



Uso de Ferramentas Midiáticas e Práticas no Ensino de Acústica

Use of Media and Practices Tools in Acoustic Teaching

ANTÔNIO MATTOS NETTO¹, MARCOS JOSÉ NEPOMUCENO DOS SANTOS¹,
CARLOS ALBERTO BRITO DA SILVA JÚNIOR²

¹Especialização em Ensino de Física, Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Ananindeua.

²Faculdade de Física, Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Ananindeua.

Resumo

Sabendo que grande parte da dificuldade dos alunos no entendimento dos conceitos, teorias, leis e fórmulas da Física nos testes e exames se devem a deficiência nas habilidades dos professores na transmissão clara do conhecimento, suas aplicações e no uso de ferramentas midiáticas e práticas nas aulas. Neste artigo apresentamos uma proposta didática em que professores e alunos podem construir significados sobre os conceitos relacionados ao estudo de acústica, seus fenômenos, usando ferramentas midiáticas e práticas, como vídeos, animações, simulações, equipamentos de medida e instrumentos musicais em sala de aula. Assim, as problemáticas do ensino de física no Brasil conforme os documentos oficiais, os exames e o programa nacional do livro didático (PNLD) são apresentados. O trabalho foi realizado em 5 turmas do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública, que possuía em média 26 alunos por turma. O referencial teórico é baseado na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel usando a metodologia de construção de Mapas Conceituais (MCs) e questionários. De modo que os conceitos abordados em sala foram internalizados no desenvolvimento cognitivo do aluno com o uso dessas ferramentas melhorando o rendimento nas avaliações escolares.

Palavras-chave: ENEM, Acústica, Ferramentas Midiáticas e Práticas, TAS e MCs.

Abstract

Knowing that much of the students' difficulty in understanding the concepts, theories, laws and formulas of Physics in tests and exams is due to the deficiency in the teachers' abilities in the clear transmission of knowledge, its applications and in the use of media and practical tools in classes. In this article we present a didactic proposal in which teachers and students can construct meanings about the concepts related to the study of acoustics, its phenomena, using media and practical tools, such as videos, animations, simulations, measuring equipment and musical instruments in the classroom. Thus, the problems of physics teaching in Brazil according to official documents, exams and the national textbook program (NTB) are presented. The work was carried out in 5 classes of the 2nd year of high school in a public school, which had an average of 26 students per class. The theoretical framework is based on Ausubel's Theory of Meaningful Learning (TML) using the methodology of construction of Concept Maps (CMs) and questionnaires. So that the concepts discussed in the classroom were internalized in the student's cognitive development with the use of these tools, improving performance in school assessments.

Keywords: NHSE, Acoustics, Media and Practical Tools, TML and CMs.

I. INTRODUÇÃO

A ondulatória é a parte da física que estuda as oscilações mecânicas, ondas elásticas e sonoras. A este último deve-se o estudo deste artigo, cujo ramo da física que estuda o som é denominado, acústica. E.F.F. Chladni (1774-1827) é considerado o pai da acústica por seus trabalhos sobre a física do som e a música (SANTOS, FILHO e ROCHA, 2018). Esse ramo da física possui várias aplicações, dentro da engenharia, geologia, medicina, arquitetura, música (ERROBIDART et al., 2014). Grillo e Freitas (2021) aplicaram no meio ambiente, segundo a perspectiva da aprendizagem significativa a partir da temática poluição sonora e suas conseqüências na vida cotidiana.

Fenômenos associados a oscilações e ondas podem ser encontrados em qualquer tipo de ferramentas práticas como os instrumentos musicais (violino (DONOSO et al., 2008); violão e guitarra (SANTOS et al., 2013); flauta (NASCIMENTO et al., 2015); violão, guitarra e baixo elétrico (ZACZÉSKI et al., 2018)) o que mostra que a física (acústica) e a música (som) estão em consonância por meio das frequências fundamentais das ondas primárias que determina a altura do som. O corpo humano possui estruturas que funcionam como instrumentos musicais capaz de produzir som, como é o caso das cordas vocais, bem como de sentir e identificar a vibração gerada por outras fontes sonoras, como é o caso do sistema auditivo. Eles podem ser comparados a um tubo sonoro de Kundt (NETO e JÚNIOR, 2017) contendo estruturas que vibram e provocam o fenômeno ondulatorio de ressonância (GOTTO, 2009). Além disso, estamos constantemente rodeados por sons de toda natureza advindos de ferramentas midiáticas (TV, rádio, jornal, internet) que incluem as tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs) como softwares, aplicativos, laboratórios ou objetos virtuais de aprendizagem.

Segundo Araújo e Santos (2003) e Gaspar e Monteiro (2005), os experimentos de ciências físicas aguçam o interesse das pessoas. Os experimentos ou práticas em sala proporcionam aos alunos a verificação da origem de diferentes maneiras de aprendizagem na disciplina a ser ministrada, despertando assim no aluno a participação, a curiosidade e a discussão do assunto tratado, assim, contribuindo para um aprendizado mais significativo. Já Andrade (2022), revela pouca presença de trabalhos relacionados à avaliação de atividades práticas em física, cujo relatório escrito é o instrumento de avaliação mais usado. Entretanto, os mapas conceituais (MCs) é um dos instrumentos que permite avaliação mais diversa, completa, inclusiva e que alcança muito mais objetivos propostos por uma aula experimental.

Nesse sentido, acreditamos que seria enriquecedor usar nas aulas de acústica, ferramentas práticas e midiáticas que produzam som ou que tenham relação com ele, bem como instrumentos de avaliação como MCs e questionário. Assim, os alunos podem compreender com mais facilidade os conceitos físicos envolvidos no estudo do som e os relacionar com situações reais do dia-a-dia, sem a necessidade de estar em uma aula teórica expositiva no laboratório de física apenas preenchendo as atividades de um roteiro de experiências, sem a participação ativa na aula. No tópico II são mostradas as problemáticas do ensino de física no Brasil conforme os documentos oficiais, os exames e o programa nacional do livro didático (PNLD). No tópico III é apresentada a fundamentação teórica embasada na teoria da aprendizagem significativa (TAS) de Ausubel. No tópico IV é apresentada a metodologia. No tópico V são apresentados os resultados e análises da pesquisa sobre o tema acústica aplicado em 5 turmas do 2º ano do E.M da Escola de Aplicação da UFPA. Por fim, as considerações finais, agradecimentos e referências.

II. AS PROBLEMÁTICAS DO ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL

O ensino de ciências até o ano de 1961 era ministrado apenas na 7ª e 8ª séries do ensino fundamental (E.F). Com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN, Lei no 9394/96), o ensino de ciências passou a ser ministrado em todas as séries do E.F (MEDEIROS e LOOS, 2017). O currículo (Diretrizes Curriculares Nacionais - DCNs) e seus conteúdos mínimos incluindo a física foram norteados pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) de Ciências Naturais (CNs) nos vários níveis de escolarização da educação básica (E.F (1997 e 1998) e ensino médio - E.M (2000, 2002 e 2006)). Os dois documentos (LDB e PCNs) levaram a Base Nacional Comum Curricular - BNCC (2017 e 2018), ler os trabalhos de Ostermann e Rezende (2021) e Deconto e Ostermann (2021).

