos.
- iv. A comunicação dos resultados é uma avaliação do que foi significativamente apreendido, evidenciando os significados que foram adquiridos e propondo a troca de informação entre grupos e grupos e sociedade.

Novak (apud CARVALHO, 2017, p. 37) afirma que “Alguém aprende quando troca significados com: professor, colegas, livros, etc. Por isso a importância das atividades em grupo.” Carvalho (2017) nos oferece também uma Metodologia de Ensino por Investigação, através de cinco etapas:

**Problematização** – em que um, ou vários, problemas iniciais sobre o conteúdo a ser trabalhado é apresentado aos alunos. Esses problemas também podem ser elaborados pelos próprios alunos a partir dos Organizadores Prévios apresentados pelo professor, que são recursos didáticos introdutórios ativadores de subsunçores (estrutura cognitiva previamente existente, capaz de favorecer novas aprendizagens) dos alunos.

**Hipóteses** – a partir das ideias prévias dos alunos, eles organizam respostas às problematizações da primeira etapa.

**Plano de Trabalho** – são elaborados planos de trabalho e pesquisa, no intuito de pesquisar como resolver a problematização inicial. Essa pesquisa pode ser bibliográfica, experimental, de campo, etc.

**Obtenção de Dados** - elaborado o plano de trabalho, passa-se à obtenção de dados, registro, tabelas, análise.

**Conclusão** – a partir dos dados, tabelas, registros obtidos, faz-se uma análise para a comprovação, ou não, da hipótese inicialmente elaborada. Essa conclusão é, então, divulgada a outros grupos, para debate e análise.

### Metodologia

#### 1. Aplicativo Gerador de Áudio – ToneGen

Depois de muita pesquisa, escolhemos o aplicativo gerador de sinais de onda senoidais ToneGen, que pode ser baixado gratuitamente pelo PlayStore em qualquer smartphone com sistema operacional Android, fornece um sinal de áudio senoidal, de frequência única, que pode ser ajustada de 1 Hz a 22 KHz. Pode gerar até 16 tons simultaneamente, mostrando a forma da onda e sua frequência no visor do celular. É de fácil manipulação e possui ajuste fino de medidas de frequência. A figura 1 mostra a interface gráfica, com comandos e visor.



Fig. 1: interface do aplicativo em funcionamento

#### 2. Aparato Experimental Oscilador de Melde – Nova Versão

Nos últimos anos, o ensino de ciências da natureza tem sido alvo de intensos debates. Cachapuz et al (2011, p. 33) nos fala:

[ ... ] as visões deformadas da ciência e da tecnologia transmitidas pelo próprio ensino, estão contribuindo para o insucesso escolar, as atitudes de rejeição e, conseqüentemente, a grave carência de candidatos para estudos científicos superiores. Esta análise mostra a necessidade de uma reorientação das estratégias educativas e conduz ao esboço de um modelo de aprendizagem das ciências como investigação orientada, em torno de situações problemáticas de interesse.

O ensino equivocado de Física como uma ciência acabada, matematizada e descontextualizada da vivência dos educandos contribui para a grande rejeição e dificuldade que essa disciplina apresenta em todo Brasil. Além disso, nas aulas, há um enorme tempo gasto com a exposição oral, quase sempre monológica e sem qualquer situação de investigação ou problematização. Hodson (apud CARVALHO et al, 2012, p. 19) nos fala que: “os trabalhos de pesquisa em ensino mostram que os estudantes aprendem mais sobre ciência e desenvolvem seus conhecimentos conceituais quando participam de investigações científicas [ ... ].”

