

O violão no ensino de acústica: uma proposta com enfoque histórico-epistemológico em uma unidade de ensino potencialmente significativa^{+,*}

*Diogo de Oliveira Lima*¹

Secretaria Estadual de Educação de Santa Catarina

Criciúma – SC

*Felipe Damasio*¹

Instituto Federal de Santa Catarina, campus Araranguá

Araranguá – SC

Resumo

O trabalho relata uma pesquisa em ensino de acústica, cujo objetivo foi proporcionar um ambiente que se pudesse promover a evolução conceitual, não só de ciência, mas também sobre ciência. Para isso, utilizou-se do violão como ferramenta didática dentro da noção de organizador prévio e da organização sequencial, também para procurar despertar uma pré-disposição em aprender. Além da discussão de conceitos envolvidos no ensino de acústica, procurou-se também levantar questões acerca do empreendimento científico, utilizando-se de episódios históricos da ciência para isto. O trabalho pauta-se em três referenciais, articulados e coerentes: Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (teórico educacional), a filosofia da ciência de Paul Feyerabend (teórico epistemológico) e as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (metodológico) que são sequências de ensino fundamentadas teoricamente com o objetivo de criar um ambiente em que a aprendizagem significativa possa ser construída. A metodologia da pesquisa consistiu nas etapas de: (i) revisão bibliográfica; (ii) planejamento e elaboração do material instrucional; (iii) aplicação da UEPS; (iv) construção de uma página na rede mundial de computadores para reunir os materiais elaborados para alunos e professores e; (v) a análise dos dados. Os resul-

⁺ Guitar in acoustic teaching: a proposal with a historical-epistemological approach in a Potentially Meaningful Teaching Units

^{*} *Recebido: fevereiro de 2019.
Aceito: setembro de 2019.*

¹ E-mails: oliveiradiogo058@gmail.com; felipedamasio@ifsc.edu.br

tados da pesquisa indicam indícios de aprendizagem significativa quando se utiliza instrumentos musicais em sala de aula, tal qual abordado pela pesquisa.

Palavras-chave: *Instrumentos Musicais; Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica; Unidade de Ensino Potencialmente Significativa; Paul Feyerabend.*

Abstract

The paper reports a research on acoustic teaching, whose objective was to provide an environment that could promote the conceptual evolution, not only of science, but also about science. For this, the guitar was used as didactic tool within an advanced organizer and sequential organization, also to promote a pre-disposition in learning. Besides the discussion of concepts involved in the teaching of acoustics, it was also tried to raise questions about the scientific enterprise, using historical episodes of science for this. The work is based on three articulated and coherent references: Theory of Critical Meaningful Learning (educational theorist), the philosophy of science of Paul Feyerabend (epistemological theorist) and the Potentially Meaningful Teaching Units (methodological), which are theoretically grounded teaching sequences designed to create an environment in which meaningful learning can be built.. The methodology of the research consisted of the following stages: bibliographical review; planning and preparation of instructional material; implementation of the Potentially Meaningful Teaching Unit; building a page on the World Wide Web to gather materials for students and teachers; the analysis of the data. The results of the research indicate signs of significant learning when using musical instruments in the classroom, as approached by the research.

Keywords: *Musical Instruments; Critical Meaningful Learning Theory; Potentially Meaningful Teaching Unit; Paul Feyerabend.*

I. Introdução

A acústica é um dos ramos da Física que tem como caracterização o estudo do som, sua emissão, propagação e recepção. Sua importância na educação formal se dá pelo fato de poder explicar os fenômenos sonoros que se encontram em diversos ambientes que os alunos frequentam (MOURA; NETO, 2011). Conceitos como: frequência; comprimento de onda;

velocidade com que o som se propaga; timbre e ressonância são discutidos com os alunos das escolas normalmente no segundo ano do ensino médio (SEED, 2008 *apud* MOURA; NETO, 2011), e frequentemente de forma tradicionalista focada essencialmente no trânsito de conhecimento (KRUMMENAUER *et al.*, 2009).

Diante desse cenário, pode-se buscar alternativas de ensino visando uma aprendizagem significativa por meio de instrumentos musicais e da exploração dos conhecimentos prévios dos alunos, pois os fenômenos acústicos estão presentes na vida dos estudantes. Além disto, “a relação Física-Música é bastante rica no sentido de poder explorar vários conceitos importantes da Física através do estudo da música” (CONCEIÇÃO *et al.*, 2009, p. 1). De acordo com Krummenauer *et al.* (2009, p. 23):

Estudar a física presente no funcionamento de um instrumento específico é um assunto tão vasto quanto a diversidade de instrumentos. Cada instrumento se apresenta como uma fonte de abordagens físicas diferindo desde a maneira como se gera o som até o processo para emitir as diferentes notas musicais.

Sendo assim, o uso de instrumentos musicais nas aulas de acústica faz com que o aprendizado possa ser mais dinâmico e pode contribuir para a consolidação da teoria já abordada (LAGO, 2015). Com isso, **a hipótese** no presente trabalho é que há potencial de aprendizagem significativa em acústica no ensino focado na interação entre Física e Música/instrumentos musicais.

Apesar de haver inúmeras propostas metodológicas de ensino-aprendizagem, existem evidências de um grande predomínio de um ensino baseado em pressupostos tradicionalistas, que influencia a própria concepção do estudante acerca do estudo de ciência, muitas vezes fazendo com que ele tenha impressões negativas e que tal estudo é irrelevante na sua vida real. Ao se confrontar com este cenário, procura-se com a pesquisa contribuir com avanços na seguinte **questão de pesquisa**: *Qual a eficácia da aplicabilidade de instrumentos musicais no ensino de acústica, em um enfoque histórico-epistemológico?* Ou seja, diante do problema exposto procura-se mesclar elementos rotineiros do cotidiano do estudante com a matéria de ensino, buscando ao mesmo tempo inserir nessa proposta convergências entre a teoria de aprendizagem e a epistemológica, já que apesar de parecer haver consenso a respeito da importância da inserção de instrumentos musicais em sala de aula (pós-revisão bibliográfica), as tentativas de levar estes temas carecem de fundamentação.

Uma vez tendo traçadas a pergunta e a hipótese do trabalho, se torna possível vislumbrar seus objetivos, sendo o **objetivo geral** o de analisar a eficácia da aplicabilidade do tema de instrumentos musicais no ensino de acústica, em um enfoque histórico-epistemológico. Já os **objetivos específicos** estão vinculados aos aspectos metodológicos da pesquisa, a saber: fazer uma revisão bibliográfica sobre o tema para levantar o que já foi feito e quais as contribuições para o projeto; planejar e produzir os materiais instrucionais, inclusive a UEPS; aplicar a UEPS no 2º ano do ensino médio e; avaliar os resultados qualitativamente a partir de referenciais teóricos analíticos.