Neste sentido, surge o seguinte questionamento: *Há um déficit de temas e um despreparo dos professores que abordam a física já nos primeiros anos do E.F que possa ser uma potencial contribuição para o baixo índice de alto desempenho e alto índice de baixo desempenho na área científica ao chegar no E.M?*

Harlen (1989) acusa como conseqüência o estudo tardio de ciências nas escolas. Já a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCED, 2016, p. 160) acusa o baixo desempenho e o 11º lugar do Brasil entre 13 países no período de 2006-2015 na avaliação trienal do Programa Internacional de Avaliação dos Estudantes (PISA) em Ciências para alunos até 15 anos de idade do E.F, a falta de recursos educacionais escolares de

qualidade, onde se enquadram os livros didáticos (LDs) e a qualificação dos docentes.

Desde 1997, a física, as práticas, as tecnologias (mídias) e ciência-tecnologia estão presentes nos objetivos dos PCNs de CNs do 1º ao 4º ciclo (2º ao 9º ano) do E.F. Acústica (estudo do som) é cobrada no 2º ciclo (4º e 5º ano) no eixo Recursos Tecnológicos: *Identificar diferentes manifestações de energia luz, calor, eletricidade e som e reconhecer alguns processos de transformação de energia na natureza por meio de recursos tecnológicos*. Porém, Medeiros e Loos (2017) encontraram dissonância entre os temas de Física, incluindo acústica, nos PCNs e PNLD 2016 e 2017 de ciências no 1º, 2º e 4º ciclos. Há, portanto, um déficit entre o conhecimento que se espera que os alunos adquiram e o conhecimento ofertado em LDs. Esta desproporção pode ser um dos responsáveis pelo desinteresse e dificuldade dos alunos em aprender física no E.M. A análise do PNLD mostrou que o tópico de acústica apresenta apenas uma introdução aos conceitos, além de poucas propostas experimentais para o ensino de física, o que se faz necessário elaborar um material didático-científico que auxilie os professores do E.F a ensinar física dentro da área de ciências para abordar melhor os conteúdos, com o intuito de melhorar os resultados do PISA em ciências e preparar melhor esses alunos para a física do E.M.

Além disso, o curso de Pedagogia que forma professores de 1º ao 5º ano do E.F I apresentam 1 ou 2 disciplinas que tratam de astronomia, abordando mais o quesito didático (como ensinar) do que o campo conceitual (o que ensinar), enquanto que, as Licenciaturas em CNs que formam professores de 6º ao 9º ano do E.F II apresentam 2 disciplinas que abordam mecânica, astronomia, óptica, termodinâmica e eletromagnetismo. O tópico acústica não é cobrado nos dois cursos, o que fica mais difícil de ser abordado no E.F devido o professor não se encontrar preparado.

No caso do E.M, os resultados não podem ser diferentes e são baseados no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) que foi reformulado em 2009 passando a ter 15 questões contextualizadas com situações-problemas do cotidiano que relacionam os conteúdos de física com habilidades baseadas na Taxonomia de Bloom que mede o nível de dificuldade das questões e competências dos PCNEM+. O tema estruturador Som, Imagem e Informação dizem respeito ao tópico acústica que se manifesta no cotidiano do aluno, logo não pode ser estudado isoladamente, já que se sobrepõe e inter-relaciona com os objetos que se pretende estudar, ver Ricardo (2003) e Kawamura e Hosoume (2003). O tema acústica referente, aos fenômenos ondulatórios é bastante recorrente no ENEM a partir das mudanças de 2009 para a seleção de candidatos a cursos de nível superior das universidades federais. Marcon e Kleiklen (2021) analisaram os dados dos candidatos concluintes do E.M, nos anos de 2009 a 2017 das escolas públicas. Os resultados sugerem que as diferenças de desempenho nos itens de física do ENEM estão correlacionadas com as condições socioeconômicas e com o sexo dos candidatos. Isso mostra que o ENEM serve como um indicador formativo para o ensino de física aproximando-o ainda mais das relações da sala de aula.

Segundo Schivani, Souza e Lira (2020), o PNLD do E.M de Física nas edições 2009, 2012, 2015 e 2018, foram aprovadas 6, 10, 14 e 12 coleções de Física, respectivamente. Os LDs de Física em volume único estiveram presentes apenas no PNLD 2009. As edições 2012, 2015 e 2018 foram divididas em 3 volumes, sendo o volume 2 sobre o tema acústica. Já, o PNLD 2021 do novo E.M respeita as competências e habilidades específicas da BNCC na área de conhecimento Ciências da Natureza e suas Tecnologias a qual engloba os componentes

curriculares de física que tiveram 6 coleções aprovadas.

A disciplina de física do 2º ano do E.M apresenta conteúdos programáticos extensos, como ondulatória, que inclui ondas sonoras (acústica) e na maioria das vezes, esse estudo não é abordado adequadamente (aulas expositivas restritas as definições de conceitos físicos e a formalização matemática) ou é o último assunto previsto com poucas aulas no cronograma letivo. Assim, a abordagem descontextualizada dificulta que o aluno perceba a presença das ondas sonoras nas situações vivenciais do seu dia-a-dia, como o som emitido em um show de rock ou em seu fone de ouvido. Neste contexto, Correia, Bolfe e Sauerwein (2016) estabelecem conexões entre a física do som (acústica) e seus aspectos presentes no cotidiano por meio de atividades de ensino que envolvam o uso de textos de divulgação científica (TDC). Neste artigo, focamos sobre uma proposta de atividades didáticas com o uso de ferramentas midiáticas e práticas no ensino de acústica no sentido da TAS por meio de MCs e aplicação de questionário (antes e após) dos conceitos e atividades empregadas.

III. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com Wilson et al. (2013), o papel do professor e da escola, conforme está estabelecido nos PCNs é: promover o questionamento, o debate, a investigação, visando o entendimento da ciência como construção histórica e como saber prático, superando as limitações do ensino passivo, fundado na memorização de definições e de classificações sem qualquer sentido para o aluno.

Assim, buscamos desenvolver uma aula contextualizada ao cotidiano do aluno e direcionada para a TAS de David Ausubel, em que o aluno participa de forma ativa da construção do conhecimento que está sendo tratado e as ferramentas (práticas e midiáticas) utilizadas no processo sejam potencialmente significativas.

De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1980) descrevem que a:

"essência do processo de aprendizagem significativa é que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas, de maneira substantiva (não-litera) e não-arbitrária, ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante (i.e., um subsunçor) que pode ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma proposição já significativa".

