



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA  
(POLO 58 - UFRPE)

O PRODUTO EDUCACIONAL

UMA INVESTIGAÇÃO SOBRE OS HARMÔNICOS DOS INSTRUMENTOS  
MUSICAIS BASEADA NOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

Magdiel Jeronimo Pereira dos Santos

Recife  
2023

## **Sumário**

Apresentação .....	03
Sequência Didática .....	04
Referências Bibliográfica.....	12

## Apresentação

Com o objetivo de desenvolver o conteúdo específico de timbres e harmônicos emitidos por um som, tendo como base os Três Momentos Pedagógicos (Figura 1). O objetivo é relacionar o conteúdo com situações reais do cotidiano, compreender a posição dos alunos mediante ao tema, além de produzir um levantamento de questões relacionadas e como trabalho final a produção de um relatório científico.

**Figura 1:** Os três momentos pedagógicos



**Fonte:** <https://images.app.goo.gl/o7q4FCdzkgbKSfNr6>

Na sequência da apresentação dos conceitos relacionados e atividades propostas, deve-se realizar a estruturação do conhecimento e, por fim, a exploração de forma qualitativa dos argumentos construídos pelos estudantes ao longo das etapas de Organização e de Aplicação do Conhecimento.

## Sequência Didática

A sequência didática das atividades planejadas e a serem desenvolvidas estão organizadas conforme o Quadro 2.

**Quadro 2:** Síntese das etapas dos Três Momentos Pedagógicos: Investigação dos harmônicos

Etapa	Aulas	Atividades
Problematização inicial	1 aula	<ul style="list-style-type: none"><li>- Apresentação do tema.</li><li>- Análise do vídeo apresentado.</li><li>- Aplicação de um Quis.</li><li>- Discussão sobre os diferentes sons percebidos.</li><li>- Levantamento de possíveis questões sobre o que caracteriza a diferença percebida.</li><li>- A pergunta de sondagem.</li></ul>
Organização do conhecimento	2 aulas	<ul style="list-style-type: none"><li>- Apresentação dos conceitos relacionados ao tema.</li><li>- Revisão sobre funções trigonométricas.</li><li>- Estudo do som e suas características fisiológicas.</li><li>- Apresentação da série de Fourier através de um simulador virtual (<a href="https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/fourier-making-waves">https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/fourier-making-waves</a>) do site Phet Interactive Simulations.</li><li>- Discussão dos conteúdos apresentados.</li></ul>
Aplicação do conhecimento	2 aulas	<ul style="list-style-type: none"><li>- Atividade experimental usando um software, dois instrumentos musicais e um diapasão.</li><li>- Discussão/avaliação em relação aos dados obtidos na experimentação.</li></ul>

**Fonte:** Elaborado pelo autor

O primeiro momento deve começar com a problematização a partir da apresentação de um vídeo e um Quiz. O vídeo é uma apresentação musical da obra “A abertura 1812” de Piotr Ilitch Tchaikovsky, apresentada pela Orquestra Sinfônica de Heliópolis e Orquestra Juvenil de Heliópolis, regidas pelo maestro Isaac Karabtchevsky (<https://www.youtube.com/watch?v=2EgOP6LLaFc>). O Quiz foi um desafio para que os

alunos pudessem, a partir da percepção musical, descobrir qual instrumento estava sendo tocado (<https://www.youtube.com/watch?v=TDxM6mK9Kys>). Os dois arquivos podem ser acessados pelos QR codes das figuras 2 e 3.

**Figura 2: O Vídeo**



**Fonte:** [www.youtube.com](http://www.youtube.com)

**Figura 3: O Quiz**



**Fonte:** [www.youtube.com](http://www.youtube.com)

A partir das percepções e reflexões, os estudantes entre si, iniciam discussões sobre o que foi apresentado. No decorrer do processo, cada estudante irá expressar suas opiniões e ponderar sobre as possíveis causas que possibilitam diferenciar um instrumento do outro. Esse momento tem duração de 30 minutos, em média. Os últimos 10 minutos seguintes da aula deve ser destinado a um questionamento de sondagem, com a seguinte pergunta:

*“Por que instrumentos musicais, emitindo a mesma nota musical, produz sons diferentes?”*

No segundo momento os conhecimentos científicos do tema devem ser apresentados por meio de uma aula expositiva sobre as características fisiológicas do som, especificamente o timbre e harmônicos correspondentes, revisitando os conceitos das funções senoidais e suas aplicações, pode ser usado slides para este fim. É importante que seja apresentada a história de Joseph Fourier, suas motivações e a sua série.

