

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E
ENSINO DE FÍSICA

Emanoela Decian

**O ESTUDO DA ACÚSTICA A PARTIR DE UNIDADES DE ENSINO
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS: CONTRIBUIÇÕES PARA
UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

Santa Maria, RS
2020

Emanoela Decian

**O ESTUDO DA ACÚSTICA A PARTIR DE UNIDADES DE ENSINO
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS: CONTRIBUIÇÕES PARA UMA
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Ensino de Física, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Ensino de Física**.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Isabel Krey Garcia

Santa Maria, RS
2020

Decian, Emanoela
O ESTUDO DA ACÚSTICA A PARTIR DE UNIDADES DE ENSINO
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS: CONTRIBUIÇÕES PARA UMA
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA / Emanoela Decian.- 2020.
208 p.; 30 cm

Orientadora: Isabel Krey Garcia
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de
Pós-Graduação em Educação Matemática e Ensino de Física, RS,
2020

1. Acústica 2. Ensino de Física 3. Aprendizagem
Significativa 4. Aprendizagem Significativa Crítica 5.
Unidades de Ensino Potencialmente Significativa I. Krey
Garcia, Isabel II. Título.

Emanoela Decian

**O ESTUDO DA ACÚSTICA A PARTIR DE UNIDADES DE ENSINO
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS: CONTRIBUIÇÕES PARA UMA
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Ensino de Física, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Ensino de Física**.

Aprovado em 04 de dezembro de 2020.

Isabel Krey Garcia

Isabel Krey Garcia, Dra (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Maria Cecília P. Santarosa

Maria Cecília Pereira Santarosa, Dra (UFSM)

Lisiane Barcellos Calheiro

Lisiane Barcellos Calheiro, Dra (UFMS)

Santa Maria, RS
2020

AGRADECIMENTOS

A conclusão dessa etapa significa a realização de um sonho, não só meu, mas também de todos aqueles que dividiram ele comigo. Por isso, agradeço a todos que contribuíram para que ele se concretizasse:

Em primeiro lugar a Deus, por me iluminar e amparar durante esta caminhada.

Aos meus pais, Noé e Marlise, por toda dedicação, incentivo, apoio e segurança que me passaram e por sempre acreditarem na minha capacidade. Vocês são meu “porto seguro”!

Às minhas irmãs Micheli e Marluce, pela amizade e carinho que sempre me proporcionaram e aos meus sobrinhos/afilhados, Isadora, Henrique e Martina, pela alegria e disposição que possuem, que é contagiante.

Ao meu noivo Edson, pelo amor, companheirismo e paciência. Por compartilhar comigo essa conquista.

À minha orientadora, Profa. Dra. Isabel Krey Garcia, pela disponibilidade em orientar esse trabalho, por compartilhar comigo muito do seu conhecimento e por confiar em mim.

Aos professores membros da banca do exame de qualificação e defesa, Lisiane Barcellos Calheiro, Maria Cecília Pereira Santarosa e Cesar Lobo, por terem aceitado o convite e pelas valiosas contribuições que forneceram ao trabalho.

À escola Augusto Ruschi, a professora regente e aos alunos da turma 201/2019 pela compreensão e disponibilidade para desenvolver as atividades em sala de aula.

Aos professores do PPGEMEF e aos colegas de turma, pelos momentos únicos de aprendizado e troca de ideias.

À Débora, secretária do PPG, pela ajuda e atenção de sempre.

Aos amigos que a UFSM me deu, desde a época da graduação e que até hoje permanecem. Obrigada pelo apoio e cumplicidade.

Aos colegas do GPEACIM, por compartilharem comigo momentos de estudo e de pesquisa e também momentos de diversão.

À CAPES pelo apoio financeiro.

RESUMO

O ESTUDO DA ACÚSTICA A PARTIR DE UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS: CONTRIBUIÇÕES PARA UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

AUTORA: Emanoela Decian
ORIENTADORA: Isabel Krey Garcia

Esta investigação apresenta os resultados obtidos a partir da elaboração e implementação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) sobre os conceitos de Acústica. A presente pesquisa está fundamentada nos referenciais teóricos da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Marco Antônio Moreira e procurou responder a seguinte questão de pesquisa: De que forma a implementação de UEPS favorece a aprendizagem significativa de conceitos de Acústica de estudantes do segundo ano do Ensino Médio de uma escola pública da cidade de Santa Maria/RS? Para tanto, utilizamos como instrumentos de coleta de dados questionários para identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes do segundo ano do Ensino Médio sobre os conceitos associados ao som, questionários em nível introdutório a respeito dos mesmos conceitos, construção de aparatos musicais, mapas mentais e conceituais, assim como a avaliação somativa individual realizada ao final das atividades da UEPS, as quais foram implementadas nos meses de outubro e novembro de 2019. A análise dos instrumentos se deu numa abordagem qualitativa e evidenciou que os estudantes apresentaram avanços conceituais significativos sobre o conteúdo de ondas sonoras no decorrer das atividades. Sendo assim, é possível afirmar que a utilização de UEPS facilitou a aprendizagem significativa dos estudantes, pois permitiu que aperfeiçoassem/modificassem suas concepções iniciais, além de se mostrar como uma importante estratégia didática que pode servir de incentivo para sua mais frequente utilização.

Palavras-chave: Acústica. Ensino de Física. Aprendizagem Significativa. Aprendizagem Significativa Crítica. Unidades de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS.

ABSTRACT

ACOUSTICS' STUDY AS OF POTENTIALLY MEANINGFUL TEACHING UNITS: CONTRIBUTIONS FOR A MEANINGFUL LEARNING

AUTHOR: Emanoela Decian
ADVISER: Isabel Krey Garcia

This investigation presents the results obtained from the elaborating and implementing of a Potentially Meaningful Teaching Unit (PMTU) on the concepts of Acoustics. The following research is based on David Ausubel's Meaningful Learning Theory and Marco Antônio Moreira's Critic Meaningful Learning Theory theoretical references, and attempted to answer to the following question: in what way does the implementing of PMTU favors the meaningful learning of Acoustics' concepts by sophomore students from a public High School in Santa Maria/RS? In order to do so, we used, as instruments of data collection, surveys for the identification of students' previous knowledges by sophomore students from a public High School about the concepts related to sound, introductory-level surveys about the same concepts, building of musical devices, mind and conceptual maps, as well as the individual summative evaluation done in the end of the PMTU's activities, which were implemented in October and November, 2019. The analysis of the instruments was done in a qualitative approach and demonstrated that students presented significative conceptual evolution about sound waves' content during the activities. Therefore, it is possible to confirm that the utilization of PMTU eased students' meaningful learning, as it allowed them to improve/change their initial understandings, besides showing itself as an important pedagogic strategy, which can be an incentive for its more frequent use.

Key words: Acoustics. Physics teaching. Meaningful Learning. Critic Meaningful Learning. Potentially Meaningful Teaching Units – PMTU.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1 A ANÁLISE NOS PAC.....	12
2.2 A ANÁLISE NOS EVENTOS.....	17
2.3 A ANÁLISE NA BDBTD.....	23
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	24
3.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL.....	24
3.2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA DE MARCO ANTÔNIO MOREIRA.....	26
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	29
4.1 AS UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS.....	30
4.2 O CONTEXTO DA PESQUISA.....	33
4.3 A DESCRIÇÃO DAS UEPS.....	34
4.3.1 UEPS implementadas sobre os conceitos de acústica.....	35
5 RESULTADOS.....	63
5.1 ANÁLISE DOS INSTRUMENTOS DO GRUPO 1	64
5.1.1 Quanto às características das ondas sonoras	65
5.1.2 Quanto às qualidades fisiológicas do som	84
5.1.3 Quanto às propriedades de propagação do som	98
5.2 ANÁLISE DOS INSTRUMENTOS DO GRUPO 2	129
5.2.1 Análise da construção e do questionário dos aparatos musicais (T1).....	130
5.2.2 Análise dos Mapas Mentais (M1)	144
5.2.3 Análise dos Mapas Conceituais (M2).....	146
5.3 ENRIQUECIMENTO DA ESTRUTURA COGNITIVA DOS ESTUDANTES	152
5.3.1 Quanto às características das ondas sonoras	156
5.3.2 Quanto às qualidades fisiológicas do som	157
5.3.3 Quanto às propriedades de propagação do som	158
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	160
REFERÊNCIAS	164
APÊNDICE A: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	172
APÊNDICE B: CARTA DE APRESENTAÇÃO PARA CONCESSÃO DA PESQUISA.....	174
APÊNDICE C: QUADRO DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA NOS PAC.....	175
APÊNDICE D: QUADRO DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA NOS EVENTOS.....	179
APÊNDICE E: QUADRO DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA NA BDBTD.....	188
ANEXO A: MAPA CONCEITUAL ALUNO 2	189
ANEXO B: MAPA CONCEITUAL ALUNO 3	190
ANEXO C: MAPA CONCEITUAL ALUNO 4	191
ANEXO D: MAPA CONCEITUAL ALUNO 5	192
ANEXO E: MAPA CONCEITUAL ALUNO 6	193
ANEXO F: MAPA CONCEITUAL ALUNO 7.....	194
ANEXO G: MAPA CONCEITUAL ALUNO 8.....	195
ANEXO H: MAPA CONCEITUAL ALUNO 9.....	196
ANEXO I: MAPA CONCEITUAL ALUNO 10	197
ANEXO J: MAPA CONCEITUAL ALUNO 11	198
ANEXO K: MAPA CONCEITUAL ALUNO 12.....	199
ANEXO L: MAPA CONCEITUAL ALUNO 14	200
ANEXO M: MAPA CONCEITUAL ALUNO 15	201

ANEXO N: MAPA CONCEITUAL ALUNO 16.....	202
ANEXO O: MAPA CONCEITUAL ALUNO 17	203
ANEXO P: MAPA CONCEITUAL ALUNO 18	204
ANEXO Q: MAPA CONCEITUAL ALUNO 19	205
ANEXO R: MAPA CONCEITUAL ALUNO 20.....	206
ANEXO S: MAPA CONCEITUAL ALUNO 21	207

1 INTRODUÇÃO

Muitas discussões que vêm ocorrendo no âmbito educacional apontam para a necessidade de mudanças no ensino, principalmente no que tange a desmotivação, ao desinteresse e aos elevados índices de evasão e repetência dos educandos. Se tratando especificamente do Ensino de Física, é comum ouvir que alunos não gostam ou tem grandes dificuldades e que não veem sentido no estudo desta disciplina, optando pela memorização dos conteúdos, visando apenas a obtenção da nota mínima para serem aprovados.