Adota-se neste trabalho como **referencial teórico** de ensino a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, a qual converge em muitos aspectos com o **referencial epistemológico**, a filosofia da ciência de Paul Feyerabend (DAMASIO; PEDUZZI, 2015). Também coerente com estes referenciais está a opção pelo **referencial metodológico** de uma sequência didática na forma de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). De acordo com Moreira (2011), as UEPS são sequências de ensino fundamentadas teoricamente com o objetivo de criar um ambiente em que a aprendizagem significativa possa ser construída. A UEPS proposta contempla o ensino de acústica de forma a apontar as correlações entre as suas variáveis e a vida real do estudante, o que é promovido por meio da Música/instrumentos musicais como organizador prévio e, buscando ao mesmo tempo, problematizar e construir concepções de como o conhecimento científico é construído, o qual está sempre sujeito a rupturas e num caminho descontínuo.

Para procurar se aproximar dos objetivos da pesquisa a **metodologia** consistiu-se nas seguintes etapas: (i) revisão bibliográfica; (ii) planejamento e elaboração do material instrucional; (iii) aplicação da UEPS; (iv) construção de uma página na rede mundial de computadores para reunir os materiais elaborados para alunos e professores e; (v) a análise dos dados. Antes, no entanto, de apresentar o desenvolvimento da pesquisa, o texto fará uma breve revisão dos aspectos mais relevantes do referencial teórico, seguido da descrição da revisão bibliográfica e por fim os demais aspectos metodológicos, a análise dos dados e os achados dela oriundos.

Essa proposta foi aplicada na rede estadual de ensino, mais especificamente em uma das instituições do município de Criciúma/SC no segundo ano do ensino médio. No entanto, todo o material está disponível para que cada professor possa usar em seu contexto, fazendo as edições que achar necessárias. A análise dos dados foi feita por meio de uma análise qualitativa, com ela foi possível encontrar indícios de aprendizagem significativa crítica nos alunos no contexto analisado e também algumas reflexões para alterações a serem feitas procurando dar continuidade na pesquisa, cabendo a ressalva que os resultados são referentes ao cenário descrito, não podendo ser generalizados para outros contextos.

II. Referencial teórico

Segundo Moreira (2004), pesquisar é produzir conhecimentos dentro de um marco teórico/educacional, teórico/epistemológico, além do metodológico, com estes sendo consistentes e coerentes. Além disto, o autor chama a atenção que na pesquisa em ensino de ciência o conteúdo específico das ciências deve sempre estar presente. Nesse sentido, destaca que um ponto frágil de muitas pesquisas é que seus autores relegam o conteúdo científico a um nível inferior. Pujalte *et al.* (2014) destacam a necessidade de um referencial epistemológico para a investigação em ensino de ciências, ao denotarem que o entendimento de professores e alunos acerca do conhecimento científico tem efeito sobre o seu ensino e aprendizagem. Moreira (2009) ressalta a importância de que professores e pesquisadores

tenham consciência dessa influência, desta forma a pesquisa em educação científica necessita de um aporte epistemológico articulado e coerente com o educacional e metodológico. Nessa perspectiva, a seguir, são apresentados os aportes adotados nesta investigação de maneira não aprofundada, de tal forma que se recomenda ao leitor interessado em adentrar no tema que consulte os vários trabalhos disponíveis na literatura e que são citados ao longo do texto a seguir.

II.1 Teoria da aprendizagem significativa crítica

De acordo com Moreira (2012) a aprendizagem significativa requer uma interação entre ideias expressas simbolicamente e o que o aluno já sabe. No entanto, essa interação se dá de maneira não arbitrária porque não é com qualquer conhecimento que isso acontece, mas sim com conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva e que sejam especificamente relevantes. Esse saber, especificamente relevante, foi nomeado por David Ausubel de subsunçor ou ideia-âncora (MOREIRA, 2012).

Em síntese Moreira reitera que:

[...] a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não-litera e não-arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva (MOREIRA 2012, p. 2).

A principal sugestão de Ausubel para manipular a estrutura cognitiva do sujeito para facilitar a existência de condições para que ocorra a aprendizagem significativa é a estratégia chamada por ele de *organizador prévio*. Esta estratégia pode ser constituída por materiais introdutórios apresentados antes do material instrucional em si, em um nível alto de generalização e abstração que serve de ponte entre o conhecimento prévio do sujeito e o campo conceitual que se pretende que ele aprenda significativamente. Organizadores prévios podem ser vistos como pontes cognitivas, ua principal função é a de mostrar ao sujeito a relação entre o conhecimento que ele já tem e os novos que serão apresentados (MOREIRA, 1999).

A aprendizagem significativa nos tempos atuais não parece ser suficiente, pois pode também promover os conceitos fora de foco (MOREIRA, 2010), como por exemplo, o conhecimento acumulativo e absoluto. Com isso, Moreira sugere a aprendizagem como uma atividade crítica, ou subversiva, e ainda constrói a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC) que “é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela” (MOREIRA 2010, p. 7). É por meio dessa perspectiva que o educando deslumbrará sua cultura sem ser subjugado por ela, por suas ideologias e mitos, e lidar com mudanças sem que seja dominado (MOREIRA 2010), e é também a partir dessa perspectiva que o aluno trabalhará questões como “a incerteza, a relatividade, a não-

causalidade, a probabilidade, a não-dicotomização das diferenças, com a ideia de que o conhecimento é construção (ou invenção) nossa, que apenas representamos o mundo e nunca o captamos diretamente” (MOREIRA 2010, p. 7).

Para isso, Moreira (2010, p. 20) propõe alguns princípios facilitadores da aprendizagem significativa crítica, tomando como referência principalmente as propostas de Postman e Weingartner de forma menos radical e mais viável de ser implementada em sala de aula:

1. Aprender que aprendemos a partir do que já sabemos (*Princípio do conhecimento prévio*).
2. Aprender/ensinar perguntas ao invés de respostas (*Princípio da interação social e do questionamento*).
3. Aprender a partir de distintos materiais educativos (*Princípio da não centralidade do livro de texto*).
4. Aprender que somos perceptores e representantes do mundo (*Princípio do aprendiz como perceptor/representador*).
5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade (*Princípio do conhecimento como linguagem*).
6. Aprender que o significado está nas pessoas, não nas palavras (*Princípio da consciência semântica*).
7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros (*Princípio da aprendizagem pelo erro*).
8. Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a sobrevivência (*Princípio da desaprendizagem*).
9. Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar. (*Princípio da incerteza do conhecimento*).
10. Aprender a partir de distintas estratégias de ensino (*Princípio da não utilização do quadro-de-giz*).
11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão (*Princípio do abandono da narrativa*).

II.2 A epistemologia de Paul Feyerabend

Paul Karl Feyerabend (1924-1994) afirma que nenhuma das metodologias da ciência que foram até agora propostas são bem-sucedidas para explicar a complexidade do empreendimento científico. Ele sustenta essa ideia principalmente demonstrando de que forma aquelas metodologias são incompatíveis com a história da física (CHALMERS 1993). De acordo com Moreira e Massoni (2011), a ciência para Feyerabend é vista como uma empresa anárquica na qual “não há uma só regra, embora plausível e bem fundada na epistemologia, que deixe de ser violada em algum momento”, em uma clara negação a noção de existência de um método científico universal. Feyerabend argumenta que os métodos

científicos são inconsistentes em fornecer regras para a orientação do trabalho dos cientistas. Sendo assim, os cientistas não podem se restringir às regras metodológicas. De acordo com Chalmers (1993, p. 163):

Se você quer fazer uma contribuição para a física, por exemplo, não é necessário que esteja familiarizado com as metodologias da ciência contemporânea, mas sim que esteja familiarizado com aspectos da física. Não será suficiente seguir somente os caprichos e inclinações de maneira desinformada. Na ciência não se dá o fato de que vale tudo num sentido sem limites.