Ainda neste momento desenvolve-se a relação entre os harmônico e os coeficientes da série de Fourier, para ser mais intuitivo deve-se utilizar um simulador virtual ([https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/fourier-making-waves](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/fourier-making-waves)) do site Phet Interactive Simulations. É um programa de fácil acesso, simples de manipular e instalação rápida. Pode ser baixado no smartphone, através do QR code da Figura 4.

**Figura 4:** Fourier: Construindo Ondas



Fonte: phet.colorado.edu

Já instalados em seus smartphones, esse é o momento em que os alunos deverão ser divididos em grupos e com a posse de um smartphone, cada grupo pode interagir com o programa citado. Os desenvolvedores do simulador criaram 3 (três) áreas de interação (Figura 5).

**Figura 5:** Simulador virtual



Fonte: phet.colorado.edu

São áreas bem intuitiva, todas objetivam o entendimento da relação entre os coeficiente da série de Fourier e os harmônicos. Em uma dessas áreas os alunos tem a oportunidade de criar e modificar diferentes formatos de ondas, a partir da manipulação da amplitude de cada onda correspondente a um determinado harmônico.

Na área nomeada “Discreta” os estudantes tem a opção de ajustar a amplitude dos harmônicos, à medida que controlam a amplitude o som produzido pela onda resultante torna-se mais rico em detalhes (Figura 6).

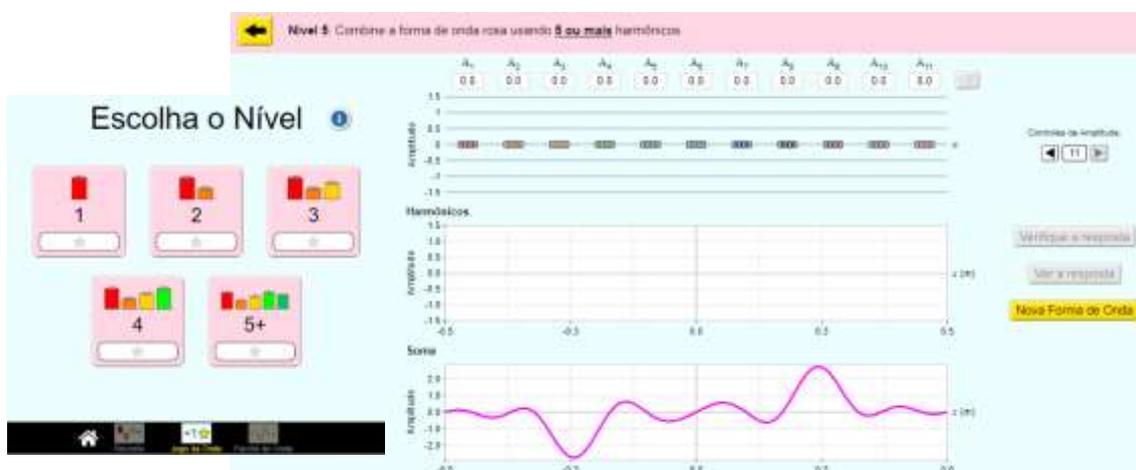
**Figura 6:** Área “Discreta”



Fonte: phet.colorado.edu

Já na área nomeada “Jogo da Onda” o objetivo é obter a onda resultante que cada nível do jogo apresenta, para isso é necessário dosar a amplitude dos harmônicos presentes em cada nível. A medida que o participante vai avançando de nível a dificuldade vai aumentando, ou seja, cada nível possui uma quantidade de harmônicos compatíveis com o nível em questão (Figura 7).

Figura 7: Área “Jogo da Onda”



Fonte: phet.colorado.edu

O objetivo pretendido nessa oportunidade é a abordagem dos conceitos vistos na aula expositiva, que quando mediada pela a utilização do programa/simulador a compreensão é mais efetiva. É notório que o acesso à tecnologia propõe outras visões a discussão do tema abordado, por esse motivo o professor tem um papel fundamental em contribuir na facilitação ao acesso as tecnologias propostas. A satisfação dos alunos quando convidados a participar de uma atividade experimental é nítida, pois é esse momento que eles aguardam para serem os protagonistas do processo.

