

EXPLORANDO ONDAS - DA TEORIA À PRÁTICA COM SOM E CIÊNCIA

Maria Clara de Melo Moura ¹
Gabriel Luís de Souza Cândido ²
Renato Veríssimo de Souza ³
Francisco Nairon Monteiro Júnior ⁴

RESUMO

O ensino de ondulatória pode parecer um grande desafio, mas e se, em vez de apenas falar sobre ondas, nós as ouvíssemos e explorássemos de forma prática? Esta pesquisa propõe transformar a sala de aula em um ambiente experimental e dinâmico, onde os alunos possam vivenciar os conceitos físicos de maneira concreta. Fundamentado na metodologia problematizadora de Rosalind Driver, o trabalho busca integrar teoria e prática por meio de atividades interativas e experimentais. A sequência didática inicia-se com um questionário diagnóstico para investigar os conhecimentos prévios dos estudantes, seguido do experimento “Ecos do Universo”, que permite a escuta de sons de planetas e estrelas. A segunda aula conta com um quiz interativo no Kahoot! e o experimento do cano, que demonstra a formação de ondas estacionárias e a ressonância, promovendo a colaboração entre os alunos na construção do conhecimento. Na terceira aula, realizam-se atividades práticas sobre velocidade do som, comprimento de onda e efeito Doppler, além da utilização de um gerador de frequências, permitindo a análise de ondas não perceptíveis no cotidiano. Resultados de pesquisas indicam que a abordagem experimental aliada à interatividade contribui significativamente para a compreensão dos conceitos de ondulatória, tornando o aprendizado mais acessível, intuitivo e envolvente. Conclui-se que o uso de metodologias ativas estimula a curiosidade dos estudantes e favorece uma aprendizagem mais significativa e colaborativa.

Palavras-chave: Palavras-chave: Física, Ondulatória, Som, Ciência experimental, Aprendizagem colaborativa.

¹ Graduanda do Curso de Física da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, mxriamelomoura@hotmail.com;

² Graduando do Curso de Física da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, gabrielluis6c@gmail.com;

³ Mestre. Professor do EREM Pompeia Campos, renatoquim06_1@yahoo.com.br;

⁴ Professor orientador: Doutor, Departamento de Educação da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, naironjr67@gmail.com.



INTRODUÇÃO

A ondulatória representa uma das mais elegantes e profundas teorias da física, descrevendo com precisão matemática desde as mais sutis vibrações sonoras até as grandiosas ondas gravitacionais que curvam o tecido do espaço-tempo. Este trabalho nasce de uma dupla paixão: pela beleza abstrata das equações de onda e pela materialidade sensorial dos fenômenos acústicos. Como afirma Wisnik (1989), o som existe na fronteira entre “matéria e sentido”, oferecendo uma oportunidade pedagógica singular para integrar rigor científico e experiência estética.

Quando investigamos as propriedades das ondas, estamos decifrando a linguagem matemática que descreve a sinfonia universal. Desde os infrassons que os elefantes utilizam para comunicação a longas distâncias até os ultrassons empregados por golfinhos para ecolocalização, passando pelas gravações cósmicas da NASA que capturam as vibrações electromagnéticas convertidas em áudio, cada fenômeno obedece aos mesmos princípios físicos fundamentais.

As Figuras de Chladni materializam visualmente essa matemática oculta, transformando equações diferenciais em geometria viva. Quando partículas de areia se organizam em padrões complexos sob a ação de ondas estacionárias, testemunhamos a materialização direta dos modos normais de vibração – um espetáculo visual que torna tangíveis conceitos abstratos de frequências ressonantes e interferência construtiva.

Nossa abordagem pedagógica fundamenta-se na convicção de que a verdadeira compreensão científica surge quando conjugamos três dimensões: a profundidade teórica (domínio conceitual e matemático), a experimentação ‘hands-on’ (vivência sensorial dos fenômenos) e a contextualização cultural (reconhecendo a música como organização cultural dos sons). Por meio desta tríade, os estudantes são conduzidos a:

- i. Dominar as equações de onda não como meras abstrações, mas como ferramentas para prever e compreender comportamentos vibracionais em sistemas tão diversos como cordas de violão, colunas de ar em tubos sonoros e membranas vibrantes;
- ii. experimentar diretamente os fenômenos por meio de montagens experimentais com molas slinky e o fascinante experimento das Figuras de Chladni, onde conceitos abstratos



ganham forma visual e tátil;

iii. contextualizar culturalmente o conhecimento, analisando como diferentes culturas musicalizaram os mesmos princípios físicos, desde os cantos gregorianos até as complexas polirritmias africanas, todas obedecendo às mesmas leis da física ondulatória.