Laburú *et al.* (2003) ressaltam que o objetivo essencial da abordagem pluralista de Feyerabend não é o da substituição de regras por outras, mas sim trazer o argumento de que todos os modelos e metodologias possuem vantagens e restrições. Aplicando à educação o mesmo raciocínio, Feyerabend sugere uma educação na qual haja a formação de cidadãos com o livre poder de escolha entre diferentes padrões e grupos da sociedade, sem que se subjugue, tendo proficiência neles (DAMASIO; PEDUZZI, 2015).

De acordo com Damasio e Peduzzi (2015) há uma coerência e complementaridade entre a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica e a epistemologia de Paul Feyerabend, pois “episódios históricos são ótimas oportunidades para abordar na educação básica a não causalidade, probabilidade e incerteza, pois a TASC visa alcançar um ensino de ciências crítico e busca desconstruir conceitos fora de foco” (DAMASIO; PEDUZZI, 2015, p.76). Ainda citando os mesmos autores:

O ensino de história da ciência na educação científica, sob a perspectiva de Feyerabend é, de fato, perigoso – não para a ciência, mas para o mito da racionalidade, da verdade absoluta, de entidade isolada e causalidade simples. O vínculo desta epistemologia com o ensino de ciências permite a desconstrução dos conceitos fora de foco, viabilizando um ambiente mais propício à aprendizagem significativa crítica (DAMASIO; PEDUZZI, 2015, p. 80).

II.3 Unidades de Ensino Potencialmente Significativas

As UEPS podem ser elaboradas a partir de algumas sugestões norteadoras. Primeiramente, definir o conteúdo específico a ser abordado. Devem-se delinear quais conceitos serão tratados, quais as interações entre eles e como serão estudados. A seguir, é necessário criar situações em que o aluno possa manifestar seu conhecimento prévio sobre o assunto. Então, se faz necessário sugerir situações-problema em que o estudante seja levado a criar soluções. Na sequência, o aluno deve ser instigado a construir novos conhecimentos para resolver o que está sendo proposto. Esses aspectos sequenciais devem ser pensados à luz dos quatro princípios que regem a Teoria da Aprendizagem Significativa.

O aspecto sequencial seguinte deve permitir que o estudante compartilhe o seu conhecimento e negocie os significados com os demais discentes; é essencial a articulação do professor durante o desenvolvimento das atividades. Para concluir a unidade de ensino é

necessário retomar as características mais relevantes do conteúdo, porém tentando apresentar novos significados, em uma perspectiva integradora. É importante apresentar um nível de complexidade cada vez maior e que busque novas propostas e situações, que procurem ser resolvidas de forma colaborativa e discutidas em grupo.

A avaliação da aprendizagem precisa estar presente em todas as etapas da UEPS. Qualquer indício de aprendizagem significativa deve ser registrado, além disso, aconselha-se uma avaliação individual em que as perguntas permitam que o aluno faça uma reflexão sobre os conceitos e demonstre a possível construção de significados. Em todos os passos, as estratégias de ensino devem promover o questionamento, o diálogo e a crítica.

A UEPS que faz parte deste projeto (reproduzida no Apêndice) teve como objetivo promover a aprendizagem de conceitos de acústica, por meio da contextualização da ciência e da utilização de instrumentos musicais, além de uma discussão de forma concomitante acerca do empreendimento científico procurando problematizar a ciência, de tal forma a promover um ensino *de e sobre* ciência. A avaliação da pesquisa procurou identificar indícios de aprendizagem significativa crítica e evolução acerca de entendimentos do empreendimento científico.

III. Revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica feita para esta pesquisa não pretendeu esgotar todos os trabalhos publicados entre os indicadores pesquisados, ou seja, não se procurou traçar o *estado da arte* destes temas. Aqui serão descritos apenas trabalhos que efetivamente contribuíram para o desenvolvimento da pesquisa, sem deixar de considerar o mérito dos demais trabalhos não citados, mas que não tiveram impacto direto na investigação.

O recorte feito para a revisão bibliográfica levou em consideração algumas das mais tradicionais publicações na área de ensino de Física/Ciência e teve como espaço temporal o último decênio. Os periódicos consultados se restringiram aqueles com Qualis/CAPES A e B e foram: Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), Investigação em Ensino de Ciências (IENCI), Experiências em Ensino de Ciências (EENCI), Ciência & Educação (C&E), Física na Escola (FnE), Aprendizagem Significativa em Revista (ASR) e Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia (RELEA).

A consulta foi feita em cada página dos periódicos, inicialmente pelos títulos, a seguir resumos e palavras-chave e por fim a leitura completa. A pesquisa dos artigos foi feita com base em três indicadores: *ensino de acústica*, *ensino de acústica por meio da história da ciência* e *ensino de acústica com a utilização de instrumentos musicais*. A seleção dos artigos que impactaram na pesquisa está descrita por periódico e indicador (Tabela 1).

Tabela 1: Artigos selecionados. Fonte: os autores.

Periódicos	Ensino de Acústica	O Ensino de Acústica por meio da história ciência	O Ensino de Acústica com a utilização de instrumentos musicais
RBEF	01	00	02
CBEF	00	00	01
IENCI	00	00	00
EENCI	00	00	00
C&E	00	00	00
FnE	00	00	02
ASR	00	00	00
RELEA	00	00	00
Total	01	00	05

III.1 Ensino de acústica

No trabalho de Vieira *et al.* (2014) foram apresentados alguns questionamentos acerca da abordagem utilizada em alguns livros didáticos de nível médio relacionados ao tema de ondas sonoras estacionárias em tubos. Além de classificar os livros didáticos com base em critérios estabelecidos, também apresentam algumas sugestões para uma discussão mais aprofundada do tema. Eles sugerem o uso de gifs e animações e a utilização de dois experimentos simples, que permitem a visualização dos perfis de variação de pressão e deslocamento de ar para os modos harmônicos de vibração.

De acordo com os autores, a partir dos experimentos é possível evidenciar grandezas físicas importantes, mas que não são devidamente discutidas nos livros didáticos. O primeiro experimento trata da visualização do perfil da pressão do ar e o segundo se destina a visualização do perfil do deslocamento do ar ao longo de um tubo semiaberto. Tal abordagem contribui com sugestões de como a UEPS descrita neste trabalho poderia ser construída e que recursos poderiam ser utilizados.