Pensando na problemática de um ensino-aprendizagem contextualizado, significativo e que os estudantes possam participar da construção do conhecimento, desenvolvemos um aparato experimental de fácil manipulação, grande poder de investigação e que tem aplicações relevantes em diversas áreas do conhecimento, O OSCILADOR DE MELDE. Franz Emil Melde (1832 – 1901) foi um físico alemão que ficou conhecido por seus trabalhos com ondas estacionárias. O Experimento de Melde conecta um cabo apertado a um interruptor elétrico. Com esse aparato, Melde separou pela primeira vez, em 1860, as ondas estacionárias em uma corda, os modos normais de vibração. Ele foi capaz também de mostrar que ondas mecânicas podem apresentar fenômenos de interferência. Na sua montagem, Melde usou um pulsador elétrico, preso a um cabo, que leva a uma polia contendo na outra extremidade uma massa que causa tensão na corda. Cada nó é típico da onda estável.

Do modelo original, que constitui um dos mais importantes aparatos experimentais históricos concernentes ao desenvolvimento da acústica física e musical, concebemos uma reconstrução de fácil montagem e que oferece vários parâmetros de fácil manipulação e medição (como frequência, tensão na corda, modos de vibração, etc) e pode ser aplicado para investigar as características do som produzido por vários instrumentos musicais de corda fixa, dentre eles, o violão.

### **Construção do Oscilador**

Propusemos uma montagem do aparato com materiais acessíveis, de baixo custo e que pode ser adaptado a qualquer comprimento da corda e que usa como gerador das ondas um aplicativo de celular de fácil manipulação e gratuito. Descrevemos, a seguir, brevemente, a nossa montagem do aparato.

DESCRIÇÃO DA PARTE 1: mecanismo vibrador, composto de base de madeira com alto-falante, haste rosqueada de alumínio e haste de cobre recurvada.



Figura 2: base de madeira com alto-falante acoplado. vista superior.

A figura 2 mostra uma visão superior de parte do aparato, com a base de madeira (1) medindo 23cm x 23cm x 7cm. No centro da base foi feito um orifício circular de diâmetro em torno de 16 cm, no qual foi acoplado um autofalante de 6" (2), muito embora o aparato manifeste funcionamento satisfatório com outros autofalantes menores e menos potentes. Em qualquer caso, o importante é certificar-se de que o cone do autofalante possua um curso de oscilação suficientemente longo para produzir na corda harmônicos de amplitude que permita a visualização de qualquer canto da sala de aula. Próxima à borda do autofalante, foi fixada uma haste rosqueada de alumínio de 3/16" de espessura e 6 cm de altura (3), no topo da qual foi feito um furo onde é fixada uma das extremidades da corda. No centro do cone do alto-falante, ao redor da calota central (domo), foi fixada, com cola, uma haste de cobre (4) que, após ser recurvada até o centro da citada calota, sobe perpendicularmente ao plano da borda do alto-falante até a mesma altura da haste de alumínio, tendo sido, então, recurvada em forma de "U" invertido, por dentro do qual passa a corda. Consiste, portanto, no mecanismo pelo qual as vibrações do alto-falante perturbam a corda quando o aparato está em funcionamento. Quando a corda é colocada dentro do "U" invertido, um pequeno pedaço de algodão, ou fita adesiva, ou ainda espuma deve ser colocado na entrada do "U", impedindo que a corda saia da posição no meio curso em que o alto-falante se encontra no movimento ascendente.

A figura 3 mostra uma visão frontal ou lateral do aparato, com a base de madeira tendo um ressalto (espera) que permite seu ajuste na borda de um tampo, permitindo sua adaptação em qualquer mesa (1). A figura mostra ainda os detalhes da parte inferior do alto-falante (2) e da haste rosqueada de alumínio com o furo na extremidade superior (3).