Metodologicamente, utilizamos a problematização protagonizada por Rosalind Driver (DRIVER, 1983), construindo situações problematizadoras a partir da cultura do som e da música, como detalhado na metodologia apresentada mais a frente. Por meio de desafios investigativos que conectam laboratório, teoria e aplicações no mundo real, os estudantes desenvolvem simultaneamente competências técnicas e uma apreciação profunda pela inteligibilidade matemática do universo.

Os experimentos com instrumentos musicais, por exemplo, demonstram como pequenas variações nos parâmetros físicos – tensão, densidade linear, comprimento – produzem toda a riqueza tonal que caracteriza as expressões musicais humanas. O acesso aos arquivos sonoros da NASA oferece uma perspectiva cósmica, mostrando a universalidade dos princípios ondulatórios.

Esta abordagem não substitui o rigor teórico pelo encantamento sensorial, mas demonstra como a matemática fornece as chaves para decifrar a poesia do mundo físico. Ao final, espera-se que os estudantes possam contemplar uma equação de onda e nela reconhecer tanto a descrição de um fenômeno físico quanto a explicação matemática de por que certas combinações de frequências nos comovem profundamente.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: O QUE É UMA ONDA SONORA?

Ondas sonoras são perturbações mecânicas que se propagam em meios materiais, como sólidos, líquidos e gases, na forma de variações de pressão e densidade. Diferentemente das ondas eletromagnéticas, que podem se propagar no vácuo, o som requer um meio material para sua transmissão, caracterizando-se como uma onda mecânica longitudinal.

As ondas sonoras são produzidas pela vibração de um corpo, que causa compressões e rarefações no meio, gerando regiões de alta e baixa pressão que se afastam



da fonte. Essas variações de pressão são detectadas pelo ouvido humano e interpretadas como som. Contudo, para que possamos ouvir, ou seja, para que produza a sensação sonora, tais vibrações precisam oscilar com uma frequência que este entre os limites da sensibilidade da audição humana, ou seja, entre 20Hz e 20Khz. Além disso, existe uma intensidade mínima, a qual varia de acordo com a frequência, uma vez que a orelha humana não responde forma linear, mas numa complexa curva, determinada experimentalmente, conhecida como curva de audibilidade da orelha humana. A figura a seguir mostra tal curva.

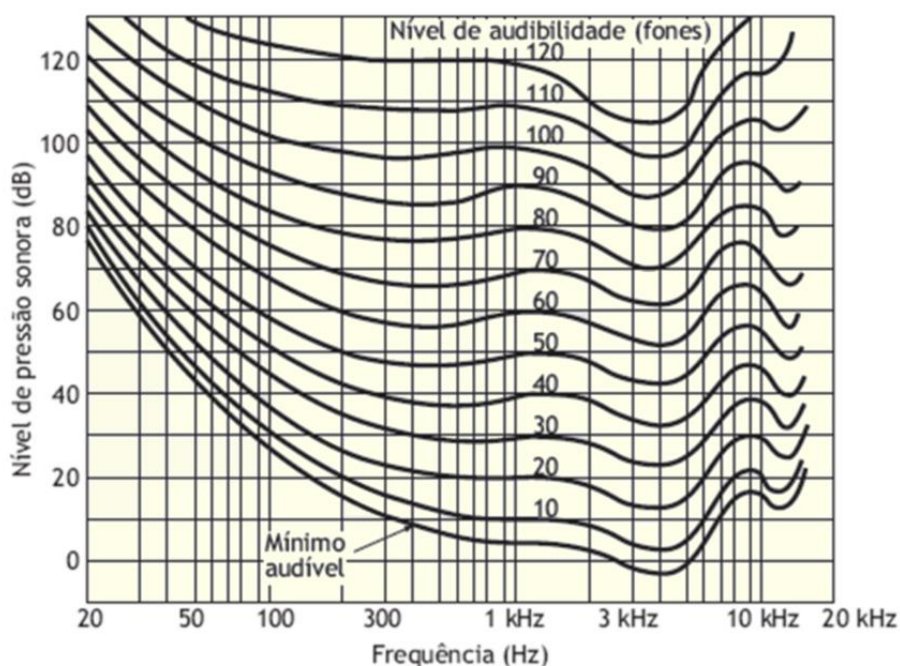


Figura 1: curva de audibilidade (fonte: https://www.researchgate.net/figure/Figura-21-Curvas-de-audibilidade-Retirado-de-34_fig1_303702255)

Como podemos ver na figura, a maior sensibilidade da orelha humano se encontra entre 3KHz e 5KHz. Por outro lado, tal sensibilidade diminui quando a frequência se desloca para o grave ou para o agudo.