No contexto do ensino de física, o som e suas características já estão presentes na estrutura cognitiva do indivíduo, servindo de subsunçores, conforme a TAS, para os conceitos de amplitude sonora, frequência sonora e timbre, tendo como consequência o desenvolvimento e modificação do conceito de subsunçor por meio da aprendizagem significativa (GRILLO e FREITAS, 2021).

Nesse sentido utilizamos nas aulas de acústica (estudo das ondas sonoras) ferramentas midiáticas, práticas e construção de MCs para que o aluno pudesse assimilar conceitos desse assunto e ser capaz de aprender de forma significativa por meio da estimulação dos sentidos visuais e auditivos para se distanciar de uma aprendizagem mecânica.

Os recursos midiáticos estão cada vez mais inseridos no nosso dia-a-dia e na sala de aula a partir dos avanços tecnológicos, navegando um pouco pela internet, nos depararmos com uma gama de software livre, experimentos desenvolvidos por universidades, filmes, animações de cunho didático, etc, que podem ser utilizados para auxiliar e facilitar no processo de aprendizagem do aluno, de forma que ele possa fazer a contextualização do que está aprendendo, e assim, desenvolver a construção do conhecimento em seu sistema cognitivo.

Segundo Almenara (2011) e Wilson et al. (2013), as mídias são aliados primordiais para que ocorra produção, desenvolvimento e uma intervenção no processo da aprendizagem de modo significativo e com eles a representação do conhecimento se torna viável, e com certeza mais ampla e estimulante, desenvolvendo potencialidades.

Wilson et al. (2013) descreve que:

A produção de conteúdo e o uso das mídias devem promover uma pedagogia focada nos alunos, capaz de estimular a investigação e o pensamento reflexivo por parte dos estudantes. A aprendizagem prática é um importante aspecto da assimilação de conhecimentos no século XXI. A produção de conteúdo midiático proporciona uma via para que os estudantes familiarizem-se com a aprendizagem pela prática, por meio da produção de textos e imagens em um ambiente participativo. Os professores devem desempenhar um papel ativo nesse processo, para que os alunos possam desenvolver competências para a aprendizagem participativa.

O trecho abaixo dos PCNs, parte III, deixa claro à insatisfação de como a Física têm sido abordada, longe do ideal a ser praticado:

O ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento (...). Enfatiza a utilização de fórmulas, em situações artificiais (...).

Assim, a aprendizagem ativa vem como meio pelos quais processos construtivos são estimulados pelo professor por processos que envolvam prática e reflexão sobre as ações dos alunos, tornando o aluno ativo e o centro do seu próprio aprendizado (engajamento cognitivo) por meio de experiências e desafios que o permitem encontrar soluções (GRILLO e FREITAS, 2021). Joseph D. Novak desenvolveu no início da década de 70, o conceito de MC, que é uma técnica (método) que reproduz esquematicamente conceitos e informações baseadas na TAS. A elaboração desses MCs estimula a busca por relações significativas diminuindo a ocorrência de aprendizagem mecânica. Além disso, os MCs estimulam a aprendizagem ativa dos alunos a partir da aula expositiva, das atividades práticas e midiáticas realizadas na sala de aula.

IV. METODOLOGIA

A ondulatória é a parte da física que estuda a onda, definindo-a, classificando-a e estudando as suas propriedades, ou seja, existe um alto grau de hierarquização conceitual na concepção desse campo do conhecimento da física, sendo assim, Werlang (2013) usou a técnica de MC para avaliar o processo de ensino-aprendizagem do tema ondulatória, onde os alunos construíram 3 MCs sobre o tema de uma forma geral, entretanto apenas o MC de número 3 é que incluiu as ondas sonoras (som).

Cabe ressaltar nesse processo a importância do papel do professor na forma como vão ser abordados os conceitos relativos aos conteúdos de física envolvidos durante a apresentação das ferramentas midiáticas e práticas na sala de aula, direcionando-as para aguçar o pensamento e os questionamentos dos alunos, bem como a predisposição dos alunos em aprender e o conhecimento prévio que eles já possuem e conhecem do assunto, conforme a TAS, para não cair em uma aula meramente ilustrativa e formalista que não é o foco desse trabalho, por isso, foi passado aos alunos um questionário inicial para levantar o grau de conhecimento que eles possuíam do assunto em questão, para comparação com questionário a ser aplicado a posteriori e também foi pedido para que eles construíssem MCs sobre o tema acústica (ondas sonoras ou som).

Assim, o procedimento inicial foi apresentar a proposta didática em uma escola, dividida em 7 etapas, buscar uma autorização para que pudesse ser aplicada. Para isso, a proposta foi apresentada à direção e aos professores de física da Escola de Aplicação da UFPA que ao final aprovaram com exigência de que a proposta seria aplicada ao longo de uma semana. Sendo assim, este trabalho foi aplicado em 5 turmas do 2º ano do E.M da referida escola, que possuía em média 26 alunos por turma. Neste sentido, cada turma teve um encontro com duas aulas de 50min cada, no total de 1h40min, com o objetivo de cumprir as exigências referentes às habilidades e competências do PCNEM+ da física a partir das necessidades desses alunos, em especial sobre o assunto de acústica (estudo do som), que é muito explorado na prova do ENEM e cobrado de maneira bem analítica.

A pesquisa foi desenvolvida sobre o assunto acústica (ondas sonoras, som) utilizando a sequência didática a partir dos seguintes materiais em cada turma da referida escola de 1h40min:

1. aplicação do questionário antes da apresentação das ferramentas (10 min.);
2. apresentação das ferramentas midiáticas: notebook e Data Show com vídeos, animações, simuladores (Phet Simulações (som, difração e interferência) e Física na Escola HTML5 (Princípio de Huygens, velocidade do som e efeito Doppler)), aplicativos, celular, caixa de som amplificadora de 150W, fone de ouvido e microfone (10 min.);
3. apresentação das ferramentas práticas: instrumentos musicais (violão com cordas de nylon, flauta doce, cavaquinho, etc.), equipamentos de medida de nível sonoro (decibelímetro) e frequências (diapasão digital e metálico), secador de cabelos, experimento de Chaldni e minicaixa de som feita com material de baixo custo (copos descartáveis de 300 ml e tubo de PVC de 10 cm) (10 min.);

4. abordagem do conteúdo ondas sonoras com auxílio de gifs e apresentação de MC com o software CmapTools (20 min.). Como atividade de casa ver o filme O som (2017) ou Guerra nas Estrelas - O Som do Silêncio (1977) ou O Som do Silêncio (2020);
5. realização das práticas (experimentos) e mídias (aplicativos e simulações nos softwares) com análise da coleta de dados (20 min.)
6. construção de MC no caderno a partir do MC apresentado na etapa 4: para facilitar à aprendizagem dos alunos e tornar mais atraente a disciplina para os alunos, visando que ocorra uma aprendizagem significativa. (20 min.) que posteriormente aplicaram o software CmapTools;
7. aplicação do questionário depois da apresentação das ferramentas midiáticas e práticas (10 min.);

A 1^a, 4^a e 7^a etapas seguem um modelo de aula expositiva, onde foi aplicada a metodologia de cunho qualitativo através de um questionário para levantar o grau de conhecimento dos alunos a respeito do tema acústica, para futura comparação após o decorrer das aulas, contendo 6 perguntas objetivas/subjetivas:

1. É comum ouvirmos nos noticiários de TV a abordagem sobre o tema Poluição Sonora? O que você entende sobre esse assunto?
2. Em relação ao estudo das ondas sonoras, você saberia explicar o que seria Timbre
3. Em relação ao conhecimento de acústica, diga o que você entende sobre o fenômeno do eco?
4. Qual das situações a seguir não é possível ocorrer no espaço sideral? Por quê?
 - Explosões com barulhos;
 - Comunicação via rádio entre naves espaciais.
5. Num dia chuvoso, por que um raio é visto antes de escutarmos o trovão?
6. Você sabe explicar porque cães, gatos, golfinhos parecem ter ouvido mais aguçado (sensível) que o ser humano?