O terceiro momento é concretizado desenvolvendo uma atividade experimental utilizando um software. O software utilizado na atividade experimental é um programa de computador conhecido como Soundcard Scope (Figura 8) é um osciloscópio da placa de som, o mesmo pode ser obtido gratuitamente direto do site <[https://www.zeitnitz.eu/scope\\_en](https://www.zeitnitz.eu/scope_en)>. Usando o QR code da figura 9 você obterá informações detalhadas do software.

**Figura 8:** Programa Soundcard Scope



Fonte: [https://www.zeitnitz.eu/scope\\_en](https://www.zeitnitz.eu/scope_en)

**Figura 9:** Programa Soundcard Scope



Fonte: [https://www.zeitnitz.eu/scope\\_en](https://www.zeitnitz.eu/scope_en)

Para realizar a atividade experimental devem ser escolhidos, no mínimo, dois instrumentos musicais e um diapasão. É importante que os alunos consigam manusear os instrumentos, a familiaridade com eles trará mais riqueza nos resultados e diminuirá os possíveis desvios do objetivo pretendido. De preferência deve-se agregar ao aparato experimental (Figura 10) um microfone, um pedestal e um caixa amplificado. Esses equipamentos trará uma amplificação no som emitidos pelos instrumentos.

Os alunos devem ser divididos em grupos, de preferência cada grupo deverá estar de posse de um computador com o software Soundcard já instalado. Todos os grupos

realizarão a mesma atividade experimental, que consisti em tocar um instrumento por vez próximo ao microfone, em sequência analisar os sons emitidos relativos a frequência da nota musical LÁ através do programa Soundcard e observar/quantificar os harmônicos que cada instrumento transmitirá, com o uso do programa.

**Figura 10:** Aparato experimental



**Fonte:** Elaborada pelo autor

Os resultados obtidos deverão ser registrados pelos alunos e professor através de anotações, fotos e vídeos para serem analisados e discutidos em grupo pós atividade experimental.

Os resultados que apareceram na tela do osciloscópio Soundcard nem sempre serão satisfatório ou precisos, devido a alguns fatores, dentre eles estão: o manuseio dos instrumentos, a aproximação do microfone, os ruídos externos e os ajustes das variáveis do próprio programa. Ou seja, é importante que o professor teste antes e se possível é aconselhável a realização desta atividade previamente no mesmo ambiente que deve-se proceder a experimentação com os alunos.

É importante que nesta última fase da aula os alunos reflitam, percebam e façam a conexão da atividade de percepção auditiva (O Quiz) proposta no primeiro momento, com a aula expositiva sobre ondas e funções periódicas do segundo momento e também com a atividade experimental do terceiro momento.

O processo deve ser finalizado com a construção de um relatório científico, o qual poderá ser compartilhado e socializado com a comunidade escolar em um determinado momento relatando as atividades vivenciadas. Na sequência segue um modelo de relatório científico.

**Título:** (Título do Estudo/Experimento)

**Resumo:** (Resumo conciso do estudo/experimento, incluindo objetivo, métodos, resultados principais e conclusões.)

**1. Introdução:**

Contextualização do tema ou problema estudado.

Relevância e importância do estudo.

Formulação da pergunta de pesquisa/hipótese.

**2. Objetivos:**

Enumeração clara dos objetivos do estudo/experimento.

**3. Material e Métodos:**

Lista detalhada de materiais, equipamentos e métodos utilizados.

Descrição passo a passo do procedimento experimental ou metodologia empregada.

**4. Resultados:**

Apresentação dos dados coletados de maneira organizada, usando tabelas, gráficos ou outras representações visuais.

Descrição objetiva dos resultados obtidos.

**5. Discussão:**

Análise dos resultados em relação aos objetivos propostos.

Interpretação dos dados e explicação de tendências, padrões ou discrepâncias.

Exploração das limitações do estudo/experimento e possíveis fontes de erro.

**6. Conclusão:**

Recapitulação sucinta dos principais resultados.

Relacionamento entre os resultados e os objetivos estabelecidos.