As propriedades fundamentais das ondas sonoras incluem:

- Frequência (f): número de oscilações por segundo, medida em Hertz (Hz). Determina a altura do som (agudo ou grave).
- Comprimento de onda (λ): distância entre duas compressões ou rarefações consecutivas.
- Amplitude: magnitude da variação de pressão. Relaciona-se com a intensidade ou



volume do som.

· Velocidade (v): depende das propriedades do meio (elasticidade e densidade). No ar, a aproximadamente 20°C, a velocidade do som é de cerca de 343 m/s.

A relação entre velocidade, frequência e comprimento de onda é dada por:

$$V = \lambda \cdot f$$

Além disso, fenômenos como reflexão, refração, difração, interferência e o efeito Doppler são aspectos cruciais da ondulatória sonora, com aplicações que vão desde a acústica arquitetônica até a astronomia e a medicina.

Fisicamente, o som se constitui numa onda mecânica longitudinal, cuja frequência se situa entre 20Hz e 20KHz, e cuja intensidade mínima para que possa ser ouvido depende da frequência, como mostrado na figura acima.

No entanto, reduzir o som a meros parâmetros físicos seria ignorar sua dimensão cultural e sensível. “A música é uma organização cultural dos sons”. Essa perspectiva nos convida a transcender a abordagem puramente técnica e reconhecer que o som carrega consigo sentidos, histórias e identidades. A música, enquanto manifestação cultural, organiza os fenômenos acústicos de acordo com valores estéticos, emocionais e sociais, transformando vibrações físicas em experiência humana significativa.

No contexto educacional, compreender a natureza das ondas sonoras permite aos estudantes relacionar conceitos abstratos com experiências sensoriais cotidianas, como a música, a fala e os sons ambientais, facilitando a construção de conhecimentos significativos e a aplicação dos princípios físicos em situações reais. Assim, a física do som não se opõe à sua expressão cultural; antes, a fundamenta e amplia sua compreensão.

METODOLOGIA

3.1. Problematização no ensino de física

A problematização foi adotada como eixo central desta proposta, alinhando-se às contribuições de Rosalind Driver e à Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (MOREIRA, 1983; MOREIRA; MASINI, 2006). Tal abordagem visa promover a engajamento ativo dos estudantes por meio de situações desafiadoras que conectam o



conhecimento prévio aos novos conceitos, estimulando a curiosidade e a construção colaborativa do saber, nos moldes apresentados por Nelson Studart (STUDART, 2015).

A problematização não se limita à apresentação de problemas formais, mas envolve a criação de contextos investigativos que permitam aos alunos formular hipóteses, testar ideias e refletir criticamente sobre seus modelos mentais. O professor atua como mediador, incentivando a discussão e a argumentação, sem antecipar respostas ou conceitos.

A tabela abaixo detalha as etapas de planejamento e aplicação da problematização:

	Planejamento	Aplicação
1º	Situação-problema: “Como podemos ‘ouvir’ o universo se não há som no espaço?” Atividade: “Ecos do Universo” com sons da NASA.	Apresentação do slide com imagens celestes e áudios convertidos. Discussão sobre como cientistas transformam radiação eletromagnética em som.
2º	Perguntas: “O que acontece com a areia na placa quando variamos a frequência?” (Figuras de Chladni); “Como o comprimento do cano afeta o som?” (onda estacionária).	Antes de cada experimento, os alunos registram suas hipóteses. Após, comparam com os resultados reais, identificando contradições.
3º	Conceitos a serem trabalhados: frequência, ressonância, modos normais de vibração, interferência, efeito Doppler.	Mediação do professor para confrontar ideias prévias (ex.: "som mais agudo é mais alto") com evidências experimentais, promovendo conflito cognitivo.
4º	Situação real: explicar por que a voz humana soa mais grave ou aguda ao se aproximar/afastar (efeito Doppler) ou como instrumentos musicais produzem notas diferentes.	Os alunos, em grupos, elaboram explicações usando os conceitos físicos estudados, apresentando para a turma como atividade avaliativa.