A Figura 1, mostra o questionário sendo aplicado nas 5 turmas do 2^o ano do E.M da Escola de Aplicação da UFPa.



Figura 1: Aplicação do questionário nas turmas de 2º ano do E.M da referida escola.

Fonte: Os autores

A opção pelo questionário foi feita devido o fato dele proporcionar uma maior sistematização dos resultados fornecidos pela nota média correspondente as 6 questões aplicadas na turma, isso permite uma facilidade maior de análise e reduz o tempo necessário para a coleta e análise dos dados. As respostas foram analisadas e interpretadas na sessão posterior.

O conteúdo de Acústica foi apresentado inicialmente com um vídeo explorando efeitos produzidos pelas ondas sonoras no ambiente e no ser humano para estimular a curiosidade do aluno em saber o porquê de alguns fenômenos observados.

A novidade está apresentada na 2ª, 3ª, 5ª e 6ª etapas que usam as ferramentas midiáticas, práticas e MCs para enriquecer a aula e facilitar a aprendizagem dos alunos. Fazemos aqui uma observação referente à 5ª etapa, já que a maioria das ferramentas midiáticas e práticas foram apenas apresentadas nas etapas 2 e 3 para que o tempo de 1h40min para cada turma estipulado na sequência didática fosse obedecido. Apesar de alguns alunos e professores dizer já conhecerem algumas delas. Assim, em seguida buscou-se obter a resposta para a explicação desses fenômenos pelos próprios alunos, construindo isso junto com eles, de forma que relacionem os fenômenos com situações reais de seu cotidiano. Nesse ponto julgamos ser imprescindível o uso das ferramentas midiáticas e práticas para estimular os sentidos visuais e auditivos dos mesmos para compreender o assunto, ao invés de uma aula teórica-explicativa nos moldes tradicionais.

No decorrer da aula, foram explorados vídeos produzidos por Universidades, animações gráficas, softwares, aplicativos, experimentos práticos com os instrumentos musicais e aparelhos de medidas para dar suporte ao entendimento das propriedades fisiológicas do som (altura, intensidade e timbre) e fenômenos ondulatórios (reflexão (eco e reverberação), refração, difração, interferência de ondas e o Efeito Doppler), bem como o entendimento de conceitos como amplitude (X_m), comprimento de onda (λ), período (T), frequência (f), velocidade da onda (v), nível sonoro (N), etc. sempre fazendo a contextualização de situações do dia a dia, como o debate a cerca da poluição sonora e aos males que provoca no sistema auditivo humano, e aplicação do estudo das ondas sonoras em outras áreas do conhecimento como a engenharia, medicina, astronomia, geologia e na música. Ao longo de cada vídeo, animação ou situação prática, foi realizada explicações e intervenções do professor para uma melhor compreensão dos alunos. Foi distribuído material texto do assunto para leitura e maior aprofundamento do assunto.

Apesar de explicarmos o conceito de MC, apresentamos o MC sobre acústica utilizando o software CmapTools, ver Fig. 2, que é uma ferramenta de livre acesso na internet que

auxilia na construção de MCs, os alunos produziram seus MCs escritos a mão no caderno a partir da etapa 4 e 5, pois a maioria deles não possuía computador, notebook, tablet e internet.

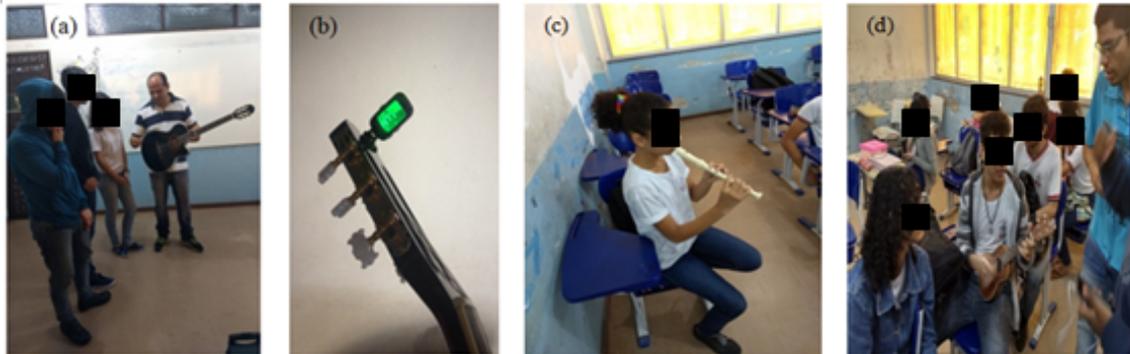


Figura 2: Apresentação do MC de acústica com o software CmapTools nas turmas do 2º ano do E.M da referida escola.

Fonte: Os autores

V. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico são apresentados os resultados da pesquisa, bem como as análises e interpretações dos resultados obtidos sobre o tema acústica aplicado em 5 turmas do 2º ano do E.M da Escola de Aplicação da UFPa.