III.2 O ensino de acústica com a utilização de instrumentos musicais

Coelho e Machado (2015) relatam uma oficina realizada com alunos do curso de Física na qual se propôs a montagem de um móvel com tubos sonoros na busca da caracterização de sons e uma abordagem dos princípios físicos envolvidos nos fenômenos acústicos. O artigo considera uma abordagem relacional no sentido de estabelecer elos, construir pontes, buscando na proposta didática apresentada articular conhecimentos de física e música, integrando os saberes disciplinares no ensino de física.

Com o intuito de facilitar o ensino de física e de promover a interdisciplinaridade, Moura e Bernardes (2011) sugerem o ensino por meio da montagem, em sala de aula, de

instrumentos musicais de baixo custo. Para isso, há uma apresentação e descrição da construção de alguns instrumentos musicais seguido de sugestões para o uso no processo de ensino-aprendizagem. De acordo com os autores: “A montagem de instrumento pode ser uma ferramenta útil para a aprendizagem da física do som no Ensino Médio, pois a construção de instrumentos musicais tem ligação direta com o conhecimento físico e tecnológico da matéria e da acústica” (MOURA; BERNARDES, 2011, p. 13).

Krummenauer *et al.* (2009) relatam as atividades desenvolvidas em uma turma de ensino médio do Colégio Luterano Arthur Konrath, Estância Velha, RS. As atividades desenvolvidas tinham como objetivo abordar conteúdos de Física por meio de conhecimentos prévios dos educandos relacionados com instrumentos musicais. A existência de conhecimentos prévios foi revelada a partir da aplicação de um questionário que também explicitou habilidade de alunos em tocar algum tipo de instrumento. Informalmente e usando um brinquedo chamado “mola maluca” e com a utilização de um violão, os autores trabalharam os diferentes tipos de ondas mecânicas (longitudinais e transversais) e o conceito de som. Ainda com o violão e um gerador de ondas estacionárias discutiu-se o significado de alguns conceitos como frequência, período, comprimento de onda e velocidade de propagação.

De acordo com Lago (2015), a utilização de uma variedade de recursos para o ensino de Física é muito importante, pois auxilia o processo de aprendizagem por parte dos alunos. Ele apresenta em seu trabalho um relato de uma abordagem baseada na utilização da guitarra e de recursos das tecnologias da informação e comunicação (TIC) para ilustrar alguns conceitos físicos de um curso de física ondulatória, contextualizando modelos físicos com as variáveis da guitarra.

O trabalho de Santos *et al.* (2013) apresenta propostas de atividades práticas simples para a caracterização de propriedades do som produzido por violões e guitarras, por meio de uma análise harmônica. São propostas atividades para o estudo do som produzido por violões e guitarras, instrumentos presentes no cotidiano dos estudantes e acessíveis inclusive para os que não possuem experiência musical. Desta forma, de acordo com os autores, estes instrumentos musicais podem ser utilizados como material complementar no estudo de uma gama de tópicos que envolvem oscilações, ondas e equações diferenciais. Eles também apresentam roteiros de atividades para demonstrações em sala ou laboratório de como se utilizar dos instrumentos para o processo ensino-aprendizagem.

Esses trabalhos descritos relatam experiências realizadas e sugestões de ensino da acústica em sua maioria de forma relacional, contextualizada e/ou interdisciplinar com a música/instrumentos musicais, contribuindo no sentido de reforçar a importância da proposta e orientar o uso didático de instrumentos musicais. No entanto, para proporcionar uma aprendizagem significativa dos conceitos físicos e da natureza da ciência de forma crítica, no sentido de Moreira, é necessário adotar uma estratégia de ensino na qual seja possível mesclar um referencial teórico educacional (TASC) com um epistemológico (Feyerabend) e

metodológico (UEPS). O que nenhum dos trabalhos citados procurou desenvolver.

III.3 O Ensino de Acústica por meio da história da ciência

Dentro do escopo da revisão não foram encontrados artigos com este indicador. Apesar disto, pode-se encontrar na literatura trabalhos dentro desta linha de pesquisa (GRILLO; PEREZ, 2016, p. 37). Logo, a presente pesquisa procurou desenvolver e aprofundar esta abordagem.

IV. Metodologia

A metodologia de pesquisa contempla as seguintes etapas: (i) revisão bibliográfica; (ii) planejamento e elaboração do material instrucional; (iii) implementação da UEPS; (iv) construção de uma página na rede mundial de computadores e; (v) análise dos dados. As etapas (i) e (v) são descritas em seções próprias ao longo do trabalho, as demais serão descritas a seguir.

IV.1 Planejamento e elaboração do material instrucional

De acordo com os princípios dos aportes teóricos, as aulas foram planejadas para serem baseadas em momentos de contextualização dinâmica entre a acústica e o instrumento musical (violão) e, concomitantemente, por ocasiões de compreensão e reflexão acerca do empreendimento científico. A metodologia de ensino foi uma sequência didática orientada por uma UEPS, sendo que a presença e/ou execução do instrumento musical (violão) é tido como organizador prévio e faz parte da organização sequencial, além de poder despertar uma predisposição em aprender.

Também como sugestão da TASC, procurou-se utilizar uma diversidade de estratégias instrucionais e a não centralidade do livro texto, assim, além das aulas expositivo-dialogadas (não dissertativas como sugere a TASC), planejou-se a elaboração de experimentos com materiais de baixo custo e fácil acesso, dinâmicas de grupo e de socialização (para permitir o princípio da interação social e de ensinar perguntas e vez de respostas). A avaliação também foi feita de acordo com os princípios da TASC, evitando ao máximo as simulações de aprendizagem significativa e mesmo, instrumentos avaliativos que identificassem apenas aprendizagem mecânica.

Uma vez tendo todo o planejamento vislumbrado, pôde-se construir a UEPS propriamente (cuja versão final está em apêndice). Para a implementação da sequência didática, no entanto, era necessário elaborar todo o material instrucional. Desta forma, inicialmente se formatou o organizador prévio utilizando o violão, posteriormente se produziu dois roteiros experimentais que utilizam o violão como ferramenta didática. Também foram construídas duas apresentações de *slides* para serem usadas em momentos específicos da UEPS tendo o

violão como organizador sequencial, por fim se preparou os questionários e a avaliação individual.

IV.2 Implementação da UEPS

A UEPS foi implementada na rede estadual de ensino, no município de Criciúma/SC no segundo ano do ensino médio do período matutino, tendo como público alvo 15 alunos do EMI (Ensino médio inovador), uma espécie de ensino integral. A implementação teve um total de cinco encontros de duas aulas de 40 minutos, além do último reservado à avaliação somativa individual.

No primeiro encontro foi apresentado o violão, procurando chamar a atenção e possibilitar um momento de diversão. Inicialmente falou-se sobre as partes do instrumento sem necessariamente explicar as suas funções e em seguida fez-se uma breve apresentação, contando com a participação de dois alunos que também sabiam tocar. Após isso, distribuíram-se alguns questionários que continham perguntas sobre o instrumento e também sobre ciência, ou seja, procurando um levantamento de conhecimentos prévios dos alunos.

Na segunda aula do primeiro encontro, discutiu-se em grande grupo as questões-problema do organizador prévio, *de e sobre* ciência sem necessariamente chegar às respostas, tendo o professor como direcionador do conflito de ideias. Nesse momento, pôde-se contar com a participação dos alunos mesmo que suas respostas às perguntas parecessem um pouco vagas e desconectadas com a ciência comumente aceita.