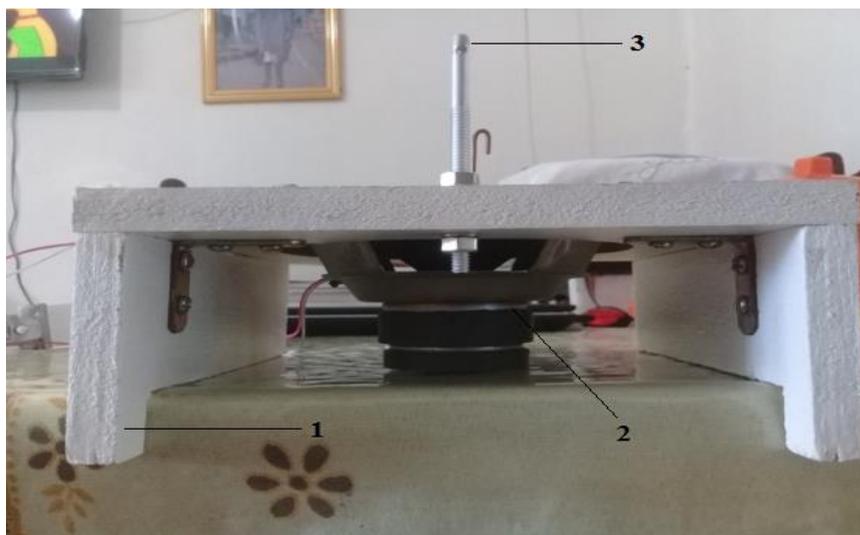


Figura 3: vista frontal da base de madeira com alto-falante acoplado.

DESCRIÇÃO DA PARTE 2: mecanismo tracionador da corda, composto de suporte de madeira com polia e conjunto de pesos. As figuras 4 e 5 mostram o mecanismo de fixação da parte 2 que se utiliza de um grampo universal, que pode ser adaptado a qualquer superfície ou mesa.



Figura 4: visão posterior do mecanismo tracionador.



Figura 5: visão frontal do mecanismo tracionador.

DESCRIÇÃO DA PARTE 3: sistema de amplificação do sinal, composto de base de madeira com amplificador e estroboscópio e cabos de ligação.

A figura 6 mostra, respectivamente, as visões frontal e posterior do amplificador multiuso modelo Deltrônica AM20 RCA 120/220V (1), específico para amplificar baixos sinais de áudio dos MP3, PC, Notebook, etc., bem como o estroboscópio. O amplificador é utilizado para ampliar o sinal oriundo do aplicativo gerador de áudio e que foi instalado num

smartphone para ser utilizado junto com o aparato. Sua saída amplificada que pode ser ligada a diversos tipos de caixa de som (2, 4, 6 ou 8 ohms). Tem dimensões 6cm x 9cm x 15cm, com entrada RCA e saída de encaixe por pressão. Possui controle de volume e fonte de alimentação 110/220 V. Esta afixado a uma base de madeira de dimensões 20cm x 15cm x 2cm, juntamente com o estroboscópio. Na vista frontal é possível ver seu controle de volume e chave liga-desliga.



Figura 6: visão frontal da base com amplificador e cabo de áudio com as duas entradas RCA conectadas.

A figura 7 mostra o aparato experimental montado. Nela, podemos observar o cabo com o plugue P2 estéreo a ser conectado à saída de áudio do smartphone, cuja outra extremidade possui dois plugues RCA conectados às duas entradas de áudio do amplificador. O alto-falante é então conectado a qualquer umas das duas saídas de áudio do amplificador. Podemos ainda ver o fio preso à haste rosqueada de alumínio, passando pelo “U” recurvado da haste de cobre, passando pela polia, descendo por trás da parte 2 do aparato e, finalmente, sendo tracionado pelos cadeados aferidos.



Figura 7: aparato montado.

A manipulação do aparato experimental, junto com aplicativo gerador de áudio, será uma valiosa fonte de obtenção de dados. Os dados obtidos pelo aparato, que pode ser frequência, comprimento de onda, amplitude, tensão na corda, número de harmônicos, podem ser usados também para novas descobertas. As cordas usadas no aparato são as cordas de um violão, de náilon ou aço. Com isso, podem-se investigar as características da corda oscilando em ondas estacionárias no aparato.

### 3. Nossa Sequência de Ensino Investigativo (SEI)

Com o objetivo de tornar o ensino dos conceitos de ondulatória e acústica musical motivador, estimulante e significativo, elaboramos uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI).. A nossa SEI é mostrada abaixo.