Na Figura 3, é possível estudar as qualidades das ondas sonoras relacionadas à sua frequência (altura). Sabendo que a frequência (f) da onda sonora está relacionada com o seu λ por meio da velocidade do som no meio (v), isto é, $v = f\lambda$. Na Fig. 3a, a estudante pôde verificar na prática que uma estrutura submetida a uma vibração, no caso um diapasão metálico em forma de U (fonte sonora), produz um som característico ou fundamental de $f = 400\text{Hz}$ (nota musical Lá) ¹, que foi captado pelo seu sistema auditivo. A f emitida pelo diapasão depende da força (tração) na extremidade do diapasão e do tipo de material com o qual ele é construído (densidade, rigidez, constituição molecular, forma, separação entre as hastes, comprimento das hastes, etc.). Na Fig. 3b por meio do datashow e um software (<https://economaster.com.br/masterutilidades/gerador-de-tons-online/> ou <https://www.vacak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?kvz=vukl=pt>)

ou aplicativo (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.boedec.hoel.frequency-generator>) de gerador de frequência ligado a uma caixa de som amplificada foi percebido a forma da onda sonora para cada f e os limites de f que nossos ouvidos são capazes de escutar, de acordo com o espectro sonoro audível vai de 20Hz a 20.000Hz . A variação da f ao longo do espectro sonoro é um teste perfeito para a audição, além disso, quanto mais velho ficamos mais difícil de escutar sons próximo de 20.000Hz , porém as mulheres perdem a audição mais tarde do que os homens. Sabendo que $f < 20\text{Hz}$ e $> 20.000\text{Hz}$ são denominadas de infrassom e ultrassom, respectivamente. O infrassom devido sua baixa f , apresenta

¹O aplicativo n-Track Tuner (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ntrack.tuner>) tem 3 interfaces e uma delas mede as frequências fundamentais do diapasão com relação as 7 notas musicais ($f_L = 440\text{Hz}$, $f_{Si} = 493,8\text{Hz}$, $f_D = 523,2\text{Hz}$, $f_R = 587,3\text{Hz}$, $f_{Mi} = 659,2\text{Hz}$, $f_F = 698,4\text{Hz}$ e $f_{Sol} = 783,9\text{Hz}$).

λ muito grande, e, por isso, tem grande capacidade de contornar objetos e propagar-se por grandes distâncias sem grandes dissipações de energia. Já o ultrassom possui uma infinidade de aplicações em várias áreas do conhecimento (medicina, etc.). O aplicativo Audio Frequency Counter (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.keuwl.audi-ofrequencycounter>) serve para medir a frequência de um sinal, ou seja, funciona como um frequencímetro. Outra maneira é quando um diapasão ou violão emite uma onda sonora cujo microfone capta as ondas sonoras e transforma em sinais elétricos que está conectado a um osciloscópio que transforma em sinal visual que pode ser feita a leitura da frequência emitida pela fonte.



Figura 3: (a) Estudante experimentando e observando o fenômeno com o diapasão metálico vibrando e (b) uso de mídia (notebook, datashow, vídeo, gifs e simulador) para perceber os limites de frequência de 20Hz a 20000Hz.

Fonte: Os autores

Ribeiro, Senra e Resende (2018) desenvolveram um conjunto de atividades planejadas e contextualizadas em sala de aula com o software Audacity para auxiliar o professor na abordagem do conteúdo de ondas sonoras e fenômenos relacionados na disciplina de física para o E.M.

Na Figura 4, foi investigado se o som produzido por uma fonte sonora é forte ou fraco, para isso determina-se o Nível Sonoro $N = 10 \cdot \log(I/I_0)$ produzido que está relacionado à intensidade sonora de um som (I) com a intensidade sonora do som mais fraco ou limiar de audibilidade ($I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ que equivale a 0 dB e 20 Pa a 1000 Hz) que conseguimos ouvir. Desta forma, foram realizadas leituras do nível sonoro com o aparelho decibelímetro (ou sonômetro ou medidor de nível de pressão sonora (MNPS) - aparelho de cor alaranjada na mão) para o secador de cabelo (Fig. 4a), a caixa de som (Fig. 4b) e celular (Fig. 4c) para entender e perceber a partir de qual nível sonoro causa poluição sonora (barulho ou som

desagradável) no sistema auditivo dos seres humanos. Mas, também é possível medir o nível de pressão sonora (SPL) em decibéis (dB) ao longo do espectro sonoro de frequência (Hz) por SPL (dB) = $20 \cdot \log(P/P_0)$, onde $P_0 = 20 \mu Pa$ com o aplicativo Analisador de Espectro de Som (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.pcmehanic.splspectrumanalyzer>). A Fig. 4d e 4e exibem o uso das ferramentas práticas da mini caixa de som de material de baixo custo e do experimento de Chladni, respectivamente.



Figura 4: *Leitura do nível sonoro com decibelímetro. (a) secador de cabelo; (b) caixa de som; (c) celular. (d) Mini caixa de som de material de baixo custo e (e) experimento de Chladni.*

Fonte: Os autores

Como a maioria dos alunos ouve música no celular usando fones de ouvido, foi realizada uma medida do nível sonoro na saída do fone com o decibelímetro e verificou-se um valor de até $92dB$ (decibéis), cujo tempo máximo de exposição é 3h. Esse valor é bem acima do limite máximo de exposição permitido que é de $85dB$ para um período de 8 horas, conforme dispõe o Ministério do Trabalho, podendo causar lesões irreparáveis ao aparelho auditivo. Assim, notou-se nos alunos preocupação quanto ao uso do dispositivo em escalas altas para o nível e intensidade sonora. Entretanto, para níveis superiores a $120dB$ (isto é, $I = 100W/m^2$), a sensação auditiva é uma sensação dolorosa. Assim, a I foi encontrada em: $92dB = 10 \cdot \log(I/10^{-12}W \cdot m^{-2}) \geq 10^{9,2} = 10^{12} \cdot I$ encontramos a $I = 10^{9,2-12} = 10^{-2,8} = 10^{-0,8} \cdot 10^{-2} = 0,158 \cdot 10^{-2}W/m^2$. Magalhães e Filho (2018) fizeram a leitura do N com o aplicativo decibelímetro (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.gamebasic.decibel>), e encontraram a intensidade da onda sonora ($I = 10^{N/I_0}$), a amplitude da onda de pressão $P_m = (2 \cdot \rho \cdot v \cdot I)^{1/2}$ e a amplitude da onda de pressão $X_m = P_m / (2\pi v \cdot \rho_{ar} f)$.

A ressonância sonora acontece quando uma fonte emissora consegue emitir ondas em frequências muito próximas à frequência de oscilação natural de um receptor. Na Figura 5, utilizamos um violão para demonstrar na prática os conceitos e a diferença de som agudo ($\uparrow f$) e som grave ($\downarrow f$), em que medimos a f de ressonância (f_n) de vibração nas cordas do violão como uma aplicação da equação de Taylor (harmônicos em cordas vibrantes cada nota musical corresponde a um harmônico que é um múltiplo da frequência fundamental do instrumento, menor frequência capaz de produzir ondas estacionárias em um instrumento musical) dada por $f_n = (n/2L) \cdot (T/\mu)^{1/2}$, onde: T é a força de tração da corda nas tarraxas do braço do violão, L é o comprimento da corda, μ é a densidade linear da corda ($\mu = m/L$ é a relação entre massa e comprimento) e n é o nº do harmônico ($n = 1, 2, 3, 4, \dots$). A demonstração da eq. de Taylor é feita pela formação de ondas estacionárias na corda de violão, para isso é necessário que o L seja um múltiplo inteiro (n) da metade do λ

, isto é, $L = n\lambda/2$, ver no site Física na Escola HTML 5 (Física Animações/Simulações), https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?sk=kv_s_tojate_vlnenil=pt. Como, $\lambda = v/f$ e $v = (T/\mu)^{1/2}$ é a velocidade de propagação de uma onda na corda vibrante. Substituindo, obtemos $f_n = (n/2L) \cdot (T/\mu)^{1/2}$. Assim, demonstramos o significado de afinação de instrumento de cordas baseado na medição das f_n pelo diapasão eletrônico embutido no violão, ver Fig. 5a, e pelo diapasão digital, ver Fig. 5b. A Fig. 5c e 5d exibem o uso do instrumento musical de sopro flauta e de corda cavaquinho, respectivamente.