De acordo com Pereira, et al. (2017) essa postura de desinteresse pelo estudo da Física tem origem no método tradicional de ensino/aprendizagem, em que o professor preocupa-se demasiadamente com a resolução de problemas de maneira mecânica, sem conseguir relacioná-los com o mundo que o cerca. Esse ensino descontextualizado está associado ao fato de os alunos não atribuírem sentido aos conteúdos abordados na disciplina de Física, pois conforme Sacristán (2000, p. 30) “quando os interesses dos alunos não encontram algum reflexo na cultura escolar, mostram-se refratários a esta sob múltiplas reações possíveis: recusa, confronto, desmotivação, fuga, etc.”.

Como uma possível forma para tentar amenizar ou resolver tais problemas e favorecer a aprendizagem significativa dos estudantes, surge como uma provável solução a utilização de novas metodologias por parte do professor. E embora muito venha sendo pesquisado ao longo dos últimos anos sobre o ensino de Ciências, percebe-se que o Ensino de Física, em especial, ainda é bastante limitado ao uso do livro didático e listas de exercícios e que muitos professores baseiam suas práticas na simples transmissão e reprodução dos conteúdos, sendo estes abordados “[...] totalmente fragmentados e desarticulados da realidade” (CALHEIRO, 2014, p. 18).

Diante desse cenário, políticas públicas educacionais sugerem que as estratégias utilizadas no ensino/aprendizagem, na área das Ciências da Natureza, sejam alteradas, proporcionando ao educando a capacidade de resolver problemas e buscar as informações necessárias, de acordo com os contextos que irão utilizá-las (BRASIL, 2006).

Sendo assim, mostra-se necessária uma mudança tanto nos conteúdos, como nas metodologias e também nas formas de avaliação utilizadas, que tenham como finalidade a aprendizagem significativa de conceitos, permitindo aos estudantes compreenderem melhor o mundo e fornecendo meios para que sejam capazes de agir e reagir diante da realidade.

Nesse sentido, tem-se como intenção principal investigar os indícios de aprendizagem significativa sobre os conceitos de acústica a partir da implementação de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS).

O referencial teórico utilizado é o da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, que tem como pressuposto principal a valorização dos conhecimentos prévios que os alunos apresentam. Segundo essa teoria, a aprendizagem significativa ocorre quando novas informações interagem com conhecimentos relevantes já disponíveis na estrutura cognitiva do aluno e, portanto, contribui para que um novo conhecimento adquira significado.

Como mencionado anteriormente, neste trabalho o enfoque principal é a aprendizagem de conceitos relacionados a acústica no Ensino Médio. A delimitação e escolha do tema foi devido à presença de conceitos relacionados a este tema na vida cotidiana e ao fato de que na maioria das vezes não é abordado de forma adequada, ou seja, sua abordagem, tanto matemática como conceitual, é desarticulada dos demais conteúdos e, na maioria dos casos, desconsidera sua importante relação com a música e os instrumentos musicais (GODOY JUNIOR, et al., 2013; DONOSO, et al., 2008; PINTO, 2010). Por outro lado, apesar da sua complexidade, consideramos a acústica um dos assuntos mais atraentes e instigantes da Física, pois conforme Steffani, et al. (2014):

O som é um tema fascinante e envolvente, que pode ser amplamente explorado por professores de ciências, de matemática, de física, de música ou de biologia, até porque, é um tema de grande interesse para a maior parte dos alunos. Em toda e qualquer turma de alunos há algum que se interessa por música, toca algum instrumento, ou tem um instrumento musical em casa. Isso para não falar naqueles que conseguem “fazer música” soprando numa folha de árvore ou de papel, ou na boca de garrafas parcialmente preenchidas com água, ou simulando um xilofone com copos de cristal (STEFFANI, et al., 2014, p. 2).

Dessa forma, consideramos muito importante conhecer as características do som, como e de que forma pode ser produzido, utilizando atividades práticas, de modo a fomentar a aprendizagem significativa dos conceitos relacionados a acústica.

Diante do exposto e tendo como foco a Teoria da Aprendizagem Significativa, é proposto o seguinte ***problema de pesquisa***: De que forma a implementação de UEPS favorece a aprendizagem significativa de conceitos de Acústica de estudantes do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública da cidade de Santa Maria/RS?

Na busca de respostas ao problema exposto, é apresentado o ***objetivo da pesquisa***:

Investigar, a partir da implementação de UEPS sobre Acústica, indícios de aprendizagem significativa de estudantes do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública de Santa Maria/RS.

A partir do objetivo geral, apresentamos os *objetivos específicos*:

- Identificar, através de uma revisão bibliográfica, como os conceitos e fenômenos relacionados a Acústica são abordados nas publicações da área;
- Construir e implementar UEPS sobre Acústica, baseadas nos princípios da aprendizagem significativa crítica;
- Verificar indícios de aprendizagem significativa dos conceitos trabalhados com os estudantes, naquele contexto;

Desse modo, a presente pesquisa está estruturada da seguinte forma:

No primeiro capítulo justificamos a escolha e a relevância da temática da pesquisa, delimitamos o problema de pesquisa, bem como os objetivos que nortearam o presente trabalho. No capítulo 2, encontra-se a revisão de literatura dos trabalhos e artigos publicados de janeiro de 2008 a fevereiro de 2019, em periódicos e anais de eventos da área de ensino de Ciências, que abordam a acústica e os conteúdos de ondas sonoras. Nesse capítulo também é apresentada a revisão de dissertações e teses publicadas na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDBTD) que discutem esses mesmos conteúdos aliados a utilização de UEPS no Ensino de Física.

A apresentação do referencial teórico é abordada no capítulo 3, estando este dividido em subcapítulos, que serviram de alicerce para o desenvolvimento da pesquisa. A metodologia utilizada e as UEPS elaboradas são apresentadas no capítulo 4.

No quinto capítulo são apresentados os resultados obtidos pela análise dos instrumentos utilizados para coleta de dados, bem como a discussão sobre os mesmos e, por fim, no capítulo 6 as considerações e perspectivas referentes à essa dissertação são explicitadas, indicando as suas contribuições para o Ensino de Física.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentados os resultados da busca e análise dos artigos, trabalhos e dissertações publicados em Periódicos Acadêmico-Científicos (PAC), eventos da área do Ensino de Física e Educação em Ciências e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDBTD) referentes ao período de janeiro de 2008 a fevereiro de 2019 que tratam dos conceitos e fenômenos relacionados a acústica. Esta etapa ocorreu no primeiro semestre de 2019.

Para a realização do levantamento em PAC, selecionamos os periódicos Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Ciência & Educação, Ensaio, Investigações no Ensino de Ciências e Revista Brasileira de Ensino de Física. A escolha por esses periódicos ocorreu devido a sua classificação no Qualis da Capes, por serem as principais referências da área e terem disponibilidade on-line e gratuita.

Nos eventos, a busca ocorreu no Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), no Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) e no Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa (ENAS), por se tratarem de eventos cuja dimensão é nacional e, os dois primeiros, serem os principais da área do Ensino de Física e Educação em Ciências.

Foram selecionados para análise os artigos ou trabalhos que apresentavam no título, resumo ou palavras-chave os termos “ondas sonoras”, “som” e “acústica”. Já na BDBTD, com a intenção de filtrar dissertações e teses que tratam especificamente de UEPS sobre o som, utilizamos para a busca o termo “ueps + som”.

2.1 A ANÁLISE NOS PAC

Após a realização da busca, a partir dos termos “ondas sonoras”, “som” e “acústica” nos cinco PAC selecionados, localizamos um total de 44 artigos, os quais estão distribuídos da seguinte maneira:

Tabela 1 – Artigos localizados nos PAC

PAC	Período	Nº de artigos encontrados
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	2008 – 2019	12
Ciência & Educação	2008 – 2019	00

Ensaio	2008 – 2019	00
Ienci	2008 – 2019	02
Revista Brasileira de Ensino de Física	2008 – 2019	30
Total de artigos encontrados		44

Fonte: Autora (2020)

Concluída a etapa de localização dos artigos com os termos de interesse, realizamos a leitura dos mesmos, com o objetivo de selecionar aqueles que têm como foco o desenvolvimento do conteúdo de ondas sonoras e identificar quais as principais intenções de cada artigo.

Com a realização da leitura, foi possível fazer uma nova seleção dos artigos, pois muitos deles não se referiam a discussão dos conteúdos ou fenômenos relacionados a acústica, ou seja, os termos eram utilizados com outro sentido ou em outro contexto, principalmente tratando-se do termo “som”. Devido a isso, o número de artigos selecionados para análise reduziu-se a 27, distribuídos conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Artigos selecionados nos PAC

PAC	Nº de trabalhos selecionados
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	08
Ciência & Educação	00
Ensaio	00
Ienci	01
Revista Brasileira de Ensino de Física	18
Total de artigos selecionados	27

Fonte: Autora (2020)

Conforme descrito anteriormente, também buscamos com a análise identificar as intenções e a abordagem de cada um dos artigos, para isso, classificamos nas seguintes

categorias, as quais emergiram a partir da leitura dos mesmos: Implementação de Atividade, Proposta de Atividade e Abordagem Conceitual.

A distribuição dos artigos identificados por categoria está expressa na tabela abaixo.