ETAPAS	OBJETIVOS	TEMPO ESTIMADO
1. Organizadores Prévios	Aula inicial, em power point, ministrada pelo professor, com a finalidade de despertar/construir subsunçores, tais como elementos de uma onda, tipos de ondas, ondulatória e música, etc.	
2. Problematização	Com o violão, problematizar com questões propostas pelo professor ou pelos próprios alunos.	1º encontro: 2 horas/aula
3. Construção de Hipóteses	Dividir a turma em grupos e deixá-los encontrar hipóteses de resolução das problematizações.	1º encontro: 2 horas/aula
4. Construção de Plano de Trabalho	Planejar com os grupos datas para trabalho no aparato. Explicar o funcionamento básico do aparato.	
5. Obtenção de dados (uso do aparato)	Cada grupo separadamente, em data e horários pré marcados, manipulará o aparato, na busca de relações e dados para a possível resolução das hipóteses. Poderá ser debatidas entre o grupo conclusões prévias da análise dos dados obtidos.	2º encontro: 2 horas/aula para cada grupo

6. Conclusão e Comunicação	Após análise dos dados, os grupos debaterão os resultados entre si e depois entre os grupos.	3º encontro: 2 horas/aula, divididas da seguinte maneira: - 1 hora/aula para o debate dentro de cada grupo - 1 hora/aula para o debate entre os grupos
----------------------------	--	--

Fig. 8: Sequencia de Ensino Investigativo por nós proposta

### Desenvolvimento

Trabalhamos na Escola de Referência em Ensino Médio (EREM) Olinto Victor, localizada no bairro da Várzea – Recife, Pernambuco. Foi lá que, em 2018, implementamos nossa SEI a 38 estudantes do segundo ano do ensino médio, divididos em dois grupos: o grupo 1 com 20 alunos, e o grupo 2 com 18 alunos. As etapas de 1 a 4 de nossa SEI foi realizada com todos os 38 alunos. Depois de uma breve exposição sobre conceitos básicos de ondulatória, tais como frequência, comprimento de onda, e conceitos básicos em acústica, tais como altura e volume do som, iniciamos nossa problematização usando um violão. Depois de uma breve descrição dos elementos básicos do violão, tais como numero de cordas, trastes, cabeça, etc, incitamos aos alunos os seguintes questionamentos: 1. Por que as cordas do violão tem “grossuras” diferentes? 2. Por que a distancia entre os trastes não é a mesma? 3. O que é “afinar” um violão?

Após isso, deixamos os estudantes construírem suas hipóteses aos questionamentos acima. A figura abaixo mostra as hipóteses desenvolvidas pelos estudantes.