Já no segundo encontro foi realizado um breve relato sobre a invenção do telefone, procurando abordar questões epistemológicas sobre ciências, ou seja, procurando problematizar informações e abordagens bastante comuns nos livros didáticos. No início, com o relato da invenção, alguns alunos apresentavam um desinteresse com a aula, mas começaram a participar e expor suas opiniões quando se iniciaram alguns questionamentos (ensinando perguntas em vez de respostas), como por exemplo: Quem inventou o telefone, Alexander G. Bell? E Thomas J. Watson, o que ele fez? Alexander G. Bell era um cientista? O que o caracteriza como tal?

Em seguida foi realizada uma atividade experimental (telefone de linha), que tinha como objetivo despertar a curiosidade nos alunos para que se interessassem e assim, se pudessem despertar uma pré-disposição em aprender, o que é um dos pressupostos básicos para que ocorra a aprendizagem significativa. Nessa etapa, reuniram-se os alunos em grupos de três, disponibilizando-lhes o roteiro experimental que também continha algumas perguntas acerca da prática. Percebeu-se que o trabalho em equipe pôde ser construído, pois se percebeu uma constante interação entre os membros dos grupos, ou seja, atividade a qual está de acordo com uma das importâncias colocadas por Moreira, que é justamente a interação social.

No momento posterior, deu-se início a uma exposição dialogada dos aspectos mais gerais de acústica (para promover a diferenciação progressiva ao longo da UEPS), contando com a utilização de slides e de um violão, abordando questões como: O que são ondas? Em

que meios as ondas se propagam e como é essa propagação? Contextualizando as explicações com fenômenos conhecidos e, principalmente, com o violão, como por exemplo, ao classificar as ondas quanto a sua natureza, direção de propagação e direção de oscilação faz-se bastante referência às ondas que se propagam nas cordas do instrumento, fazendo a organização sequencial e progressivamente diferenciando, além de promover a reconciliação integrativa ao sempre voltar aos conceitos mais gerais à medida que se diferencia.

O terceiro encontro foi iniciado a partir do resumo do encontro anterior, de forma que os próprios alunos ajudaram, lembrando e explicando com suas palavras. Após isso, foi realizada a aula expositiva dialogada diferenciando ainda mais o conteúdo. Nesse momento, trabalhou-se com as características das ondas: frequência, período, comprimento de onda e amplitude. Nesse momento houve margem para discutir acerca das ondas em cordas, momento no qual o violão foi de muita importância, pois foi possível fazer uma contextualização dinâmica, explicando de forma simples o modelo matemático de Taylor, que descreve a velocidade de propagação da onda em função da tensão e da densidade linear da corda.

O quarto encontro, foi iniciado com resumo do anterior, de forma que, novamente, os próprios alunos explicavam com suas palavras os conceitos trabalhados previamente. Em seguida foi feita uma exposição oral sobre a natureza da luz (teoria ondulatória x teoria corpuscular), desde os gregos até a segunda metade do século XVII, falando-se sobre a sua não neutralidade, discutindo sua vinculação com pretensões pessoais, sociais, políticas e histórica. Esse primeiro momento foi finalizado com uma aula expositiva dialogada sobre interferência e difração, utilizando um violão e, como complemento, o programa *Sound* do *Phet*.

Num segundo momento foi realizada uma atividade experimental “Gerador de ondas estacionárias em cordas” (Fig. 1), contando com o gerador de sinais *SweepGen*, um roteiro experimental e algumas questões. Esse segundo momento foi finalizado com uma aula expositiva dialogada sobre ondas estacionárias, explicando o que são e quais as condições para que ocorra, fazendo-se conexões com a formação de ondas estacionárias no violão e ao mesmo tempo trabalhando-se com o modelo matemático que descreve a frequência em função das variáveis: comprimento da corda, tensão e densidade da corda.



Fig. 1 – Gerador de ondas estacionárias. Fonte: os autores.

Já o quinto encontro, foi reservado à discussão das qualidades fisiológicas do som e de um breve relato sobre Pitágoras e a harmonia musical do universo. Neste encontro, o violão e o software *Fourier* foram muito relevantes ao dinamizarem a discussão, e ainda, possibilitar uma explicação razoável, não só da “Lei dos pequenos números”, mas também da altura, timbre, intensidade e ressonância do som.

Para finalizar, no último encontro foi realizada uma nova aula expositiva dialogada baseada em algumas perguntas e situações consideradas relevantes durante a implementação da UEPS, de forma a fazer a consolidação dos conceitos discutidos. Uma das questões considerada bastante relevante foi “Como a ciência se relaciona com a sociedade?”, pois possibilitou uma discussão mais profunda sobre a neutralidade na ciência e sobre as influências das instituições sociais no fazer científico, as quais são norteadas por interesses políticos e econômicos e, portanto, a ciência é um produto humano, e por isso sofre influência do meio histórico, social, econômico e político.

IV.3 Construção de uma página na rede mundial de computadores

O objetivo da pesquisa não foi o de restringir o alcance da sequência didática ao contexto apresentado neste trabalho. Um dos objetivos é o de distribuir o material para que demais professores possam também utilizá-lo em sala de aula, fazendo as modificações que acharem necessárias. Desta forma, construiu-se uma página educativa² (Figura 2) na rede mundial de computadores disponibilizando todo o material desenvolvido durante o planejamento e implementação do trabalho. Na página se encontra o texto da UEPS, os roteiros experimentais, o organizador prévio, questionário pré e pós-implementação, apresentações em slides e avaliação somativa individual.



Fig. 2 – Página educativa. Fonte: os autores.

² Disponível em: <<https://diogoexempli.wixsite.com/ensino>>.

V. Análise dos dados e achados

A análise da pesquisa foi feita qualitativamente, utilizando-se como instrumento de dados: questionários, roteiros experimentais, diário de bordo e avaliação individual dos alunos. O exame qualitativo dos dados foi uma análise interpretativa livre.

O *fenômeno de interesse* refere-se a se UEPS é capaz de proporcionar uma aprendizagem significativa e crítica, não só de ciência, mas também sobre ciência. O *principal impacto* a ser investigado é acerca da eficácia da utilização do instrumento musical nas aulas de acústica.

As *variáveis de investigação* a partir da ordenação conceitual são: (i) houve vestígios de evolução conceitual em conceitos de acústica?; (ii) houve desconstrução de ideias não alinhadas à moderna filosofia da ciência acerca do empreendimento científico? e; (iii) a ferramenta didática (violão) contribuiu para a construção de uma aprendizagem significativa crítica?