Tabela 3 – Distribuição dos artigos selecionados por categoria

Categoria	Nº de artigos
Implementação de Atividade	06
Proposta de Atividade	09
Abordagem Conceitual	12
Total de artigos identificados	27

Fonte: Autora (2020)

De acordo com o exposto na Tabela 3, nota-se que a maioria dos artigos identificados que abordam os conteúdos relacionados a acústica trazem uma Abordagem Conceitual ou apresentam uma Proposta de Atividade, quanto a categoria Implementação de Atividades, a análise evidencia que as pesquisas ainda são bastante escassas.

Dentre os artigos que abordam conceitualmente o assunto, destaca-se a discussão dos fenômenos e dos conceitos, relacionando-os com a história, com instrumentos musicais ou, ainda, apresentando uma biografia, como veremos na sequência.

Magalhães e Alves Filho (2017) discutem conceitualmente como a audição funciona e apresentam argumentos que discorrem sobre porque o ouvido humano tem maior facilidade para perceber sons médios e agudos do que sons graves. Nesta mesma linha, Pavan (2017) apresenta uma nota, com o objetivo de aperfeiçoar alguns aspectos teóricos necessários para um melhor entendimento da técnica de obtenção de fase por curvas de Lissajous para determinar a situação de ressonância em uma coluna de ar para o cálculo da velocidade do som, em artigo publicado na mesma revista. Por sua vez, Souza Filho, Rosa, Silva e Astrath (2018) apresentam uma revisão teórica sobre a primeira técnica de gravação/reprodução de som e exemplos de transcrições dos principais tipos de suporte físico de gravação fabricados comercialmente entre 1889 e 1929. Ainda nesse sentido, Andrade, Pérez e Adamowski (2015) em seu artigo apresentam o princípio básico de funcionamento de um levitador acústico, onde

mostram como pode-se utilizar as equações básicas de acústica para determinar a força de radiação acústica que atua numa esfera rígida de raio menor do que o comprimento de onda.

Numa perspectiva de abordar os conceitos e fenômenos por meio de instrumentos musicais, Lima Junior, Rodrigues e Silva (2012) utilizam a flauta transversa para tratar de fenômenos acústicos no Ensino de Física, abordando os limites da hipótese de linearidade em acústica musical. Freitas, Ferreira e Barros (2015), a partir da utilização do sino, apresentam sua origem, história e utilização, bem como fazem uma descrição física de como o mesmo produz o som. Similarmente, Donoso, Tannús, Guimarães e Freitas (2008) apresentam uma descrição geral da física do violino, analisando os conceitos que lhe dão sustentação física e que revelam a riqueza e o potencial pedagógico do assunto. Além disso, destacam as contribuições de físicos como Helmholtz, Savart, Raman e Saunders no esforço para descrever a vibração produzida pelo arco nas cordas e por compreender as propriedades acústicas do instrumento. Sobre o violino ainda, Fomin, Schafhauser, Matos, Nisgoski e Freitas (2018) discutem sobre alguns dos principais aspectos do arco de violino. Fazem uma descrição da sua evolução histórica, que justifica a sua atual forma geométrica e, por fim, estabelecem relações entre conceitos físicos e a sua aplicação no arco de violino. De maneira análoga, Zaczéski, Beckert, Barros, Ferreira e Freitas (2018) tratam sobre alguns aspectos de funcionamento do violão, iniciando por um breve histórico sobre as mudanças pelas quais o instrumento passou ao longo dos séculos, além de ressaltar a descrição do leque harmônico do violão que apresentou uma evolução tanto em forma, como em complexidade.

De maneira mais abrangente, Dantas e Cruz (2019), versam sobre fenômenos físicos importantes na produção e combinação de sons musicais, a partir de elementos próprios, tanto da linguagem musical quanto da linguagem física. Ainda nessa perspectiva, Hinrichsen (2012) partindo da observação de que nossa audição percebe que um som está “no tom” quando os espectros harmônicos a ele correspondentes são correlacionados, propõe que instrumentos musicais, tais como pianos, possam ser afinados pela minimização da entropia de Shannon de espectros de Fourier.

Por fim, Santos, Camargo Filho e Rocha (2018) tecem uma biografia do Físico Ernst Florens Friedrich Chladni e sua contribuição para o campo da acústica para o fenômeno da formação de figuras em placas ressoantes.

Outra categoria que teve destaque no número de artigos identificados é a Proposta de Atividade. Nas propostas sugeridas, observamos que o recurso didático mais mencionado é a experimentação.

Alguns autores como Cavalcante (2013), Ribeiro (2014), Baraúna, Furtado e Perez (2015) apresentam propostas de atividades experimentais com o objetivo de discutir os conteúdos de Ondas Sonoras num contexto mais amplo de sala de aula. Já Silveira, Barthem e Santos (2019) sugerem uma proposta de atividade experimental sobre acústica para ser utilizada com alunos que possuem deficiências auditiva e visual. De forma semelhante, Vivas, Teixeira e Cruz (2017) propõe a utilização de um experimento sobre o tema voltado, especificamente, para alunos surdos.

Na perspectiva da atividade experimental demonstrativa, Santos, Molina e Tufaile (2013) sugerem a utilização de violão e guitarra para demonstrar os conceitos físicos envolvidos no funcionamento de tais instrumentos.

Outros, ainda, propõem aparatos experimentais automatizados que possibilitam a captação e aquisição de sinais sonoros (PIZZETA; WANDERLEY; MASTELARO; PAIVA, 2017; LUDKE; CAUDURO; VIEIRA; ADORNES, 2012). De forma análoga, Barros, Souto, Camargo e Mathias (2015), propõe a utilização de uma ferramenta de aquisição e análise de dados para amostragem de sinais aleatórios de vibração.

De acordo com a análise realizada, constatou-se que poucos são os artigos que tem como foco principal a Implementação de Atividades sobre acústica. Sobre isso, destacamos os trabalhos de Correia, Bolfe e Sauerwein (2016), Rodrigues e Camiletti (2018) e Martins, Verdeaux e Souza (2009) que relatam a implementação de atividades desenvolvidas com alunos do Ensino Médio e que utilizaram como recursos didáticos texto de divulgação científica, mapas mentais e redes semânticas e diagramas conceituais, respectivamente, para tratar dos conceitos relacionados a ondas sonoras.

Souza Filho e Oliveira (2015), apresentaram em seu trabalho também uma implementação de uma atividade, porém para ensinar música aos estudantes do curso de graduação em Engenharia Acústica, a partir de um tema clássico do jazz.

Ainda referente a essa categoria, observamos a implementação de atividades em oficinas, como é o caso de Rodrigues, Teles e Camiletti (2018) que apresentam uma reflexão sobre as características hands-on de um grupo de experimentos em acústica, construídos para

uma sala temática numa mostra científica universitária e Coelho e Machado (2015) que relatam o desenvolvimento de uma oficina realizada com alunos do Curso de Física onde se propôs a montagem de um móbil com tubos sonoros, com o objetivo de caracterizar os sons e abordar os princípios físicos envolvidos nos fenômenos acústicos.

Pode-se perceber através do levantamento realizado sobre o ensino de acústica, que muitas abordagens são apresentadas com o intuito de aprimorar o Ensino de Física, desde as discussões teóricas, a utilização de softwares para análise de ondas ou captação de sons até a construção de instrumentos musicais de baixo custo. Tais abordagens são de fundamental importância, pois proporcionam reflexões teóricas, além de recomendar atividades ou metodologias alternativas possíveis, na tentativa de tentar melhorar o quadro educacional em que as escolas se encontram. Entretanto, ainda é carente o número de pesquisas nesses PAC analisados, que apresentam a implementação de atividades sobre o assunto e as suas implicações no processo de ensino/aprendizagem.

2.2 A ANÁLISE NOS EVENTOS

O levantamento e a análise dos trabalhos publicados em anais de eventos se deu da mesma forma que dos artigos publicados em PAC. Após a realização da busca, a partir dos termos “ondas sonoras”, “som” e “acústica” nos três eventos selecionados, localizamos um total de 67 trabalhos, os quais estão distribuídos da seguinte maneira:

Tabela 4 – Trabalhos localizados nos anais dos eventos

Evento	Período	Nº de trabalhos encontrados
ENPEC	2009 – 2017	12
SNEF	2009 – 2019	52
ENAS	2010 – 2018	03
Total de trabalhos encontrados		67

Fonte: Autora (2020)

Após a etapa de localização dos trabalhos, efetuamos a leitura dos mesmos, novamente com a pretensão de selecionar aqueles cujo foco é o desenvolvimento do conteúdo de ondas sonoras e, dessa maneira, identificar quais as principais intenções de cada um dos trabalhos.

Dos 67 trabalhos localizados, apenas 48 foram analisados, pois a partir de uma leitura inicial verificou-se que em muitos deles, novamente, os termos utilizados na busca eram empregados com outro sentido ou em outro contexto. Dessa forma, o número de trabalhos analisados por evento teve uma nova distribuição, conforme observa-se na Tabela 5.

Tabela 5 – Trabalhos selecionados nos anais dos eventos

Evento	Nº de trabalhos selecionados
ENPEC	08
SNEF	37
ENAS	03
Total de trabalhos selecionados	48

Fonte: Autora (2020)

Conforme descrito anteriormente, também buscamos com a análise identificar as intenções e a abordagem de cada um dos trabalhos, para isso, classificamos nas seguintes categorias, as quais emergiram a partir da leitura dos mesmos: Implementação de Atividade, Proposta de Atividade, Abordagem Conceitual e Levantamento Bibliográfico.

A distribuição dos trabalhos identificados por categoria é apresentada na tabela abaixo.

Tabela 6 – Distribuição dos trabalhos selecionados por categoria

Categoria	Nº de trabalhos
Implementação de Atividade	28
Proposta de Atividade	15

Abordagem Conceitual	03
Levantamento Bibliográfico	02
Total de trabalhos identificados	48

Fonte: Autora (2020)

Com relação aos 48 trabalhos selecionados nesses eventos, após a leitura e análise dos mesmos, verificamos que somente três deles discutem conceitualmente o conteúdo de ondas sonoras ou até mesmo o assunto som. Desses três, dois deles tiveram como objetivo caracterizar a transformação do saber sobre ondas sonoras a partir da análise de aspectos apontados por Chevallard (1991) (ERROBIDART; GOBARA, 2011; ERROBIDART; GOBARA, 2011). Já Costa, Grillo e Baptista (2017) apresentam a Física presente no violoncelo e através dele abordam conceitos relacionados a produção do som.