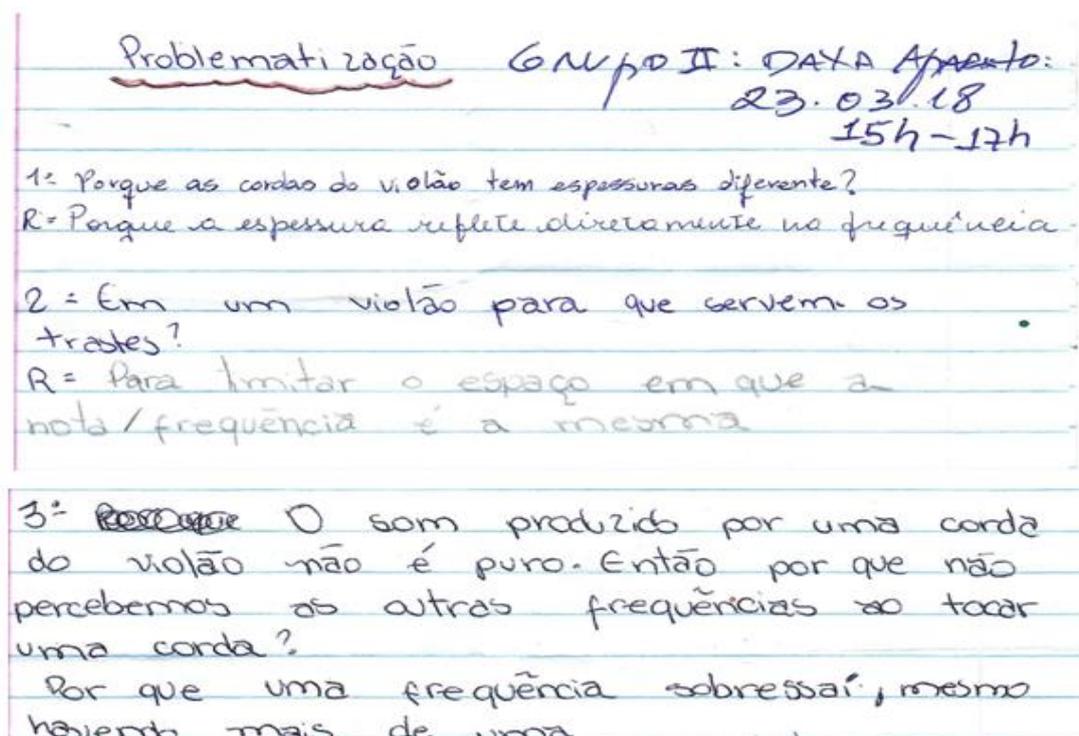


Fig. 9: hipóteses formuladas pelos estudantes à problematização inicial

A partir disso, foram marcadas as datas em que cada grupo trabalharia com o aparato experimental, fazendo medidas de frequência, tração na corda, comprimento da corda e numero de harmônico. As figuras 10 e 11 abaixo mostram os dados experimentais obtidos e as conclusões iniciais de cada grupo.

EREM OLINTO VICTOR

Data: 22/03/18

Grupo: LUC

1ª Corda do violão (Nylon)

	COMPRIMENTO DA CORDA	TENSÃO NA CORDA	FREQUENCIA 1º HARMÔNICO	FREQUENCIA 2º HARMÔNICO	FREQUENCIA 3º HARMÔNICO
Cumprimento da amplitude	52cm	6,34N	102Hz	200Hz	-

6ª Corda do violão (Nylon)

	COMPRIMENTO DA CORDA	TENSÃO NA CORDA	FREQUENCIA 1º HARMÔNICO	FREQUENCIA 2º HARMÔNICO	FREQUENCIA 3º HARMÔNICO
Cumprimento da amplitude	52cm	6,34N	26Hz	53Hz	78Hz
			2,8cm	1,4cm	0,9cm

6ª Corda do violão (Nylon)

	COMPRIMENTO DA CORDA	TENSÃO NA CORDA	FREQUENCIA 1º HARMÔNICO	FREQUENCIA 2º HARMÔNICO	FREQUENCIA 3º HARMÔNICO
Cumprimento da amplitude	78cm	6,34N	25Hz	46Hz	72Hz

6ª Corda do violão (Nylon)

	COMPRIMENTO DA CORDA	TENSÃO NA CORDA	FREQUENCIA 1º HARMÔNICO	FREQUENCIA 2º HARMÔNICO	FREQUENCIA 3º HARMÔNICO
Cumprimento da amplitude	78cm	9,20N	36Hz	73Hz	102Hz

CONCLUSÕES

1ª: Primeira: comprimento da corda + inversamente proporcional a frequência  
 2ª: Segunda: todos os harmônicos baseados no primeiro harmônico  
 3ª: terceira: aumentando a tensão na corda, a frequência do primeiro har-

Fig. 10: dados obtidos e conclusões iniciais do grupo I

EREM OLINTO VICTOR

Data: 23/03/2018

Grupo: Lucas

1ª Corda do violão (Aço)

	COMPRIMENTO DA CORDA	TENSÃO NA CORDA	FREQUENCIA 1º HARMÔNICO	FREQUENCIA 2º HARMÔNICO	FREQUENCIA 3º HARMÔNICO
Cumprimento da amplitude	49cm	6,35N	112,9 Hz	224,9 Hz	337,4 Hz