V.1 Análise questionário e roteiro experimental

No primeiro encontro utilizou-se de questionário para o levantamento dos conhecimentos prévios, assim como roteiro experimental, de forma que a análise de ambos é descrita a seguir, respectivamente. Quanto a uma das perguntas “O instrumento possibilita a emissão de diferentes sons? Explique como isso é possível”, grande parte da turma buscou respostas, mesmo que superficialmente, associadas às características do violão, respostas como “Sim, pois as diferentes tensões nas cordas fazem o som ficar diferentes”, “Sim, por causa dos diferentes posicionamentos das cordas do violão, onde uma possui um som mais forte, agudo e até mesmo fino”, “Sim, devido à diferença do diâmetro das cordas”. Ou seja, apesar de serem respostas não tão elaboradas, há indícios de conhecimentos prévios que podem ser usados como ancoradores para a aprendizagem de novos conhecimentos.

A respeito do seguinte questionamento “Você sabe o que é o som”, em geral, foi atribuído como sendo algo emitido por uma fonte específica, sem nenhuma menção ao processo de produção. Isto é, apesar destes alunos identificarem fontes sonoras, há a necessidade de compreensão do processo de produção e das variáveis que o compõe.

Já no questionamento sobre a confiabilidade na ciência “Será que algo é provado em ciência? O que já foi provado na ciência?” a maioria dos estudantes disse que sim, mas não souberam identificar exemplos de coisas que já foram provadas na ciência, algo um pouco contraditório e desvinculado com a atual filosofia da ciência. Isto pode indicar que existe uma necessidade de discutir tais questões de maneira explícita em sala de aula, tal qual foi proposto na UEPS.

Quanto à análise das questões contidas no roteiro experimental do gerador de ondas estacionárias, percebeu-se pouco conhecimento por parte dos alunos ao responderam as seguintes questões: “Como isso é possível?”, “O que acontece quando se altera a frequência do sinal?”, “Qual o papel do alto-falante?”, “O que acontece quando se tencionam a corda com

diferentes trações mantendo-se uma mesma frequência?”. Apesar das respostas a essas perguntas serem bastante diretas e bem superficiais, pôde-se verificar um aumento da curiosidade dos alunos já que o fenômeno experimental aparentava ser algo totalmente novo para os estudantes, instigando-os à elaboração de perguntas constantes sobre o fenômeno físico apresentado.

V.2 Análise do diário de bordo

Ao passo que a implementação da UEPS era efetivada, algumas situações e falas consideradas relevantes foram analisadas. Quanto a aspectos filosóficos da ciência, os estudantes apresentavam dificuldades quanto à caracterização e ao reconhecimento de um pluralismo metodológico. Entretanto, no decorrer da execução, novas questões e situações foram colocadas, como por exemplo, ao se discutir o confronto entre teoria corpuscular e teoria ondulatória, questões relacionadas à neutralidade e veracidade na ciência puderam ser discutidas pelos estudantes. Tais como: “Professor, quer dizer que Newton influenciava outros cientistas a aceitar a teoria corpuscular?”. Assim como perguntas sobre a veracidade na ciência: “Então não há teoria errada?” e “Tanto tempo de disputa pra dizer que as duas teorias são aceitáveis!”.

Além de situações que evidenciaram uma maior discussão e compreensão sobre ciência, é importante destacar as situações e as falas dos alunos que dão indícios de evolução conceitual e de pré-disposição em aprender. Um exemplo foi quando um dos alunos fez a seguinte relação “meu celular vibra, a corda do violão também né?! Pra cima e pra baixo muito rapidamente”, ou quando os alunos procuravam expor seus conhecimentos relacionando o conteúdo com situações do cotidiano, como a seguinte fala de outro aluno: “Professor, a antena da TV vibra se puxarmos na ponta, e também sai um zumbido dela né?!” que, talvez tenha associado a vibração da antena com a produção de ondas sonoras.

No momento do experimento do “gerador de ondas estacionárias” percebeu-se uma grande curiosidade por parte dos alunos, pois por meio de perguntas eles queriam entender o que estava por trás daquele fenômeno, perguntas e falas como: “Nossa, como isso é possível?”, “Eu acho que tem a ver com interferência... como no violão... tem corda!”, “Tá relacionado com a frequência... com o aumento de frequência”, ou seja, evidências de construção de um conhecimento com significado.

Outro ponto de destaque, que também pode ser considerado evidência de avanço conceitual, é o fato de que na maioria dos encontros os próprios alunos, quando questionados, eram capazes de explicar os conteúdos já discutidos nas aulas anteriores.

V.3 Análise da avaliação somativa individual

Moreira (2010) enfatiza que o processo de avaliação da aprendizagem deve ser feito progressivamente ao longo da implementação, mas que há a necessidade de uma avaliação somativa individual. A avaliação foi composta por questões conceituais e consistiu em identi-

ficar a evolução conceitual dos conteúdos trabalhados, assim como o diário de bordo, sendo elaborada em forma de problemas contextualizados, podendo o aluno integralizar os conhecimentos às novas situações problemas. A primeira questão pedia aos estudantes em explicarem o motivo das casas no braço do violão e, por que elas ficam cada vez menores, Ou seja, uma questão que exigia o conhecimento básico da relação entre comprimento da corda e da frequência. Apesar das respostas não tão claras, percebeu-se um mínimo de avanço conceitual, visto que nas respostas havia referências a conceitos já trabalhados. Respostas como: “Sevem para ocorrer à propagação das ondas no violão, aumentando ou diminuindo a sua frequência”, “Sevem para alterar o som da corda com a tensão que se aplica na corda”, “É para diminuir o tamanho da corda ao pressionar, pois quanto maior a corda mais grave será o som”.

A segunda questão pedia para que os alunos explicassem o motivo de não ouvirmos os sons provenientes do espaço celeste, exigindo um nível de compreensão básico a respeito das classificações das ondas, de forma que objetivo o foi alcançado, pois grande parte da turma buscou referenciar as respostas a partir dos conteúdos trabalhados. Respostas como, “Porque os sons são caracterizados como ondas mecânicas, ou seja, não se propagam no vazio”, “Porque no espaço não se propaga ondas mecânica”, “São ondas mecânicas e precisam de um meio material para se propagar”, “Não podemos ouvi-los porque precisam de um meio material para se propagar até nós”.

A identificação e explicação do fenômeno físico que possibilita a afinação de uma das cordas do violão a partir da vibração de outra, foi a pergunta seguinte da avaliação. Respostas como: “É ressonância entre as cordas, elas vibram igualmente”, “Tem haver com o fenômeno da ressonância, frequência iguais ou naturais”, “Elas tem que ter a mesma frequência de ressonância”, foram apresentadas pelos alunos.

Essas respostas, apesar de não serem tão esclarecedoras, podem indicar uma construção de forma significativa dos conceitos discutidos nas aulas ministradas. O que reforça este possível entendimento é que durante os encontros os conhecimentos prévios dos alunos eram diferentes dos expostos na avaliação, e, portanto, pode-se considerar que há indícios de evolução conceitual.

V.4 Análise questionário pós-implementação

O questionário foi aplicado com intuito de estudar o significado atribuído pelos alunos às atividades, assim como a eficácia da ferramenta didática utilizada (violão). Quanto à questão “Você acha que as atividades fizeram com que se aprendesse/entendesse melhor algum assunto? Em caso afirmativo, explique.”, pode-se perceber o mínimo de significado atribuído às atividades, ou seja, de certo modo o material/atividades proporcionou algum significado aos estudantes. Respostas como, “Sim, pois aprendi como são emitidas as ondas sonoras”, “Sim, eu não sabia muito sobre ondas, achava que só tinha um tipo”, “Sim, na aula de ondas estacionárias foi bem massa o aparelho usado pelo professor”, e etc.