Com um enfoque voltado para o que já foi produzido e escrito sobre ondas sonoras, outros dois trabalhos selecionados expõem os resultados de um levantamento bibliográfico realizado em pesquisas na área de educação em ciências, cujo foco são as ondas sonoras (JARDIM; ERROBIDART; GOBARA, 2009; ERROBIDART; GOBARA; ERROBIDART, 2009).

Pela análise observamos também que um razoável número de trabalhos apresentam propostas de atividades que podem ser utilizadas para abordar o conteúdo de ondas, em especial, de ondas sonoras. Em dois desses trabalhos, os autores apresentam softwares que podem auxiliar no desenvolvimento das propriedades do som, como por exemplo, frequência, comprimento de onda e período, além de possibilitar a discussão das qualidades do som, como timbre e intensidade (SANTOS; OLIVEIRA, 2015; JESUS; BARROS; SILVA; CARDOSO, 2015). Já Dias (2009) apresenta uma atividade com uso de software que possibilita determinar a velocidade de um carro usando as relações matemáticas do efeito Doppler e Souza (2009) propõe uma atividade utilizando softwares gratuitos para geração e gravação dos sons, para examinar os batimentos sonoros e a ressonância em tubos cilíndricos fechados e abertos nas extremidades. Outras quatro propostas apresentadas mencionam a utilização de experimentos de baixo custo para observar e compreender a propagação ondulatória, mapear a intensidade sonora no interior de um tubo ressonante, demonstrar o fenômeno da ressonância numa coluna de ar, bem como, compreender as propriedades ondulatórias das ondas produzidas por tubos sonoros e suas relações com o comprimento do

tubo, respectivamente (ERROBIDART; ERROBIDART, 2009; SOUZA; AGUIAR, 2011; LIMA; SILVA, 2017; VILLELA; OLIVEIRA, 2019).

Ainda com a pretensão de expor propostas de atividades, cinco trabalhos apresentam sequências didáticas para abordar diferentes conceitos relacionados ao som. Silva e Aguiar (2011), apresentam uma sequência sobre a propagação do som, enquanto que Maeoca e Gobara (2011) propõe uma sequência didática contextualizada com a construção de um instrumento musical de sopro, para o ensino de conceitos sobre ondas sonoras, como frequência, amplitude e comprimento de onda. Silva, Azevedo e Rivera (2013) apresentam uma metodologia para o ensino de ondas no ensino fundamental, que busca abranger as três dimensões do processo de ensino e aprendizagem em Ciências: conceitual, procedimental e atitudinal. Com o intuito de promover a inclusão de alunos com deficiência auditiva no Ensino de Física através do ensino de acústica, Castro e Libardi (2015), apresentam uma proposta de trabalho para o estudo das qualidades fisiológicas do som. E, por fim, um trabalho apresenta uma UEPS sobre ultrassom, a qual busca diminuir a distância entre o conhecimento de ondas ultrassônicas e sua aplicação tecnológica em diversas áreas e os alunos do Ensino Médio (SOUZA; PIRES, 2017).

Verificamos ainda que outras propostas de atividades têm como objetivo principal integrar a física e a música utilizando os instrumentos musicais para contextualizar os conceitos e até mesmo buscar, com isso, uma abordagem interdisciplinar (CONCEIÇÃO; GRILLO; BAPTISTA; CONCEIÇÃO; GSCHWEND, 2009; SIMÕES FILHO; SANTOS; SILVA, 2015).

Já com relação as propostas de atividades relacionadas aos conteúdos de ondas sonoras com resultados da sua implementação, verificamos que dos vinte e oito trabalhos, seis deles fazem uso de atividades experimentais. Bernardes Neto e Moura (2011 e 2013) apresentam um estudo sobre a construção e criação de instrumentos musicais a partir de materiais de baixo custo, para tratar a acústica em sala de aula. Segundo os autores essas atividades além de ser para o professor de física mais uma ferramenta de ensino, também podem ser utilizadas para motivar os alunos nas aulas sobre ondas sonoras. De forma semelhante, Secolo, Silva, Vieira, Oliveira e Lima (2013) propõe uma atividade de ensino experimental, também com materiais de baixo custo, porém, nesse caso, para realizar medidas do comprimento das ondas e determinar a frequência de determinados sons que são emitidos.

Ainda sobre as implementações que fazem uso de experimentos, apontamos Guimarães, Andrade, Werneck e Mariano (2017) e Magalhães, Fonseca e Aleixo (2017) que apresentam um procedimento experimental para medir a velocidade de propagação do som no

ar e visualizar o estudo de ondas estacionárias, para auxiliar na qualidade do Ensino de Física utilizando os conceitos de acústica, respectivamente. Já com o auxílio de um osciloscópio, Maciel, Oliveira, Lourenço, Silva, Pereira, Damasio e Ramos (2012) apresentam três atividades potencialmente significativas que buscaram promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa, sendo uma delas sobre a velocidade de propagação do som.

Com a intenção de realizar uma atividade demonstrativa, Nascimento e Gobara (2009), relatam sobre uma atividade em que os alunos foram convidados a manipular alguns objetos que emitem som e dessa maneira explicar o processo de emissão de som em cada situação proposta, para que assim construíssem o conceito de som por meio de sua produção.

Além da utilização de experimentos, observamos que vários trabalhos que relatam sobre atividades já implementadas abordam o conteúdo de ondas sonoras a partir de uma situação contextualizadora, como é o caso de Costa, Camargo e Gioppo (2013) que apresentam os resultados de uma pesquisa que identificou que usos os estudantes de Ensino Médio fazem do celular quando ouvem música e através disso discutiram o conceito de intensidade sonora. Ainda nesse sentido, Costa, Camargo e Gioppo (2015) e Silva, Costa, Camargo, Hilger, Samojeden (2017) propõe sequências didáticas para o ensino de ondas sonoras para compreender a propagação do som e os seus efeitos, as quais visaram a saúde auditiva e a poluição sonora.

Ainda com foco na poluição sonora, Mazeti, Silva e Brandi (2017) apresentam uma abordagem dialogada acerca da poluição sonora através da leitura guiada de um artigo informativo, com caráter de divulgação de aspectos relacionados à poluição sonora, nos quais os alunos foram estimulados a refletir sobre como as atitudes cotidianas e o convívio social expõem as pessoas a um excesso de ruído causando danos para a audição.

Fazendo uso da Literatura de Cordel, Lima e Germano (2013) relatam sobre uma intervenção com o intuito de popularizar alguns conceitos relacionados às ondas mecânicas, tais como comprimento de onda e frequência, a partir do título “Pitelim e o estudo das ondas”.

Com o objetivo de inserir a física no contexto musical, Freitas, Santos, Arantes e Ustra (2013) e Seabra e Maciel (2015), apresentam atividades que relacionam a Física com a música e com os instrumentos musicais. De acordo com os autores essa é uma interessante abordagem para se discutir sobre os conceitos relacionados a acústica.

Já, Fernandes e Auth (2017) discorrem sobre o desenvolvimento de uma sequência didática nas aulas de Física do Ensino Médio tendo como base de elaboração o equipamento gerador Rádio de Galena, assim como Aiziczon e Cudmani (2010) avaliam uma proposta utilizada para o ensino de biofísica, sobre a importância da Física da água nos processos vitais

e dos fenômenos do som e da audição, que além de ser um tema muito motivador para os alunos, chama atenção para os problemas auditivos que os hábitos de exposição ao ruído podem causar.

Numa perspectiva de promover a inclusão de alunos com deficiência visual Silva, Bernardo e Oliveira (2011) e Grossi e Libardi (2017) relataram a aplicação de uma atividade adaptada com a finalidade de explicar o conteúdo de ondas sonoras e desenvolver estratégias que facilitem a compreensão dos conceitos físicos pelo estudante com deficiência visual.

Outras atividades que foram implementadas fazem uso de objetos midiáticos e tecnológicos para introduzir os conteúdos de ondas sonoras, planejando e desenvolvendo atividades colaborativas voltadas para a inclusão de novas tecnologias no Ensino de Física, pois para os autores, as tecnologias fazem parte do cotidiano dos estudantes e podem ser utilizadas como ferramentas motivacionais no processo de ensino e aprendizagem (GOUVÊA; ERROBIDART, 2017; DIOGO; GOBARA, 2009; MAGALHÃES; ARANTES, 2015)

Sobre a realização de oficinas, Matiucci e Santos (2013) mostram que é possível ensinar Física nas séries iniciais a partir do tema o som, enquanto que Fernandes, Almeida e Hora (2014) relatam a oficina “Entendendo Física no meio ambiente”, que abordou conceitos específicos relacionados a ondas sonoras, ressaltando aspectos importantes em relação à poluição sonora e, por meio de experimentos, discutiu sobre a propagação e as características do som, utilizando materiais de baixo custo.

Sobre as concepções iniciais dos estudantes sobre o som, Rodrigues e Camiletti (2015) e Godoy Junior, Nascimento Junior, Fernandes e Abreu Junior (2013) utilizam questionários para investigar o conhecimento inicial de alunos do Ensino Médio a respeito do som e das ondas sonoras, para que futuramente auxilie na elaboração de um material instrucional em acústica e de uma oficina temática abordando som e instrumentos musicais.