Conclusões derivadas dos resultados e suas implicações.

**7. Referências:**

Lista de todas as fontes consultadas ou citadas no relatório, seguindo um padrão bibliográfico (ABNT, APA, etc.).

**8. Anexos (se necessário):**

Inclusão de dados brutos, cálculos detalhados ou outras informações suplementares.

É importante lembrar que a redação deve ser clara, precisa e seguir uma linguagem formal adequada para um relatório científico. Cada seção deve ser elaborada de forma organizada e coesa, apresentando informações relevantes ao estudo realizado.

## Referências Bibliográfica

ALBUQUERQUE, K. B. et al. Os Três Momentos Pedagógicos como metodologia para o ensino de Óptica no Ensino Médio: o que é necessário para enxergarmos? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, 2020.

ANGOTTI, J. A. **Solução alternativa para a formação de professores de ciências: um projeto educacional desenvolvido na Guiné-Bissau**. 1982. Dissertação (Mestrado) – Educação em Ciências, Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP/FEUSP), São Paulo/SP, 1982.

BATISTA, J. L. P.; COIMBRA, D. Um Vídeo Educativo de Acústica a partir da Análise dos Timbres de Instrumentos Musicais do Samba. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS - ENPEC, XII, 2019, Natal/RN. **Anais...** Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2019. Disponível em: <<http://abrapecnet.org.br/enpec/xii-enpec/anais/resumos/1/R1891-1.html>>. Acesso em: 30 mai. 2022.

BÔAS, C. S. N. V.; FILHO, M. P. S. Ressonância em tubos de garrafas “PET”: uma opção de baixo custo para tubos de Kundt. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**. v. 14, n. 2, 2019.

Brasil, Ministério da Educação. **Orientações curriculares do ensino médio: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília, DF.

COELHO, Lincoln Mansur; MARQUES, Adílio Jorge; SOUZA, Dominique Guimarães de. A Teoria da Aprendizagem Significativa e o ensino de História. **Revista Educação Pública**, v. 19, nº 31, 26 de novembro de 2019. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/19/31/a-teoria-da-aprendizagem-significativa-e-o-ensino-de-historia>. Acesso em: 12 de mar. 2022

CASTRO, A. S. DE. Oscilador harmônico: Uma análise via séries de fourier. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, 2014.

COELHO, S. M.; MACHADO, G. R. Acústica e música: uma abordagem metodológica para explorar sons emitidos por tubos sonoros. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 32, n. 1, abr. 2015.

Delizoicov, D. & Angotti, J. A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1990.

\_\_\_\_\_; ANGOTTI, J. A; PERNAMBUCO, M. M. C. A. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2002. 364 p. (Docência em formação: Ensino fundamental)

FEYNMAN, R. P. **Lições de Física Volume 1**. São Paulo: Bookman, 2008.

FILHO, J. V. A. **Sequência de ensino por investigação significativa no estudo das relações entre física e música em atividades experimentais envolvendo o oscilador de Melde**. 2018. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife/PE, 2018. Disponível em: < <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/8363>>. Acesso em: 18 jan. 2021.

FREIRE, P. **Professora sim tia não: cartas a quem ousa ensinar**. 2e. São Paulo: Olho D'Água, 1993b

\_\_\_\_\_. **Pedagogia da autonomia**. 47e. São Paulo: Paz e Terra, 2005

GOMES, C. A.; LUDKE, E. Uso da ressonância em cordas para ensino de física. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 33, n. 3, abr. 2011.

HENRIQUE, L. L. **Acústica Musical**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2002.

KRUMMENAUER, W. L.; PASQUALETTO, T. I.; COSTA, S. S. C. DA. O uso de instrumentos musicais para o ensino de acústica. **Física na Escola**, v. 10, n. 2, abr. 2009.

LIMA, D. O.; DAMASIO, F. O violão no ensino de acústica: uma proposta com enfoque histórico - epistemológico em uma unidade de ensino potencialmente significativa. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, 2019.