6ª Corda do violão (Aço)

	COMPRIMENTO DA CORDA	TENSÃO NA CORDA	FREQUENCIA 1º HARMÔNICO	FREQUENCIA 2º HARMÔNICO	FREQUENCIA 3º HARMÔNICO
Cumprimento da amplitude	49cm	6,35N	29,61 Hz	61,3 Hz	89,6 Hz
			3cm	1,50cm	1cm

6ª Corda do violão (Aço)

	COMPRIMENTO DA CORDA	TENSÃO NA CORDA	FREQUENCIA 1º HARMÔNICO	FREQUENCIA 2º HARMÔNICO	FREQUENCIA 3º HARMÔNICO
Cumprimento da amplitude	84cm	6,35N	19,88 Hz	39,69 Hz	59,35 Hz

6ª Corda do violão (Aço)

	COMPRIMENTO DA CORDA	TENSÃO NA CORDA	FREQUENCIA 1º HARMÔNICO	FREQUENCIA 2º HARMÔNICO	FREQUENCIA 3º HARMÔNICO
Cumprimento da amplitude	84cm	9,15N	23,17 Hz	46,34 Hz	69,51 Hz

CONCLUSÕES

1ª: Quando o som é mais agudo a frequência é maior e quando é mais grave a frequência é menor.  
 2ª: Todos os harmônicos têm uma relação com o primeiro harmônico (harmônico principal); 1º segundo e o dobro do primeiro, o terceiro é o triplo do primeiro... em relação as frequências.  
 3ª: A amplitude do primeiro harmônico é maior, o segundo é menor do que o primeiro, o terceiro é menor do que o segundo... É usado a relação entre a intensidade do som, período, a amplitude do primeiro harmônico.  
 4ª: Mudando a tensão e a tensão na corda muda-se a frequência dos harmônicos: maior comprimento da corda, menor frequência e aumento da tensão ou

Fig. 11: dados obtidos e conclusões iniciais do grupo II

## Resultados e Discussão

Como ultima etapa de nossa SEI, reunimos novamente os dois grupos para eles discutirem entre si os resultados obtidos e elaborarem um relatório final do trabalho, como mostra a figura abaixo.



Fig. 12: etapa de discussão dos resultados

Depois de intensos debates, elaborou-se pelos estudantes o seguinte resultado final dos trabalhos, mostrado na figura abaixo.