Com uma intenção interdisciplinar, Garagnani, Rudiger, Arcanjo, Lenz e Bezerra Junior (2011) apresentam e discutem os resultados de uma atividade desenvolvida envolvendo professores e estudantes de cursos de Licenciatura em Física e de Engenharia de Computação, que abordou o fenômeno da ressonância em taças de cristal. Ainda nessa perspectiva, Moreira, Morais e Queiroz (2015) apresentam o projeto interdisciplinar “Diálogos interdisciplinares entre física e artes: o som e a escuta do entorno ao cinema”, desenvolvido numa parceria entre alunos cursos de Licenciatura em Física e o de Licenciatura em Artes Visuais, tendo por motivação inicial despertar o interesse dos alunos nas aulas de Física, de Ciências e de Artes dos Ensinos Médio e Fundamental e do Programa de Educação de Jovens e Adultos (PEJA), a

partir da escuta do entorno escolar como disparador de questionamentos sociais.

E, por último, Rosa e Oliveira (2017) descrevem a elaboração e aplicação de uma UEPS para o ensino de conceitos de ondulatória e acústica e nesse trabalho os autores realizam a análise das atividades, com a intenção de identificar se elas contribuíram para a evolução conceitual sobre o conceito de som.

Da leitura do material analisado, pode-se perceber que muitos trabalhos apresentam propostas de atividades sobre o ensino da acústica, utilizando recursos didáticos diversos e que visam facilitar a aprendizagem de tais conceitos. Entretanto, propostas de atividades que fazem uso de UEPS sobre o assunto ainda é bastante escasso.

2.3 A ANÁLISE NA BDBTD

A busca por dissertações e teses na BDBTD se deu pela combinação dos termos UEPS e som. A partir disso, foram localizados dois títulos, entretanto, para um deles não localizamos o texto nem o resumo e por isso essa dissertação não foi analisada.

Sendo assim, pela análise da dissertação disponível, observamos que se trata de uma aplicação de UEPS sobre som e luz para auxiliar professores da Educação Básica no ensino de conceitos de ondulatória e foi aplicada em uma turma do 2º ano do Ensino Médio. De acordo com Santos (2016), autor da pesquisa, os resultados apresentaram uma melhoria na quantidade de acertos das questões com a interação entre os alunos, ao comparar as respostas satisfatórias do pré-teste e do pós-teste.

Essa revisão evidencia quão escassas ainda são as pesquisas cujo enfoque seja especificamente a utilização da metodologia de UEPS para discutir os conceitos e fenômenos associados a acústica. Diante disso, o presente trabalho se propõe a viabilizar uma alternativa ao ensino desse assunto pela utilização de UEPS, que tem como objetivo contribuir para a aprendizagem significativa dos conteúdos de ondas sonoras.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo discorreremos sobre aspectos relativos aos referenciais teóricos utilizados para embasar nossa pesquisa. São apresentadas as principais concepções referentes às teorias da aprendizagem significativa e da aprendizagem significativa crítica.

3.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, parte do princípio fundamental de que para ocorrer a aprendizagem é necessário partir daquilo que o aluno já conhece, ou seja, dos seus conhecimentos prévios. Dessa forma, Ausubel (2003) propõe que é papel dos professores promover situações didáticas cuja finalidade seja identificar tais conhecimentos, pois eles servem de suporte para que um novo conhecimento se apoie. Este processo é denominado de “ancoragem”.

Aqueles conhecimentos que o aluno já tem são definidos por Ausubel como conceitos subsunçores:

O “subsunçor” é um conceito, uma ideia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva, capaz de servir de “ancoradouro” a uma nova informação de modo que este adquira, assim, significado para o indivíduo (isto é, que ele tenha condições de atribuir significados a essa informação) (MOREIRA, 2006 p.15).

Desse modo, a aprendizagem será significativa à medida que as novas informações interagem com o conhecimento já existente na estrutura cognitiva dos alunos. Se não ocorre a interação, a aprendizagem torna-se mecânica e o conteúdo é armazenado sem associações na estrutura cognitiva, portanto, sem significados. Conforme Santarosa (2013, p. 84), “na aprendizagem mecânica as informações são retidas brevemente, ao passo que na aprendizagem significativa as informações têm chance de ficarem retidas por um longo período de tempo”.

No entanto, a aprendizagem mecânica e a significativa, para Ausubel, não são opostas, mas formam um *continuum*, pois, segundo ele, a aprendizagem mecânica é inevitável no caso de conceitos inteiramente novos para o aluno. Entretanto, posteriormente ela deverá se transformar em significativa.

Com relação a aprendizagem significativa, é usual diferenciá-la em formas (subordinada, superordenada e combinatória) e em tipos (representacional, de conceitos e proposicional). Quanto as formas, salienta-se que a aprendizagem significativa subordinada

ocorre quando novos conhecimentos interagem com conhecimentos prévios relevantes já existentes na estrutura cognitiva. Porém, quando conceitos mais gerais e inclusivos do que aqueles já existentes na estrutura cognitiva do sujeito são adquiridos e passam a subordinar aqueles que lhes deram origem, diz-se que a aprendizagem significativa é superordenada.

Nos casos em que a aprendizagem significativa não é de nenhuma das formas citadas anteriormente, ou seja, em que o significado não é adquirido por interação com um conhecimento prévio relevante específico, mas sim com um conhecimento mais amplo, mais geral, ocorre a aprendizagem significativa combinatória.

Sobre os tipos de aprendizagem significativa, destaca-se que na aprendizagem representacional o indivíduo atribui significado a determinados símbolos, ou seja, relaciona os objetos aos símbolos que os representam. Este tipo constitui o tipo mais elementar de aprendizagem. Na aprendizagem conceitual, os conceitos representam unidades genéricas ou ideias categóricas e são representados por símbolos. Neste caso, os conceitos indicam regularidades em eventos, situações ou propriedades e possuem atributos essenciais comuns que são designados por algum signo ou símbolo. Pode-se dizer que a aprendizagem representacional é o ponto de partida para a aprendizagem conceitual.

O último tipo de aprendizagem significativa, a proposicional, refere-se em atribuir significados a ideias ou conhecimentos expressos em proposições ou sentenças. Ausubel, et al. (1980) destacam que, ao se aprender o significado de uma proposição verbal, por exemplo, aprendemos primeiramente o significado de cada um dos termos que a compõem. Este tipo de aprendizagem pode atingir formas mais complexas de aprendizagem significativa. Neste caso a tarefa é aprender o significado que está além da soma dos significados das palavras e conceitos que compõem a proposição.

Retornando para as condições necessárias para que ocorra aprendizagem significativa, considera-se que além dos conhecimentos prévios, é essencial a utilização de materiais que sejam potencialmente significativos e que o aluno esteja predisposto a aprender, caso contrário sua aprendizagem continuará ocorrendo de forma mecânica. Nesse sentido, o aluno assume o papel de sujeito responsável por sua própria aprendizagem e construtor de seu próprio conhecimento. De acordo com Moreira (2012, p. 8), para que um material seja potencialmente significativo, é necessário que o mesmo “seja relacionável de maneira não-arbitrária e não-literal a uma estrutura cognitiva apropriada e relevante”.

Conforme Ausubel, para que a aprendizagem significativa aconteça, dois processos cognitivos são necessários: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa (MOREIRA e MASINI, 1982). Na diferenciação progressiva, os conceitos são construídos de

forma hierárquica, ou seja, os conceitos mais gerais são abordados primeiro e posteriormente são incluídos os mais específicos, como define Moreira (2000):

Diferenciação progressiva é o princípio programático segundo o qual as idéias mais gerais e inclusivas da matéria de ensino devem ser apresentadas desde o início da instrução e, progressivamente, diferenciadas em termos de detalhes e especificidade. (MOREIRA, 2000, p. 5)

Já na reconciliação integrativa são exploradas as relações entre ideias, apontando semelhanças e diferenças entre conceitos relacionados, de modo que conceitos e proposições já existentes na estrutura cognitiva do estudante sofram modificações, possibilitando para o estudante que o conhecimento prévio adquira um maior significado e permanência, conforme salienta Moreira (2000):

Por outro lado, a programação da matéria de ensino deve não apenas proporcionar a diferenciação progressiva, mas também explorar, explicitamente, relações entre conceitos e proposições, chamar a atenção para diferenças e semelhanças e reconciliar inconsistências reais e aparentes. É nisso que consiste a reconciliação integradora. (MOREIRA, 2000, p. 5)

Com relação a busca de indícios de aprendizagem significativa, Ausubel, et al., (1980) sugere a utilização de novas situações, que sejam diferentes e não familiares para os estudantes, que exija o esforço dos mesmos em transformar os conhecimentos adquiridos para as novas situações propostas e, portanto, forçando-os a deixar de lado o hábito de fornecer respostas decoradas.

Ainda no sentido de buscar evidências de aprendizagem significativa, indica que sejam propostas tarefas de forma sequencialmente dependentes de outra, de modo que não possa ser executada sem uma real compreensão da anterior. Com isso, torna-se possível observar se houve, de fato, a acomodação dos conceitos, com o intuito de priorizar a relação entre eles em diferentes situações.

3.2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA DE MARCO ANTÔNIO MOREIRA

Baseando-se na perspectiva da aprendizagem significativa crítica, proposta por Moreira (2000), é necessário que a aprendizagem, além de ser significativa, desenvolva o pensamento crítico dos estudantes, o que implica em ter uma atitude crítica frente ao conhecimento adquirido.

Nesse sentido, a aprendizagem significativa crítica é proposta com o intuito de superar a mera transmissão de conhecimentos, considerando que no atual modelo de ensino, a aprendizagem mecânica, ou seja, aquela baseada na memorização, ainda é a que prevalece, acarretando em uma formação de indivíduos indiferentes ao saber que lhe é repassado. Dessa forma, o enfoque da aprendizagem significativa crítica busca aquele saber que é construído coletivamente.

Além disso, destaca-se que a aprendizagem significativa crítica permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela, conforme Moreira (2000):

Trata-se de uma perspectiva antropológica em relação às atividades de seu grupo social que permite ao indivíduo participar de tais atividades, mas, ao mesmo tempo, reconhecer quando a realidade está se afastando tanto que não está mais sendo captada pelo grupo. (MOREIRA, 2000, p. 7)

Com o objetivo de criar um ambiente que promova uma aprendizagem significativa crítica, Moreira (2000) destaca alguns princípios necessários:

1. *Princípio do conhecimento prévio.* A aprendizagem para ser crítica, precisa ser significativa, portanto, é essencial considerar aquilo que os estudantes já sabem, ou seja, os seus conhecimentos prévios.