LYRA, D. G. **Os três momentos pedagógicos no ensino de ciências na educação de jovens e adultos da rede pública de Goiânia, Goiás: o caso da dengue**. 2013. Dissertação (Mestrado) - Educação em Ciências e Matemáticas, Universidade Federal do Goiás, Goiânia/GO, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tde/2971>>. Acesso em: 02 dez. 2021

MAGALHÃES, D. A.; FILHO, J. P. A. A discreta dança do ar ao som das equações da física acústica. **Física na Escola**, v. 16, n. 2, abr. 2018.

MARTINS, R. L. C. et al. A utilização de diagramas conceituais no ensino de física em nível médio: um estudo em conteúdo de ondulatória, acústica e óptica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, 2009.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: Um conceito subjacente. **Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**, 1999 Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/apsigsubport.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2022

\_\_\_\_\_. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. São Paulo: Centauro, 2010.

\_\_\_\_\_. Organizadores prévios e aprendizagem significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, 2008 Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/ORGANIZADORESport.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2022

\_\_\_\_\_. **Teoria da Aprendizagem**. São Paulo: E.P.U., 1999.

\_\_\_\_\_. **Teoria da Aprendizagem**. 2ª. ed. São Paulo: E.P.U., 2014.

MOREIRA, M. M. P. C.; ROMEU, M. C. O ensino de acústica no ensino médio da rede pública por meio de instrumentos musicais de baixo custo. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**. v. 14, n. 2, 2019.

MOURA, D. A.; NETO, P. B. O ensino de acústica no Ensino Médio por meio de instrumentos musicais de baixo custo. **Física na Escola**, v. 12, n. 1, abr. 2011.

MOURA, M. A. DE; CURVO, E. A. C.; ASSIS, A. F. S. DE; BARROS, M. P. DE. Visualize a sua voz: uma proposta para o ensino de ondas sonoras. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 8, n. 1, p. 182-200, 7 abr. 2017.

MUENCHEN, C. **A disseminação dos três momentos pedagógicos: Um estudo sobre práticas docentes na região de Santa Maria/RS**. Tese (Doutorado) - Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2010. Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/93822>>. Acesso em: 28 set. 2021

NASCIMENTO, S. A. et al. Espectro sonoro da flauta transversal. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, 2015.

OLIVEIRA, A. L. **Fenômenos ondulatórios e os instrumentos musicais: ensino por meio dos três momentos pedagógicos**. 2018. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia/GO, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/8863?mode=full>>. Acesso em: 18 jan. 2021.

RIBEIRO, E. M. L. **Uma análise simples dos organizadores prévios em livros didáticos de Física do Ensino Médio**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física)- Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014. Disponível em: <<http://dspace.bc.uepb.edu.br:8080/xmlui/handle/123456789/7242>>. Acesso em: 16 jun. 2022

RODRIGUES, E. L. **Ensino de acústica: um arranjo entre física e música**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/handle/1/8817>>. Acesso em: 10 jun. 2022

RODRIGUES, E. V.; CAMILETTI, G. Levantamento de concepções e atitudes dos alunos em Acústica. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS - ENPEC, X, 2015, Águas de Lindóia/SP. **Anais...** Águas de Lindóia: Hotel Majestic, 2015. Disponível em: < <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/busca.htm?query=ac%FAstica> >. Acesso em: 12 mai. 2022.

SACRISTÁN, G.; GÓMEZ, A. P. **Compreender e transformar o ensino**. 4ª ed. São Paulo: Artmed, 1998.

SANTOS, R. S. DOS; FILHO, P. S. C.; ROCHA, Z. F. D. C. Descobertas sobre a teoria do som: a história dos padrões de Chladni e sua contribuição para o campo da acústica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 2, 2018.

SARTORI, P. H. S.; FREITAS, G. L. Relato de um Processo Investigativo a partir de Proposições Orientadas de Problemas no Ensino de Acústica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, 2015.

SILVA, L. F.; VEIT, E. A. Uma experiência didática com aquisição automática de dados no laboratório de física do ensino médio. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**. v. 1, n. 3, 2006.

SOARES, D. N. **O ensino de acústica através do uso de instrumentos musicais: uma proposta de ensino usando os 3 momentos pedagógicos**. 2018. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto Federal do Espírito Santo, Cariacica/ES, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/1298>>. Acesso em: 13 abr. 2022

SOUZA, C. J. M. et al. Demonstração e análise da interferência acústica utilizando um “tubo de Quincke” e a plataforma Arduino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, n. 1, 2021.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.