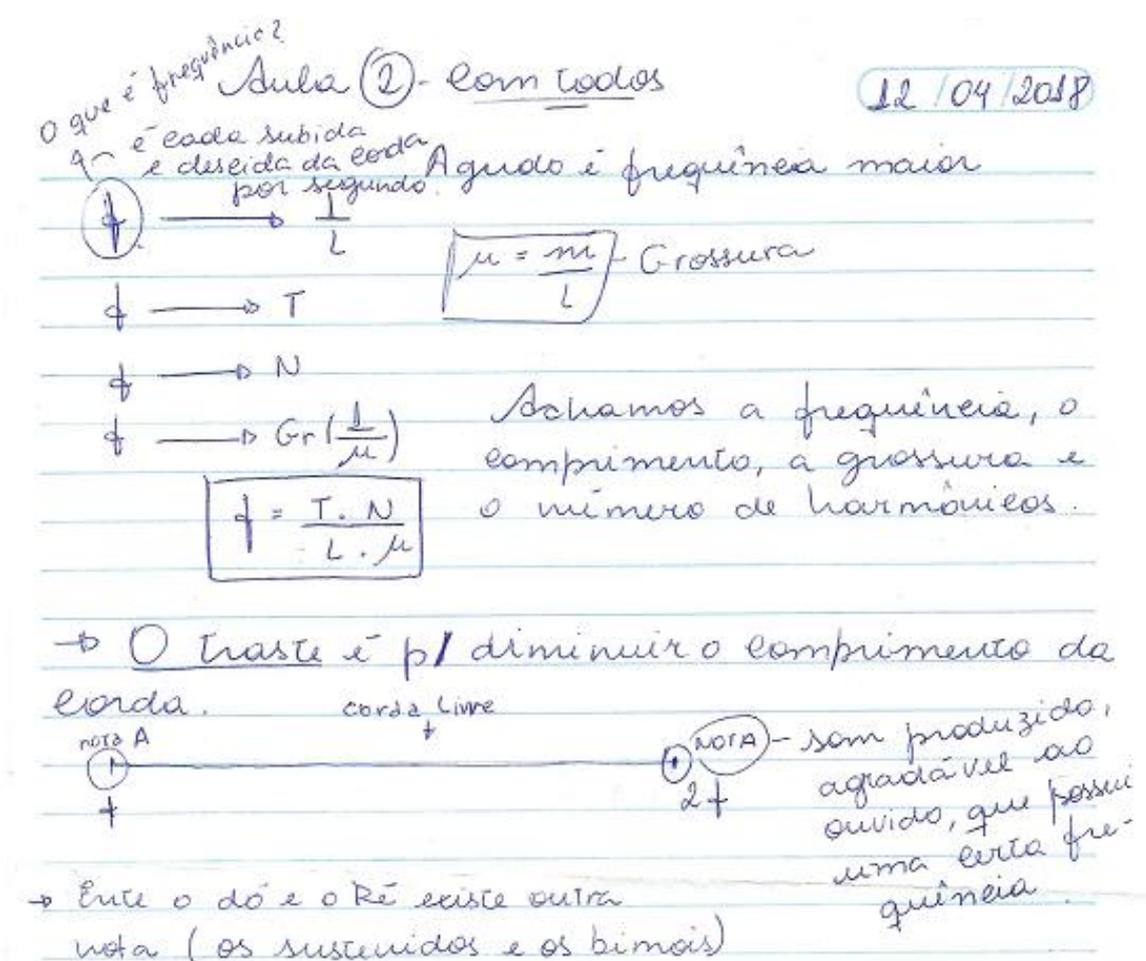


Fig. 13: relatório final elaborado pelos estudantes

Vemos, a partir do olhar atento da figura 13, que os estudantes:

1. Conseguiram elaborar uma definição de frequência da corda do violão.
2. Relacionaram frequência das cordas do violão com altura do som (grave ou agudo).
3. Determinaram uma equação empírica que relaciona a frequência do violão com outros dados obtidos na manipulação do aparato. Observamos que, mesmo que a equação encontrada não esteja totalmente correta ( $f_n = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ , em que n é o número de harmônico, T a tração na corda, L o comprimento da corda e  $\mu$  a densidade linear de massa da corda), isso mostra um crescimento da análise da relação de dados experimentais.
4. Conseguiram determinar a função dos trastes no violão: diminuir o comprimento útil da corda, que irá interferir no som produzido.

### Considerações Finais

Consideramos proveitosos e significativos os resultados de nossa SEI aplicada, com estudantes sendo atores de sua própria aprendizagem, aprendizagem essa que se torna prazerosa e problematizadora. As possibilidades de uso do aplicativo junto ao aparato são várias, não só em acústica-ondulatória, mas também em outras áreas da física, tais como dinâmica, na análise da tração em cordas, estudo de polias; como no eletromagnético, com o estudo do funcionamento do amplificador e do alto-falante. Essas outras possibilidades de uso podem ser exploradas a partir da curiosidade do docente ou dos próprios discentes.

### Referências

1. CACHAPUZ, A. [et al.] (orgs). **A Necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2011. Outros organizadores: Daniel Gil-Perez, Anna Maria Pessoa de Carvalho, João Praia, Amparo Vilches. ISBN 85-249-1114-X
2. CARVALHO, A. M. P. (org). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
3. MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 2011.
4. SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, número especial, p. 49-67, novembro 2015.
5. ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 03, p.67-80, set-dez 2011.