2. *Princípio da interação social e do questionamento.* Um ambiente que valoriza a interação entre professor e aluno, além de estimular o diálogo questionador, desperta a criticidade e, conseqüentemente, proporciona a aprendizagem significativa crítica.

3. *Princípio da não centralidade do livro de texto.* A utilização de diversos materiais instrucionais e recursos didáticos, auxilia no desenvolvimento da aprendizagem significativa crítica, pois instiga a novos questionamentos.

4. *Princípio do aprendiz como perceptor/representador.* O estudante é um perceptor e representador do mundo e do que lhe é ensinado.

5. *Princípio do conhecimento como linguagem.* Para que se aprenda de forma crítica sobre um determinado conhecimento, o aluno precisa conhecer a sua linguagem, pois é a partir dela que torna-se possível perceber a realidade.

6. *Princípio da consciência semântica.* O significado não está nas palavras, mas sim nas pessoas e nas coisas que nomeamos com palavras. Sendo assim, ao usarmos palavras para nomear as coisas, é preciso perceber que os significados das palavras mudam.

7. *Princípio da aprendizagem pelo erro.* Utilizar o erro para aprender, superando-o e encarando-o como algo natural do ser humano, visto que o conhecimento humano assim é construído.

8. *Princípio da desaprendizagem.* Deixar de utilizar um conhecimento prévio que impede a compreensão do novo conhecimento. Nesse caso torna-se necessária a desaprendizagem. Além disso, para desaprender é preciso, primeiro, distinguir entre o relevante e o irrelevante no conhecimento prévio, para então, libertar-se do irrelevante, isto é, desaprendê-lo.

9. *Princípio da incerteza do conhecimento.* O conhecimento é construído com definições, metáforas e perguntas nossas, portanto, por um lado, pode estar errado, e, por outro, depende de como é construído. As definições, metáforas e perguntas são instrumentos utilizados para pensar.

10. *Princípio da não utilização do quadro-de-giz.* Esse princípio é complementar ao terceiro. Assim como é preciso diversificar os materiais instrucionais, também é preciso utilizar diferentes estratégias instrucionais, que proporcionem a participação e envolvimento dos estudantes. Quando só se utiliza do quadro-de-giz, a tendência é que o aluno apenas reproduza o que o professor escreve, de modo totalmente mecânico.

11. *Princípio do abandono da narrativa.* O professor assume o papel de mediador, em que o estudante é o centro do processo de ensino/aprendizagem. Nesse caso, os alunos interagem criticamente, tornando-se sujeitos ativos na construção do próprio conhecimento.

A utilização dos princípios mencionados em atividades e avaliações pode contribuir para que ocorra uma aprendizagem significativa de forma crítica, que modifica a prática docente adotada no modelo tradicional de ensino, bem como, proporciona ao aluno uma postura ativa na construção do conhecimento.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos que orientam esta pesquisa. Inicialmente, é realizada a classificação da pesquisa quanto a abordagem, quanto aos objetivos e aos procedimentos técnicos utilizados. Posteriormente, nos subcapítulos, é descrita metodologia de UEPS, que foi utilizada em sala de aula, o contexto de aplicação deste trabalho, bem como o detalhamento das UEPS implementadas.

Para Chizzotti (2008), as pesquisas são caracterizadas pelas peculiaridades com que os dados são coletados e, posteriormente analisados, podendo ser de forma qualitativa ou quantitativa. Desta forma, nesta pesquisa optamos pela análise dos instrumentos de coleta de dados com uma abordagem qualitativa pois, conforme explana Chizzotti (Id. Ibid.),

[...] o pesquisador supõe que o mundo deriva da compreensão que as pessoas constroem no contato com a realidade nas diferentes interações humanas e sociais, será necessário encontrar fundamentos para uma análise e para a interpretação do fato que revele o significado atribuído a esses fatos pelas pessoas que partilham dele (Ibid., p. 27-28).

Dentre os materiais que analisamos na pesquisa, destaca-se: situações-problema em nível inicial e introdutório, mapa mental, mapa conceitual, construção de aparatos musicais e avaliações individuais. A análise dos instrumentos, bem como a discussão sobre os mesmos, está descrita no capítulo 5.

Quanto aos objetivos, a pesquisa classifica-se como exploratória e explicativa. As pesquisas do tipo exploratória “têm como propósito proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses” (GIL, 2002, p. 41). Já as pesquisas explicativas, conforme Gil (2002), buscam reconhecer os fatores que definem ou contribuem para a ocorrência de acontecimentos e, por explicar a razão e o porquê dos acontecimentos, é o tipo de pesquisa que melhor investiga a realidade.

De acordo com os procedimentos técnicos utilizados, a pesquisa classifica-se como um estudo de caso, que Gil (2002, p. 54) define como um “estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento”. Para Yin (2005), o estudo de caso é, ainda, o delineamento mais adequado para investigar um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, evidenciando os limites entre o fenômeno e o contexto.

4.1 AS UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS

A Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) é uma sequência didática, fundamentada pela Teoria da Aprendizagem Significativa, cujas atividades são organizadas em modo crescente de complexidade do conhecimento. Em sala de aula a utilização de UEPS, além de favorecer a interação entre professor, alunos e material instrucional, contempla diversificadas estratégias didáticas que visam potencializar a aprendizagem significativa.

De acordo com Moreira (2011, p. 2), a construção de uma UEPS deve estar baseada em alguns princípios, os quais são:

- o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa;
- pensamentos, sentimentos e ações estão integrados no ser que aprende; essa integração é positiva, construtiva, quando a aprendizagem é significativa;
- é o aluno quem decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento;
- organizadores prévios mostram a relacionabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios;
- são as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos; elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para a aprendizagem significativa;
- situações-problema podem funcionar como organizadores prévios;
- as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade;
- frente a uma nova situação, o primeiro passo para resolvê-la é construir, na memória de trabalho, um modelo mental funcional, que é um análogo estrutural dessa situação;
- a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino;
- a avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências; a aprendizagem significativa é progressiva;
- o papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados de parte do aluno;
- a interação social e a linguagem são fundamentais para a captação de significados;
- um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino;

- essa relação poderá ser quadrática na medida em que o computador não for usado apenas como material educativo;
- a aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica;
- a aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamento) ao invés da memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias instrucionais, pelo abandono da narrativa em favor de um ensino centrado no aluno;

Uma UEPS baseada nestes princípios contribui para que a aprendizagem seja significativa e crítica, no sentido de que atividades diversificadas possibilitem a construção de significados e o desenvolvimento da criticidade dos estudantes.

Sendo assim, Moreira (2011, p. 3) sugere que sejam seguidos oito passos na elaboração das UEPS, sendo que cabe ao professor buscar a melhor forma de segui-los:

1º Passo - definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais tais como aceitos no contexto da matéria de ensino na qual se insere esse tópico;

2º Passo - criar/propor situação(ções) – discussão, questionário, mapa conceitual, mapa mental, situação-problema, etc. – que leve(m) o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não-aceito no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta;

3º Passo - propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar; estas situações-problema podem envolver, desde já, o tópico em pauta, mas não para começar a ensiná-lo; tais situações-problema podem funcionar como organizador prévio; são as situações que dão sentido aos novos conhecimentos, mas, para isso, o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente; modelos mentais são funcionais para o aprendiz e resultam da percepção e de conhecimentos prévios (invariantes operatórios); estas situações-problema iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino, etc., mas sempre de modo acessível e problemático, i.e., não como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo;

4º Passo - uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, i.e., começando com

aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, abordando aspectos específicos; a estratégia de ensino pode ser, por exemplo, uma breve exposição oral seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo;

5º Passo - em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes (i.e., aquilo que efetivamente se pretende ensinar), do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação (que pode ser através de outra breve exposição oral, de um recurso computacional, de um texto, etc.), porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e exemplos já trabalhados, ou seja, promover a reconciliação integradora; após esta segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador; esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de um mapa conceitual ou um diagrama V, um experimento de laboratório, um pequeno projeto, etc., mas deve, necessariamente, envolver negociação de significados e mediação docente;

6º Passo - concluindo a unidade, dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um áudio visual, etc.; o importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade; após esta terceira apresentação, novas situações-problema devem ser propostas e trabalhadas em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores; essas situações devem ser resolvidas em atividades colaborativas e depois apresentadas e/ou discutidas em grande grupo, sempre com a mediação do docente;

7º Passo - a avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado; além disso, deve haver uma avaliação somativa individual após o sexto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência; tais questões/situações deverão ser previamente validadas por professores experientes na matéria de ensino; a avaliação do desempenho do aluno na UEPS

deverá estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas colaborativamente, registros do professor) como na avaliação somativa;

8º Passo - a UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema). A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo; por isso, a ênfase em evidências, não em comportamentos finais.

4.2 O CONTEXTO DA PESQUISA

A presente pesquisa foi realizada na Escola Estadual de Educação Básica Augusto Ruschi. Esta instituição foi fundada em 1987 e localiza-se em uma região de periferia da cidade de Santa Maria/RS, no Bairro Santa Marta.

A escola dispõe de boa estrutura física, com laboratório de informática, laboratório de ciências e sala de áudio e vídeo, além disso, as salas e classes encontram-se em bom estado de conservação.

Os sujeitos participantes foram os alunos de uma turma do 2º ano do Ensino Médio, que assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, fornecido antes do início da aplicação da pesquisa e que teve por objetivo, esclarecer sobre o que esta se trata, além de ressaltar que a participação é voluntária e anônima. Todavia, em casos de sujeitos menores de idade, também foi solicitada a assinatura dos pais ou responsáveis (Apêndice A).

De acordo com informações disponibilizadas pela escola, ao todo são 21 alunos matriculados nesta turma, com idade média variando entre 16 e 18 anos. Quanto a disciplina de Física, esta possui uma carga-horária de três períodos semanais, sendo dois deles de 45 minutos e um de 30 minutos.