Figura 5: Medida da f_n na prática com o (a) diapasão do violão; (b) Zoom no diapasão digital; (c) flauta e (d) cavaquinho.

Fonte: Os autores

Neste sentido, materiais didáticos digitais, como simuladores computacionais, de apoio à aprendizagem vêm sendo cada vez mais produzidos e utilizados em todos os níveis de ensino. Esses materiais são chamados Objetos de Aprendizagem OA. Repositórios de OA proliferam na internet, colocando à disposição do usuário, recursos educacionais para facilitar a aprendizagem tanto no ensino a distância quanto no apoio ao ensino presencial, ainda que eles não devam substituir experimentos reais, pesquisas indicam que seu uso combinado à atividade experimental pode tornar mais eficiente o processo de aprendizagem dos alunos (ARANTES; MIRANDA; STUART, 2010, p. 27). Assim, Silva, Santos e Silva (2019) apresentaram uma proposta de ensino para o tema efeito Doppler utilizando experimentos com auxílio dos aplicativos Physical Phone Experiments (PhyPhox) e Frequency Sound Generator.

Merizio e Clement (2021) usaram tecnologias móveis sob uma perspectiva investigativa nas aulas de Física sobre o tema ondas sonoras. Foram realizadas 5 ações investigativas (Tubos e Flautas; Velocidade de propagação das ondas sonoras; Monocórdio; Afinando um instrumento musical; e Acidente de Trânsito) que apontaram para a viabilidade do uso dessas tecnologias na investigação de fenômenos físicos.

Krummenauer, Pasqualetto e Costa (2009) elaboraram uma proposta didática que usou os instrumentos e conhecimentos musicais (violão e/ou guitarra –34% , violino –2% , bateria –6% , flauta –8% , piano –4% , teclado –8% e nenhum instrumento –38%) de 35 alunos de uma turma de E.M do Colégio Luterano Arthur Konrath, Estância Velha (RS) como ponto de partida motivacional para abordar conteúdos de física relacionados à acústica, buscando gerar uma relação entre o conhecimento científico e o do cotidiano, além de criar uma predisposição para a aprendizagem. Ficou evidenciado que a proposta alcançou os objetivos, pois a grande maioria dos alunos aprendeu com prazer, achou as aulas atrativas e comentou que gostaria que mais conteúdos fossem abordados da mesma maneira.

Moura e Neto (2011) apresentaram uma sugestão de ensino de acústica por meio da

montagem, em sala de aula, de instrumentos musicais de baixo custo e uma discussão contextualizada por meio da história para alunos do 2º ano do E.M. Já Barbosa et al. (2020) apresentaram o ensino da bioacústica por meio da história e de atividades experimentais investigativas com materiais alternativos (voz que vibra, ouvido humano e estetoscópio caseiro) na educação básica e superior. Assim, as atividades interdisciplinares dentro da sala de aula despertaram o interesse dos alunos e dos professores, dando maior significado aos conteúdos e ao ensino de Ciências que na física é tão abstrato.

Na Tabela 1 abaixo é mostrado o rendimento (notas) médio dos alunos das 5 turmas do 2º ano do E.M da Escola de Aplicação da UFPa no questionário com 6 questões aplicados, antes e depois, da apresentação do conteúdo usando as ferramentas midiáticas e práticas.

Questionário	201	202	203	204	205
Pontuação Antes	2,52	3,02	2,60	2,70	3,03
Pontuação Depois	6,98	6,43	5,80	7,80	6,90
Diferença	4,46	3,41	3,20	5,10	3,87
Percentual de Evolução	64%	53%	55%	56%	3,87

Tabela 1: RENDIMENTO DOS ALUNOS NO QUESTIONÁRIO ANTES E DEPOIS DA ATIVIDADE APLICADA NA SALA DE AULA NAS 5 TURMAS DO 2º ANO, TURMAS (T).

De acordo com a Tabela 1, observa-se que o rendimento do questionário aplicado antes da apresentação das atividades com as ferramentas midiáticas e práticas dos alunos nas 5 turmas do 2º ano do E.M da referida escola correspondem a uma performance em ordem decrescente para as turmas $T_{205} > T_{202} > T_{204} > T_{203} > T_{201}$ que em ordem de pontuação foi, respectivamente, igual a $3,03 > 3,02 > 2,70 > 2,60 > 2,52$. Isto é, a turma 205(T_{205}) teve melhor desempenho, enquanto que a turma 201(T_{201}) teve pior rendimento na resolução das 6 questões do questionário aplicado. Após, a exposição das atividades houve uma mudança na ordem de desempenho das turmas, bem como uma evolução no aprendizado dos alunos de todas as turmas de 2º ano do E.M da referida escola. Ou seja, a turma $T_{204} > T_{201} > T_{205} > T_{202} > T_{203}$ com pontuação igual a $7,80 > 6,98 > 6,90 > 6,43 > 5,80$. Entretanto, a diferença de pontuação antes e depois foi à turma $204 > 201 > 205 > 202 > 203$, isto é, $5,10 > 4,46 > 3,87 > 3,41 > 3,20$. Em cima dessa diferença encontramos a evolução no rendimento das turmas $T_{201} > T_{204} = T_{205} > T_{203} > T_{202}$ que foi de $64\% > 56\% = 56\% > 55\% > 53\%$. Assim, a turma 201(T_{201}) teve maior evolução no processo ensino aprendizagem, enquanto que a turma 202(T_{202}) teve o pior.

Após o término das aulas através da exposição dos conteúdos de acústica por meio das ferramentas midiáticas e práticas, os alunos produziram um MC para servir de ferramenta de avaliação desse processo de ensino aprendizagem. A Fig. 6 mostra o MC escolhido como destaque, ou seja, foi o que tirou maior pontuação na correção.