3.2. Planejamento da aplicação da atividade

A atividade consiste num conjunto de experimentos problematizadores para o estudo de ondulatória, utilizando o aparato das figuras de chladni, a mola ‘slink’, os tubos sonoros e o violão. Interpretamos os quatro passos da tabela acima da seguinte forma:



	Planejamento	Aplicação
1º	SITUAÇÃO PROBLEMA	Apresentação dos problemas contextualizados no início de cada aula, relacionando diretamente com os experimentos que serão realizados com Figuras de Chladni, tubos sonoros e violão.
2º	PERGUNTAS PROBLEMATIZADORAS	Registro das hipóteses dos alunos antes de cada experimento. Após a realização prática, comparação coletiva entre previsões e resultados observados, identificando e discutindo as contradições.
3º	CONCEITOS A SEREM TRABALHADOS	Mediação ativa do professor durante os experimentos, confrontando concepções prévias dos alunos com as evidências obtidas experimentalmente, promovendo o conflito cognitivo entre modelos intuitivos e científicos.
4º	DESAFIO PARA VERIFICAÇÃO DA APRENDIZAGEM	Proposta de desafios em grupo onde os alunos elaboram explicações para fenômenos reais utilizando os conceitos físicos estudados, com apresentação oral ou escrita como atividade avaliativa.

4. RESULTADOS

4.1. Relato da aplicação

A aplicação da sequência didática foi realizada com alunos do ensino médio, em um ambiente presencial, seguindo todos os protocolos de segurança. Durante as atividades, observou-se um alto nível de envolvimento e curiosidade por parte dos estudantes. O uso do experimento “Ecos do Universo” despertou interesse imediato, especialmente pela possibilidade de “escutar” sons de corpos celestes, o que gerou



questionamentos sobre a natureza do som e sua propagação no vácuo.

O quiz interativo no Kahoot! Foi um dos momentos mais dinâmicos e descontraídos. Os alunos demonstraram entusiasmo e competitividade saudável, o que contribuiu para a fixação de conceitos de forma lúdica. A turma se divertiu bastante, e a ferramenta serviu como um termômetro para verificar a compreensão dos tópicos abordados.

As atividades práticas, como as Figuras de Chladni e o experimento do cano, permitiram que os alunos visualizassem fenômenos abstratos, como ondas estacionárias e ressonância. Muitos se surpreenderam com os padrões formados pela areia e com a relação entre o comprimento do tubo e a altura do som.

4.2. Análise dos dados

A partir da observação direta e dos registros escritos dos alunos, foi possível identificar que:

- O questionário diagnóstico inicial revelou que a maioria dos estudantes associava o som apenas ao que é audível, sem compreender sua natureza física ou a existência de infra e ultrassom.
- Após as atividades, houve um aumento significativo na capacidade de explicar fenômenos como o efeito Doppler e a ressonância, utilizando linguagem científica.
- Durante o Kahoot!, muitas dúvidas surgiram, especialmente sobre a relação entre frequência e comprimento de onda, o que foi aproveitado para retomadas rápidas e explicações complementares.
- Os alunos que inicialmente mostravam resistência à Física passaram a participar ativamente, especialmente nas etapas experimentais.
- A abordagem problematizadora favoreceu a troca de ideias entre os estudantes, que colaboraram na construção de hipóteses e na análise dos resultados.





5. CONCLUSÃO

A aplicação desta sequência didática mostrou-se viável e altamente eficaz para o ensino de ondulatória. A combinação de experimentação, interatividade e problematização permitiu que os alunos vivenciassem a Física de forma concreta e significativa. O uso de ferramentas como o Kahoot! e os experimentos com sons da NASA e Figuras de Chladni transformou a sala de aula em um espaço de investigação e descoberta.

Apesar das dúvidas e dificuldades naturais em um conteúdo abstrato como a ondulatória, o engajamento e a curiosidade dos estudantes foram evidentes. A



metodologia ativa adotada não apenas facilitou a compreensão dos conceitos, mas também estimulou o trabalho em equipe e a autonomia intelectual.

Recomenda-se a continuidade do uso de abordagens semelhantes em outros temas da Física, sempre integrando teoria, prática e contexto. A experiência reforça a importância de ouvir e valorizar as vozes dos alunos no processo de aprendizagem, transformando a sala de aula em um ambiente de diálogo e construção coletiva do conhecimento.

AGRADECIMENTO

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

DRIVER, R. **The pupil as scientist?** Milton Keynes: Open University Press, 1983.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 9ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Centauro, 2006.

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem cognitivista ao ensino de Física**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1983.

STUDART, N. Inovando a Ensino de Física com Metodologias Ativas. **Revista do Professor de Física**, v. 39, n. 1, 2015.