A escolha por esta escola deu-se devido ao fato de a professora pesquisadora já ter desenvolvido atividades na mesma enquanto aluna da graduação, durante o período que foi bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), subprojeto Física. No entanto, embora a professora regente durante aquele período não esteja atualmente na escola, foi ela quem orientou e conduziu as primeiras conversas com a atual professora regente e a equipe diretiva, a fim de obter o consentimento para a implementação das UEPS nesta escola.

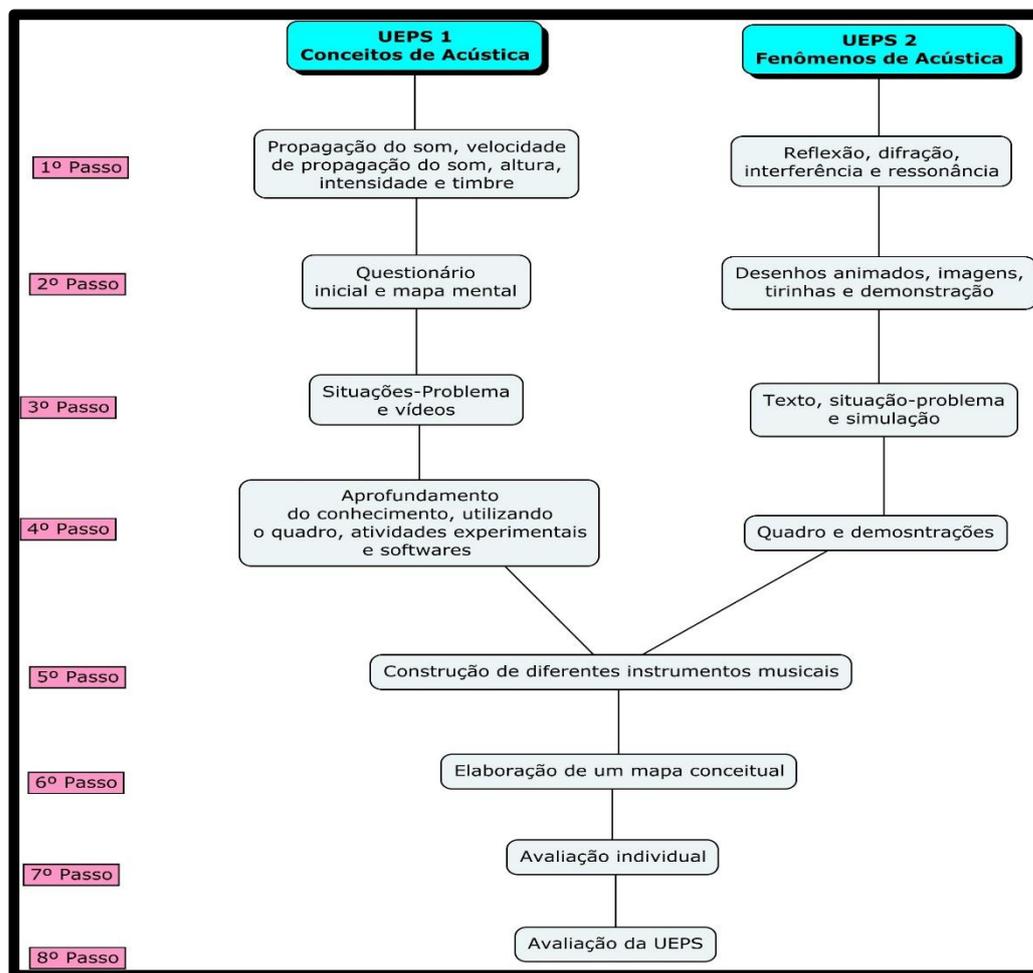
Tanto a professora regente como a equipe diretiva se propuseram em participar da pesquisa, de forma a disponibilizar o espaço da escola, bem como as aulas de Física para a

aplicação das UEPS. Para isso, foi entregue à equipe diretiva da escola uma carta de apresentação da pesquisa (Apêndice B), assinada pela mestrandia e pela orientadora.

4.3 A DESCRIÇÃO DAS UEPS

Foram elaboradas duas UEPS, a primeira envolvendo os conceitos relacionados as características e qualidades do som e a segunda sobre as propriedades da propagação do som, as quais contaram com a utilização de diversos recursos didáticos. No processo de elaboração das UEPS, dificuldades foram surgindo no sentido de contemplar uma situação que desse conta de motivar a externalização dos conhecimentos prévios dos alunos em relação a tantos conceitos e aplicações da acústica. Devido a isso, os passos sugeridos por Moreira (2011), passaram por algumas adequações, conforme está ilustrado no diagrama abaixo:

Figura 1 - Diagrama com a estrutura dos passos utilizados nas UEPS



A implementação das UEPS aconteceu, como já mencionado, em uma turma de 2º Ano da Escola Estadual de Educação Básica Augusto Ruschi, em Santa Maria, RS, durante os meses de outubro e novembro de 2019, somando um total de 20 horas-aula, que foi o tempo disponibilizado pela professora regente. Durante esse período a pesquisadora atuou como professora da turma, em horário normal de aula e, portanto, a pesquisa se deu em condições reais de sala de aula.

4.3.1 UEPS implementadas sobre os conceitos de acústica

Primeira Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS 1)

1º Passo: Definir os conceitos específicos a serem abordados e os objetivos a serem alcançados.

- Tópicos: propagação do som, velocidade de propagação do som, altura, intensidade e timbre.
- Objetivos: Compreender que as ondas sonoras são ondas mecânicas e longitudinais e que a velocidade de sua propagação varia em diferentes meios; Compreender as qualidades fisiológicas do som e identificar as propriedades que influenciam em cada uma delas;

Aulas 1, 2 e 3

Antes de iniciar o segundo passo, os alunos receberam a orientação para dividirem-se em três grupos. Cada grupo foi orientado a construir dois instrumentos musicais diferentes (Flauta d'água, Violão) e um móbile de acordo com as orientações recebidas, que estão descritas no 5º passo das UEPS. Nas aulas 16 e 17 aconteceu a apresentação desses aparatos, em que cada grupo apresentou um deles (foi sorteado o aparato para apresentar). Além da construção dos aparatos, os alunos responderam um conjunto de questões que foi entregue no dia da apresentação.

2º Passo: Criar/propor situações que levem o aluno a externalizar seu conhecimento prévio.

Princípio: do conhecimento prévio

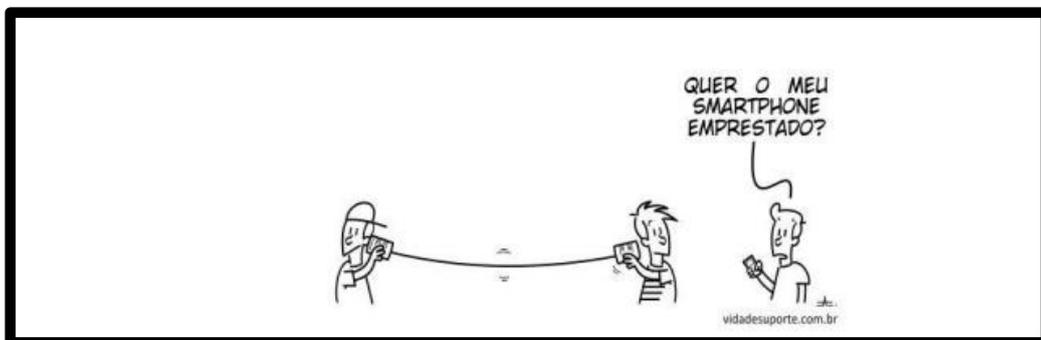
Os estudantes foram orientados a construir um mapa mental sobre a acústica, explicando suas representações e o que conhecem sobre o assunto. O mesmo foi apresentado por alguns alunos da sala e todos entregaram-no para a professora pesquisadora.

Por fim, após os alunos terem terminado de elaborar o mapa, foi proposto que respondessem um questionário com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios que os mesmos possuíam sobre o conteúdo de ondas sonoras. Cada aluno recebeu as questões em uma folha e as respondeu individualmente. Ao final da atividade foi solicitado que entregassem para a professora pesquisadora.

Questionário:

- 1) O que você entende como sendo o som?
- 2) Onde existe o som? Exemplifique.
- 3) Como apresenta a tirinha abaixo, duas crianças estão se comunicando através de um telefone com fio muito utilizado na infância. Agora responda:

Figura 2 – Tirinha utilizada como Situação Inicial



Fonte: vidadesuporte.com.br – Disponível em: <https://vidadesuporte.com.br/>

- a) Como que o som vai chegar até seu amigo que está do outro lado do fio quando uma das crianças fala?
- b) Caso não tivesse o fio, o som chegaria da mesma forma até o seu amigo?

- c) Quando o amigo que oferece o smartphone fala, como que os demais conseguem ouvi-lo?
 - d) Qual a diferença na transmissão do som no telefone com fio e no smartphone?
- 4) Quando se escuta uma música, consegue-se identificar os diferentes instrumentos utilizados na sua execução, mesmo quando a nota tocada pelos diferentes instrumentos é a mesma. O que faz com que o som de cada instrumento seja diferente?

Aula 4

3º passo: Propor situações-problema em nível introdutório que consideram o conhecimento prévio dos alunos.

Princípios: do conhecimento prévio, da interação social e do questionamento; aprendiz como perceptor/representador; da aprendizagem pelo erro; da incerteza do conhecimento, da não utilização do quadro-de-giz;

Foram propostas duas situações-problema aos alunos, uma sobre a propagação do som e outra sobre a velocidade de propagação do som. Novamente eles responderam individualmente e entregaram para a professora pesquisadora. No quadro foram registradas as respostas, para discuti-las brevemente.

Para abordar as características fisiológicas do som, foi realizada uma apresentação utilizando dois vídeos disponíveis no *YouTube*, seguido de alguns questionamentos, conforme está descrito na sequência.