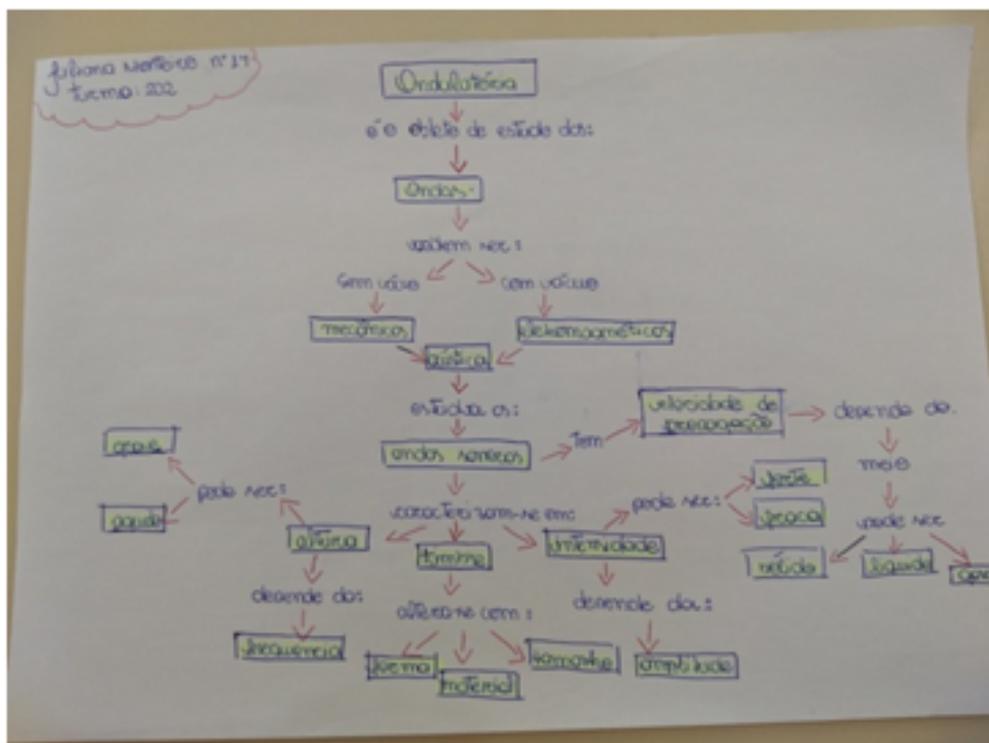


Figura 6: MC construído pela aluna da turma 202 do 2º ano do E.M da Escola de Aplicação da UFPa.
 Fonte: Os autores

Na Tabela 2 abaixo é mostrado às notas (o rendimento) médias para cada turma ao produzir os MCs:

Mapa Conceitual (MC)	201	202	203	204	205
Pontuação MC	9,35	8,30	8,40	8,60	8,40

Tabela 2: NOTA DOS ALUNOS NAS 5 TURMAS DO 2º ANO COM RELAÇÃO A CONSTRUÇÃO DO MC NA SALA DE AULA, TURMAS (T).

De acordo com a Tabela 2, observa-se que o rendimento das notas dos alunos nas 5 turmas de 2º ano do E.M da referida escola com respeito a produção de um MC foi $T_{201} > T_{204} > T_{203} = T_{205} > T_{202}$. Ou seja, a pontuação foi de $9,35 > 8,60 > 8,40 = 8,40 > 8,30$. Observa-se que a turma 201 (T_{201}) obteve maior evolução no rendimento do questionário, bem como na produção do MC. Da mesma forma, a turma 202 (T_{202}) obteve menor evolução no rendimento do questionário, bem como na produção do MC.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, verificou-se que o uso de ferramentas midiáticas e práticas como equipamentos de apoio em sala de aula, aliada a uma aula bem contextualizada sobre o tema acústica (ondas sonoras, som) com situações reais vivenciadas pelos estudantes, construção de MCs e reposta ao questionário aplicado como ferramentas avaliativas do processo de aprendizagem dos alunos, proporcionaram um maior interesse dos alunos pelo assunto

abordado, contribuindo para que os mesmos pudessem aprender de forma significativa e aumentar o rendimento na avaliação dos questionários aplicados em sala de aula, conforme resultados apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Destaca-se entre as ferramentas práticas, o uso do violão como instrumento de apoio às aulas, pois é uma ferramenta essencial e bastante popular entre os alunos que serve para explicar uma série de conceitos e fenômenos sonoros.

Durante as aulas, foi inserido o aluno no processo de construção do conhecimento, exemplificando as aplicações do assunto nas situações comuns do dia a dia, na engenharia, medicina, astronomia, música, geologia, tecnologia e meio ambiente. Buscou-se estimular a atenção, o pensamento, o questionamento por parte dos alunos, de forma que os mesmos participassem como sujeito ativo no processo de aprendizagem e cidadãos capazes de compreender os conceitos e fenômenos físicos referentes ao estudo da acústica (ondas sonoras, som) que os cercam em seu ambiente.

Foi percebido que os professores da disciplina de Física da referida escola conheciam as técnicas empregadas na atividade, e também as aplicavam em suas aulas quando dispõem dos meios necessários para esse fim.

O Exame Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (ENADE-2021) de Física Licenciatura apresentou questões diversas envolvendo a aprendizagem por meio de metodologias ativas (sala de aula invertida e Peer Instruction), instrumentação para o ensino de física (experimento do foguete de balão), simulação com o Phet simulação (gás ideal e efeito fotoelétrico) e captador de guitarra elétrica (ondas sonoras). Porém, o ENEM em Física não cobra ainda esses tipos de questões.

De acordo com Sorensen e Teixeira (2021), o uso de obras de ficção científica (livros e vídeos) no ensino de física em conjunto com a História da Ciência e Tecnologia se mostrou outra possibilidade promissora em termos educacionais por incentivar os alunos a estudarem e se interessarem mais pelas áreas das CNs, devido às questões científicas fundamentais que dizem respeito à vida e aspirações dos alunos e que frequentemente estão de fora das aulas de ciências na escola.

Portanto, como a cultura e os meios midiáticos baseados nas novas TDICs estão intrinsecamente ligados as nossas vidas, e como a escola é o ambiente adequado para se conhecer e refletir sobre esse assunto, os professores necessitam se apoderar dessa ferramenta e utilizá-las da melhor forma possível para acelerar ou aprimorar o desenvolvimento educacional de nossos alunos em suas aulas enquanto prática pedagógica e assim não afetar diretamente na diminuição da exclusão digital que existe em nosso país.

VII. AGRADECIMENTOS

O Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências e Física (GPECF) da UFPA gostaria de agradecer aos professores de Física (Prof. Dr. José Alexandre da Silva Valente (in memoriam) e Prof. Dr. Nelson Pinheiro Coelho de Souza) e aos alunos das 5 turmas do 2º ano do E.M da Escola de Aplicação da UFPA que participaram da pesquisa através do uso das ferramentas midiáticas, práticas, MCs e das respostas referentes ao questionário sobre o tema em discussão (acústica).