Já a utilização do violão como ferramenta didática e com potencial para despertar a curiosidade nos alunos e, conseqüentemente da pré-disposição em aprender, percebeu-se traços de sua eficácia a partir de duas questões colocadas: “Você acha que a utilização do violão ou experimentos ajudou no entendimento dos assuntos trabalhados? Por quê?”, “O que você mais gostou das aulas ministradas? Por quê?”. As respostas dos alunos foram do tipo: “Sim, foi mais fácil para mim que tenho um pouco de dificuldade”, “Sim, pois é uma coisa que utilizamos todos os dias e que não sabia que era assim que funcionava”, “Aula com violão, pois normalmente só ficamos nas aulas chatas” e “quando trouxe o violão porque a maioria das pessoas não tem isso em casa e deixa a aula mais diversificada”.

Respostas como essas, além de indicar um significado atribuído ao material/violão, e conseqüentemente uma possível eficácia do mesmo, também podem evidenciar uma característica que não se restringe apenas na escola em questão. Isto porque, muitos alunos anseiam por aulas mais diversificadas e atrativas, fugindo do tradicionalismo, o qual muitas vezes é resultado da desmotivação de professores devido a diversos fatores relacionados à profissão docente, como baixos salários, indisciplina dos alunos, controle burocrático do Estado e muitos outros fatores (SOUZA, 2011), sendo o violão, nesse trabalho, o suporte diversificador e atrativo em potencial, que de acordo com as respostas dos alunos dá significado às aulas.

V.5 Achados

As atividades, aulas e discussões de episódios históricos, descritas anteriormente, foram planejadas com intuito de estabelecer um ambiente propício à aprendizagem significativa crítica de novos conhecimentos, e ao mesmo tempo trazer para sala de aula questões como a incerteza, a relatividade, a não-causalidade, a probabilidade e a não-dicotomização das diferenças. Com isso, pode-se perceber a partir das análises que o objetivo pode ter sido alcançado, visto que o *fenômeno de interesse* referente à UEPS proporcionar uma aprendizagem mais significativa e crítica, não só de ciência, mas também sobre ciência, foi percebido tanto no diário de bordo quanto na avaliação somativa e no questionário pós-implementação.

Quanto à primeira e à segunda *variável de investigação*: “Houve vestígios de evolução conceitual em conceitos de acústica?” e “Houve desconstrução de ideias desalinhadas a moderna filosofia da ciência acerca do empreendimento científico?”, pôde-se perceber que a partir das análises houve tanto vestígios de evolução conceitual quanto de uma maior compreensão do empreendimento científico filosófico. Tais dados são oriundos tanto do diário de bordo, da avaliação somativa individual, bem como dos questionários. Logo, os achados interpretados a partir dos dados, em alguns aspectos, parecem apontar indícios de uma evolução conceitual do conteúdo e uma problematização de ideias desalinhadas à moderna filosofia da ciência acerca do empreendimento científico.

Na análise da *segunda variável de investigação*, indica que o ensino de acústica utilizando-se da história da ciência sob a perspectiva da epistemologia de Feyerabend, a partir dos dados analisados parece ter indícios que possibilitou problematizar questões como verdade

absoluta, entidade isolada e causalidade simples. Desta forma, podendo contribuir para um ambiente que se afasta dos conceitos fora do foco fortemente criticado na Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica: (i) "verdade" absoluta, fixa, imutável, em particular desde uma perspectiva polarizadora do tipo boa ou má; (ii) O conceito de certeza; (iii) de entidade isolada, ou seja, "A" é simplesmente "A", e ponto final, de uma vez por todas; (iv) O conceito de estados e "coisas" fixos; (v) de causalidade simples, única, mecânica; (vi) O conceito de que diferenças existem somente em formas paralelas e opostas: bom-ruim, certo-errado, sim-não, etc. e; (vii) o de que o conhecimento é "transmitido", que emana de uma autoridade superior, e deve ser aceito sem questionamento.

Já a *terceira variável de investigação*: “A ferramenta didática (violão) proporcionou uma aprendizagem mais significativa?” existem fortes indícios de uma resposta positiva. Isto porque, além do instrumento funcionar como ferramenta didática facilitadora, tanto para ensinar quanto para aprender, também funcionou com potencial de despertar a curiosidade dos alunos para o aprendizado (pré-disposição em aprender). Logo, uma possível conclusão é que se apoiando no fato de que houve evidências do *fenômeno de interesse* e de que as três *variáveis de investigação* apresentam resultados positivos, que houve uma eficácia da utilização do instrumento musical violão nas aulas de acústica (*principal impacto a ser investigado*), convergindo, portanto, com a hipótese inicial da pesquisa.

VI. Considerações finais

A acústica é um dos ramos da Física que é caracterizada pelo estudo do som, sua emissão, propagação e recepção, podendo explicar os fenômenos sonoros que estão sempre presentes no cotidiano do estudante, mas que muitas vezes são apresentados de forma descontextualizada com a do estudante em que se privilegia essencialmente o trânsito de conhecimentos (KRUMMENAUER *et al.*, 2009). Isto influencia a própria concepção do estudante acerca da ciência. Diante disso, uma abordagem contextualizada entre Acústica e instrumentos musicais com a exploração dos conhecimentos prévios dos alunos, tendo como referência a TASC, a epistemologia de Feyerabend e a metodologia da UEPS, foi sugerida, desenvolvida e avaliada como uma estratégia para as aulas de Acústica.

Com isso, a pesquisa teve como objetivo geral analisar a eficácia da aplicabilidade do tema instrumentos musicais no ensino de acústica em um enfoque histórico-epistemológico. Os dados coletados foram analisados qualitativamente, de forma que os achados foram obtidos a partir da interpretação do pesquisador a respeito dos dados. A análise parece indicar indícios de uma aproximação positiva dos objetivos da investigação. A pesquisa teve sua metodologia dividida nas etapas, sendo que a etapa de implementação foi uma das mais importantes, pois ao passo que as aulas eram ministradas, também, foi possível coletar dados com a utilização de diários de bordo, juntamente com as atividades dos roteiros experimentais, avaliações e questionários. Todos estes dados foram utilizados na etapa de análise

como base para a busca de respostas para a pergunta de pesquisa, bem como possibilitaram mudanças de aspectos da própria sequência didática.

Apesar dos resultados alcançados serem considerados positivos ainda há muito a avançar. Um ponto considerado limitador, diz respeito à grande quantidade de dias entre os encontros, já que era um semanalmente, e o pouco tempo de cada encontro, pois durante a etapa de execução percebeu-se a necessidade de sempre fazer uma releitura dos conteúdos da aula mais recente, não só porque é recomendado, mas também porque havia uma preocupação de que os estudantes poderiam não entender o que estava sendo discutido. Com isso, percebeu-se que o trabalho poderia ter alcançado maiores resultados caso houvesse a promoção de uma carga horária maior em cada encontro e/ou um aumento do número de encontros semanais.