REFERÊNCIAS

- ALMENARA, D. F. O Trabalho com Projetos: (RE) Construindo a Prática Pedagógica através da Integração das Mídias. *Revista Eletrônica Multisaberes*, 2ª ed., 2011.
- ANDRADE, R. R. D. Avaliação de atividades experimentais no ensino de física: uma revisão. *Rev. Prof. de Fís.*, v. 6, n. 1, p. 33-45, 2022.
- ARANTES, A. R.; MIRANDA, M. S.; STUDART, N. Objetos de aprendizagem no ensino de física: Usando simulações do PHET. *Física na Escola*, v. 11, n. 1, p. 27-31, 2010.
- ARAÚJO, M. S. T. e SANTOS, M. L. V. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. *Rev. Bras. de Ens. de Fís.*, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. e HANESIAN, H. *Psicologia Educacional*. (trad. de Eva Nick et al.) Rio de Janeiro: Interamericana, 625 p., 1980.
- BARBOSA, M. P.; SILVA, J. G. M.; ALEIXO, V. F. P. e SILVA-Jr, C. A. B. Proposta de Atividades com Materiais Alternativos na Educação Básica e Superior, v. 18, n. 2, p. 29-39, 2020.
- CORREIA, D.; BOLFE, M. A. e SAUERWEIN, I. P. S. O Estudo das Ondas Sonoras por meio de uma Atividade Didática Envolvendo Leitura de um Texto de Divulgação Científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 33, n. 2, p. 556-578, 2016.
- DECONTO, D. C. S. e OSTERMANN, F. Treinar professores para aplicar a BNCC: as novas diretrizes e seu projeto mercadológico para a formação docente, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 38, n. 3, p. 1730-1761, 2021.
- DONOSO, J. P.; TANÚS, A.; GUIMARÃES, F. e FREITAS, T. C. A Física do Violino. *Rev. Bras. de Ens. de Fís.*, v. 30, n. 2, p. 23051-230521, 2008.
- ERROBIDART, H. A.; GOBARA, S. T.; PIUBELLI, S. L. e ERROBIDART, N. C. G. Ouvido Mecânico: Um Dispositivo Experimental para o Estudo da Propagação e Transmissão de uma Onda Sonora. *Rev. Bras. de Ens. de Fís.*, v. 36, n. 1, p. 15071-15075, 2014.
- GASPAR, A. e MONTEIRO, I. C. C. Atividades Experimentais de Demonstração em Sala de Aula: Uma Análise segundo o Referencial da Teoria de Vigotsky. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.
- GOTTO, M. Física e Música em Consonância. *Rev. Bras. de Ens. de Fís.*, v. 31, n. 2, p. 23071-23078, 2009.
- GRILLO, M.L.N e FREITAS, F.S. A poluição sonora e o ensino de física, *Rev. Bras. de Ens.*

de Fís., v. 43, p. e20210302 (1-8), 2021.

HARLEN, W. Enseñanza y aprendizaje de las Ciencias, 2ª. Ed. Madrid Morata, 1989.

KAWAMURA, M. R. D. e HOSOUME, Y. A Contribuição da Física para um Novo Ensino Médio. Física na Escola, v. 4, n. 2, p. 22-27, 2003.

KRUMMENAUER, W. L.; PASQUALETTO, T. I. e COSTA, S. S. C. O Uso de Ferramentas Musicais como Ferramenta Motivadora para o Ensino de Acústica no Ensino Médio, v. 10, n. 2, p. 22-24, 2009.

MAGALHÃES, D. A. e FILHO, J. P. A. A Discreta Dança do Ar ao Som das Equações da Física Acústica. Física na Escola, v. 16, n. 2, p. 44-50, 2018.

MARCON, G. S. e KLEIKLEN, M. U. Indicadores Formativos para o Ensino de Física através do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 38, n. 3, p. 1388-1419, 2021.

MEDEIROS, E. A. e LOOS, M. R. O Ensino de Física na Área de Ciências Naturais no Ensino Fundamental I e II Segundo os PCNs. Revista do Professor de Física Brasília, v. 1, n. 1, p. 1-11, 2017.

MOURA, D. A. e NETO, P. B. O Ensino de Acústica no Ensino Médio por Meio de Instrumentos Musicais de Baixo Custo, v. 12, n. 1, p. 12-15, 2011.

NASCIMENTO, S. A.; DANTAS, J. D.; SOUZA, P. C. e SANTOS, C. A. S. Espectro Sonoro da Flauta Transversal. Rev. Bras. de Ens. de Fís., v. 37, n. 2, p. 23051-23055, 2015.

NETO, A. S. M; e JÚNIOR, F. N. M., O Tubo de Kundt: O Ensino de Acústica e Sua Relação com a Música em Atividades Experimentais no Contexto da Aprendizagem Significativa, Anais do IV CONEDU - A Educação Brasileira: Desafios na Atualidade, 2017.

OCED. Brasil no Pisa 2015: Análises e Reflexões sobre o Desempenho dos Estudantes Brasileiros, São Paulo: Fundação Santillana, p. 274, 2016.

OSTERMANN, F. e REZENDE, F. BNCC, Reforma do Ensino Médio e BNC-Formação: um pacote privatista, utilitarista minimalista que precisa ser revogado, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 38, n. 3, p. 1381-1387, 2021.

RIBEIRO, T. G.; SENRA, C. P. e RESENDE, M. A. Utilização do Software Audacity como Recurso Didático no Ensino de Ondas, v. 16, n. 1, p. 43-50, 2018.

RICARDO, E. C. Implementação dos PCNs em Sala de Aula: Dificuldades e Possibilidades. Física na Escola, v. 4, n. 1, p. 8-11, 2003.

SANTOS, E. M.; MOLINA, C. e TUFAILE, A. P. B. Violão e Guitarra como Ferramentas para o Ensino de Física. *Rev. Bras. de Ens. de Fís.*, v. 35, n. 2, p. 25071-25077, 2013.

SANTOS, R. S.; FILHO, P. S. C. e 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. *Rev. Bras. de Ens. de Fís.*, v. 40, n. 2, p. e2602 (1-5), 2018.

SCHIVANI, M.; SOUZA, G. F. e LIRA, N. Programa Nacional do Livro Didático de Física: Subsídios para Pesquisas. *Rev. Bras. de Ens. de Fís.*, v. 42, p. e20200011 (1-10), 2020.

SILVA, K. W.; SANTOS, B. M. e SILVA, L. R. Utilização de apps para o ensino do efeito Doppler, *Anais do I Encontro Regional do MNPEF Centro-Oeste/Norte*, v. 3, n. especial (2019): *Revista do Professor de Física*.

SORENSEN, R. N. e TEIXEIRA, R. R. P. Possibilidades do Uso de Obras de Ficção Científica no Ensino de Física, v. 5, n. 2, p. 31-43, 2021.

WERLANG, R. B. Mapas Conceituais Esqueletos: Instrumento para Avaliar o Processo de Ensino-Aprendizagem. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 8, n. 2, p. 126-140, 2013.

WILSON, C.; GRIZZLE, A.; TUAZON, R.; AKYEMP, K. e CHEUNG, C-K. Alfabetização Midiática e Informacional: Currículo para Formação de Professores. Brasília: UNESCO, UFTM, 192 p., 2013.

ZACZÉSKI, M.E; HECKERT, C.H.; BARROS, T.G.; FERREIRA, A.L.; FREITAS, T.C. Violão: aspectos acústicos, estruturais e históricos, *Rev. Bras. de Ens. de Fís.*, v. 40, n. 1, p. e1309 (1-11), 2018.