A princípio, o trabalho tinha a intenção de se trabalhar com instrumentos de cordas e de sopro, mas resolveu-se restringir e delimitar o projeto, considerando-se apenas instrumentos de corda (violão). Portanto, fica em aberto a oportunidade de futuros trabalhos se aterem a modalidade de instrumentos de sopro no ensino, levando em consideração, como o trabalho presente, a importância de fundamentações teóricas de aprendizagem, metodológica e epistemológica, possibilitando a promoção de um ensino não só de ciência, mas também sobre ciência.

Referências bibliográficas

- CHALMERS, A. F.; FIKER, R. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.
- CONCEIÇÃO, M. O. T.; GRILLO, M. L. N.; BAPTISTA, L. R. P. L.; CONCEIÇÃO, V. R.; GSCHWEND, J. F. Uma proposta de utilização da acústica musical no ensino de física. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, XVIII, 2009, Vitória, ES. **Atas...** São Paulo, SBF, 2009.
- 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, p. 207-222, 2015.
- DAMASIO, F.; PEDUZZI, L. O. Q. A coerência e complementaridade entre a teoria da aprendizagem significativa crítica e a epistemologia de Paul Feyerabend. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 20, n. 3, p. 61-83, 2015.
- GRILLO, M. L.; PEREZ, L. R. (Org.) **Física e Música**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.
- KRUMMENAUER, W. L.; PASQUALETTO, T. I.; COSTA, S. S. C. O uso de instrumentos musicais como ferramenta motivadora para o ensino de acústica no ensino médio. **Física na Escola**, v. 10, n. 2, 2009.

LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. M.; NARDI, R. Pluralismo metodológico no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 247-260, 2003.

LAGO, B. L. A guitarra como um instrumento para o ensino de física ondulatória. **Revista Brasileira de Ensino de Física [online]**, v. 37, n. 1, 2015.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa**. Brasília: Editora UnB, 1999.

MOREIRA, M. A. A pesquisa em Educação em Ciências e a Formação Permanente do Professor de Ciências. **Revista Chilena de Educación Científica**, v. 3, p. 10-17, 2004.

MOREIRA, M. A. Comportamentalismo, construtivismo e humanismo. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências**. Porto Alegre: IF-UFRGS, 2009.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa crítica. 2010. **Instituto de Física da UFRGS**, 2010.

MOREIRA, M. A. Unidades de enseña potencialmente signifivos – UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.

MOREIRA, M. A. Al final, qué es aprendizaje significativo? **Revista Currículum**, v. 25, p. 29-56, 2012.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T. Epistemologias do século XX. **São Paulo: EPU**, 2011.

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, 2011.

PUJALTE, A. P.; BONAN, L.; PORRO, S.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Las imágenes inadecuadas de ciencia y de científico como foco de la naturaleza de la ciencia: estado del arte y cuestiones pendientes. **Ciência & Educação**, v. 20, n. 3, p. 535-548, 2014.

SANTOS, E. M.; MOLINA, C.; TUFAILE, A. P. B. Violão e guitarra como ferramentas para o ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, p. 2507, 2013.

SOUZA, S. O. O professor de sala de aula: as mazelas de uma profissão. **Revista Científica Eletrônica de Ciências Sociais da EDUVALE**, ano IV, n. 6, 2011. ISSN 1806-6283.

VIEIRA, L. P.; AMARAL, D. F.; LARA, V. O. M. Ondas sonoras estacionárias em um tubo: análise de problemas e sugestões. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, p. 1504, 2014.

Apêndice I

Proposta de UEPS para o ensino de acústica com instrumentos musicais como ferramenta de ensino e para a desconstrução de ideias ingênuas de ciência

Objetivo

Propor uma Unidade de ensino Potencialmente Significativa para o ensino de acústica de forma contextualizada (com instrumento musical) e em um enfoque histórico epistemológico.

Situação inicial

Nesse momento a ideia consiste em externalizar os conhecimentos prévios dos alunos. Sendo assim optou-se pela a apresentação e/ou manuseio de um instrumento de corda (violão). Após a apresentação do instrumento, cada aluno deverá responder um questionário com as seguintes perguntas: O instrumento possibilita a emissão de diferentes sons? Você sabe o que é o som? Qual a necessidade de se posicionar os dedos em diferentes regiões do braço do violão? Você vê alguma ciência no violão? Será que algo é provado em ciência? O quê já foi provado na ciência? Há apenas um método de se fazer ciência?

Situações-problema iniciais

Nessa etapa sugere-se a discussão com os alunos de algumas questões que também podem possibilitar uma discussão epistemológica: Por que o som de um violão é diferente do som de um violino? O violão tem uma abertura no seu corpo. Para que serve isso? Por que o som de cada corda é diferente? O que é ciência? Será que o violão sempre teve a mesma aparência e características tal como é hoje? Como a ciência se desenvolve? O que caracteriza uma investigação científica? Como você imagina um cientista? Como a ciência se relaciona com a sociedade? A ciência é absolutamente verdadeira?

Revisão

Inicialmente sugere-se ser realizado um breve relato sobre a invenção do telefone, procurando abordar questões epistemológicas. Em seguida realizar uma atividade experimental (telefone de linha) e posteriormente trabalhar com os alunos, com a utilização de slides, questões como: O que são ondas? Em que meios as ondas se propagam e como é essa propagação?

Nova situação-problema

Agora, na tentativa de aprofundar os conhecimentos, sugere-se discutir com os alunos questões como: Características das ondas e o som; Interferência de ondas; Difração de

ondas; Ondas estacionárias; harmônicos produzidos por uma corda vibrante; Timbre e ressonância. Nessa etapa, ao se trabalhar o conceito de interferência e difração, sugere-se realizar contextualizações sobre a disputa ondulatória e corpuscular da luz, procurando, assim, se trabalhar questões epistemológicas. Essas abordagens podem ser realizadas com slides, violão, aplicativos de simulação, e um experimento (gerador de ondas estacionárias em cordas) que será realizado antes da discussão de ondas estacionárias.

Aula expositivo-dialogada integradora final

Retomar os conteúdos já trabalhados numa perspectiva integradora, processual, na qual se sugere iniciar com uma abordagem epistemológica relacional entre o desenvolvimento histórico da ciência e do instrumento musical (violão). Posteriormente retornar aos problemas já apresentados nas aulas anteriores e discutir de forma integradora. Após os passos anteriores realizar uma atividade integradora grupal com toda a turma: Construção de um instrumento musical (violão) de baixo custo.

Avaliação da aprendizagem na UEPS

Poderá ser baseada nas atividades, nas observações feitas, e na avaliação somativa individual que será elaborada em função do diário de bordo.

Avaliação da própria UEPS

Será feita em função dos resultados de aprendizagem obtidos, ou seja, se o aluno obteve a pré-disposição em aprender e se o material, assim como a ferramenta didática (violão), foi potencialmente significativa.

Duração: 12 horas-aula.



Direito autoral e licença de uso: Este artigo está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).