1) Propagação do som

Situação-problema 1:

- a) Como podemos saber se um temporal de raios está se aproximando?
- b) Se vê o relâmpago e escuta o barulho do trovão ao mesmo tempo? Explique.

2) Velocidade de propagação do som

Situação-problema 2:

Nas histórias de aventuras de índios e em alguns filmes de bang-bang, é comum ver as pessoas encostar o ouvido no chão para saber se cavalos ou tropas estão se aproximando, o mesmo também pode ser observado no vídeo (link: <https://www.youtube.com/watch?v=SeziNa8PKP8>). Explique esse costume.

3) Características Fisiológicas do Som

Foram apresentados dois vídeos¹, disponíveis no *YouTube*, de uma mesma obra de J. Bach para a turma. No primeiro vídeo a música é executada em um violoncelo (<https://www.youtube.com/watch?v=jpFj-h1sKvs>) e no segundo em um contrabaixo elétrico (<https://www.youtube.com/watch?v=jx9Tp8oRu9w>). Após a apresentação, os estudantes foram solicitados a responder alguns questionamentos, com a pretensão de chamar a atenção para alguns aspectos específicos.

Questões:

- a) Foi possível observar alguma diferença nos sons produzidos pelos dois instrumentos? Explique.
- b) Quem estava ao lado da caixa de som ouviu da mesma forma que os estudantes que estavam distantes? Por que isso aconteceu?

As questões foram novamente respondidas individualmente e entregues para a professora pesquisadora. No quadro negro foi feita uma sistematização das respostas de cada uma das questões, com o intuito de discuti-las e introduzir a atividade seguinte.

Aulas 4, 5, 6, 7 e 8

4º passo: Aprofundando o conhecimento

Princípios: da interação social; da não centralidade do livro texto;

1) Propagação das ondas sonoras

¹ Atividade adaptada de: SANTOS, L. L. O uso de recursos da Plataforma Moodle no ensino de Ondulatória e Acústica a turmas da segunda série do Ensino Médio. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade de Brasília. Brasília, 2016.

De forma expositiva e dialogada, utilizando o quadro, a aula abordou a classificação das ondas:

- Quanto a natureza:

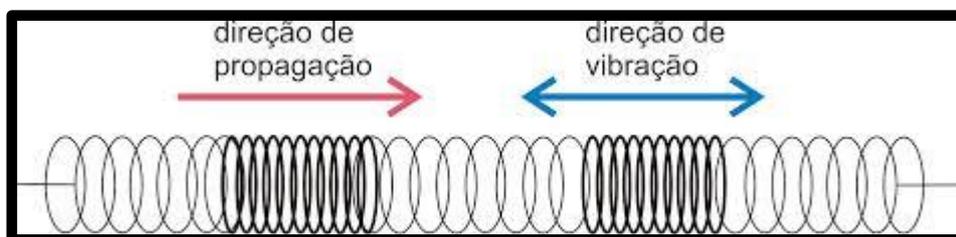
Ondas mecânicas: propagam energia através de partículas de um meio material, sem que essas partículas sejam transportadas. Uma onda mecânica nunca se propaga no vácuo.

Ondas eletromagnéticas: constituem um conjunto de dois campos, um elétrico e outro magnético, que não precisam de um meio material para se propagar, logo podem propagar-se no vácuo.

- Quanto ao tipo:

Ondas longitudinais: produzem perturbações nas partículas do meio material na mesma direção em que se propagam.

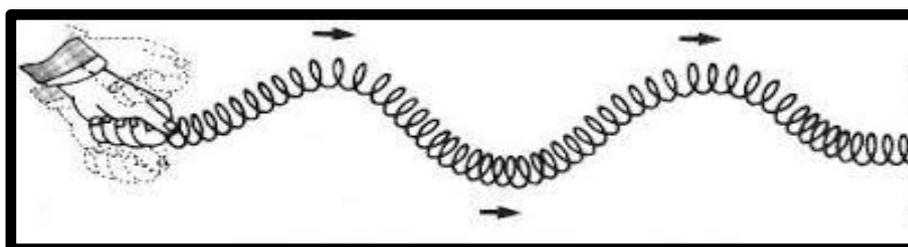
Figura 3 – Representação de uma onda longitudinal



Fonte: Silva e Santos, 2018, p. 5 - Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v40n4/1806-9126-RBEF-40-4-e5406.pdf>

Ondas transversais: são ondas em que as vibrações ocorrem perpendicularmente à direção de propagação.

Figura 4 – Representação de uma onda transversal



Fonte: Colégio Web – Disponível em: <https://www.colegioweb.com.br/nocoes-gerais-de-ondas/ondas-longitudinais-e-ondas-transversais.html>

Foi realizada uma demonstração de como o som se propaga utilizando a mola maluca e, dessa forma, classificamos as ondas sonoras como mecânicas e longitudinais. Posteriormente, discutimos sobre como ocorre a produção da voz e retomamos a questão sobre por que vemos o relâmpago antes de ouvirmos o trovão.

2) Velocidade de propagação do som

- A partir de alguns exemplares, confeccionados pela professora pesquisadora, do telefone com fio utilizado na tirinha da questão 3 do segundo passo, foram lançados alguns questionamentos em voz alta pela professora:
 - a) Considerando o telefone com fio utilizado na tirinha, se variar o comprimento do fio, será percebida alguma diferença em como o som se propaga?
 - b) O fato de o fio estar esticado ou frouxo influencia na propagação do som?

Após os alunos terem manuseado o aparato e discutido entre os colegas, as principais respostas dos questionamentos foram registradas no quadro.

- Dando sequência aos questionamentos, foi proposta uma atividade experimental demonstrativa² com o auxílio do software “Audacity³”, como segue o roteiro:

ROTEIRO

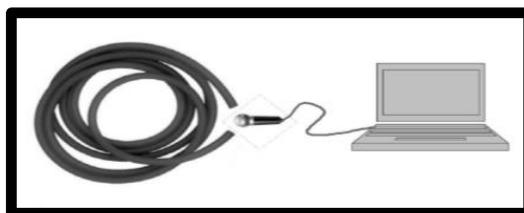
Materiais: 2 mangueiras iguais, porém de comprimentos diferentes: uma delas com 5 metros e outra com 2 metros; Telefone com fio (fio com 2 metros) confeccionado pela professora; Balões; Agulha; Microfone; Computador;

1. Monte o aparato experimental de acordo com a figura abaixo, utilizando a mangueira de 5 metros:

² Atividade adaptada de: SILVA, S. T. Propagação do som: conceitos e experimentos. 2011. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

³ Audacity é um software livre, que permite fazer edição de áudio e medição do tempo de propagação do som, devido a captação de sinais sonoros. Site para acesso: <https://www.audacityteam.org/>

Figura 5 – Representação da montagem dos equipamentos



Fonte: Silva, 2011, p. 45 – Disponível em:

https://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2011_Sergio_Tobias/dissertacao_Sergio_Tobias.pdf

Conecte o microfone no computador e aproxime a mangueira. Coloque a mangueira de modo que o microfone fique entre suas duas extremidades.

2. Abra o programa Audacity e clique em gravar. O programa irá registrar na tela os sons captados pelo microfone, que possibilita extrair informações de tempo e amplitude.
3. Estale um dedo próximo do microfone e observe e anote o que ocorre na tela do computador.
4. Repita o procedimento anterior, porém agora estoure um balão. Novamente observe e anote o que ocorre.
5. Houve diferença entre os sinais do som mais e menos intenso?
6. Determine a velocidade do som do estalo dos dedos e do estouro do balão. Discuta os resultados.

Quadro 1 – Dados coletados para a mangueira de 5 metros

Som produzido	Tempo de propagação	Velocidade de propagação

Fonte: Autora (2020)

Agora, utilizando a mangueira de 2 metros:

1. Estale um dedo e observe e anote o que ocorre na tela do computador.
2. Repita o procedimento anterior, porém agora estoure um balão. Novamente observe e anote o que ocorre.
3. Houve diferença entre os sinais do som mais e menos intenso?

4. Determine a velocidade do som do estalo dos dedos e do estouro do balão para a mangueira de 2 metros. Discuta os resultados.

Quadro 2 – Dados coletados para a mangueira de 2 metros

Som produzido	Tempo de propagação	Velocidade de propagação

Fonte: Autora (2020)

5. Houve diferença entre os sinais e os resultados das velocidades de propagação do som utilizando, primeiro, a mangueira de 5 metros e posteriormente de 2 metros? Comente.

Agora, utilizando a telefone com fio construído pela professora:

1. Substitua a mangueira de 2 metros de comprimento pelo telefone com fio, também de 2 metros, e estoure um balão. Observe e anote o que ocorre.

Quadro 3 – Dados coletados para o telefone com fio de 2 metros

Som produzido	Tempo de propagação	Velocidade de propagação

Fonte: Autora (2020)

2. Determine a velocidade do som do estouro do balão para o telefone com fio.

3. Compare com o resultado da velocidade do som do estouro do balão com a mangueira de 2 metros com o obtido e justifique.

A partir das questões propostas no roteiro, discutimos os resultados obtidos durante a realização do experimento, com a intenção de contribuir na compreensão dos fatores que influenciam na velocidade de propagação do som (meio) e confrontar com as respostas dos questionamentos sobre a tirinha do aparato construído representando um telefone com fio. Para finalizar, os alunos receberam uma tabela com valores da velocidade de propagação do som em alguns meios.

Figura 6 – Tabela da velocidade de propagação do som em determinados meios

Sólidos	
Vidro (20 °C)	5130 m/s
Alumínio (20 °C)	5100 m/s
Líquidos	
Glicerina (25 °C)	1904 m/s
Água do mar (25 °C)	1533 m/s
Água (25 °C)	1493 m/s
Mercúrio (25 °C)	1450 m/s
Gases	
Hidrogênio (0 °C)	1286 m/s
Hélio (0 °C)	972 m/s
Ar (20 °C)	343 m/s
Ar (0 °C)	330 m/s

Fonte: Toda Matéria – Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/velocidade-do-som/>

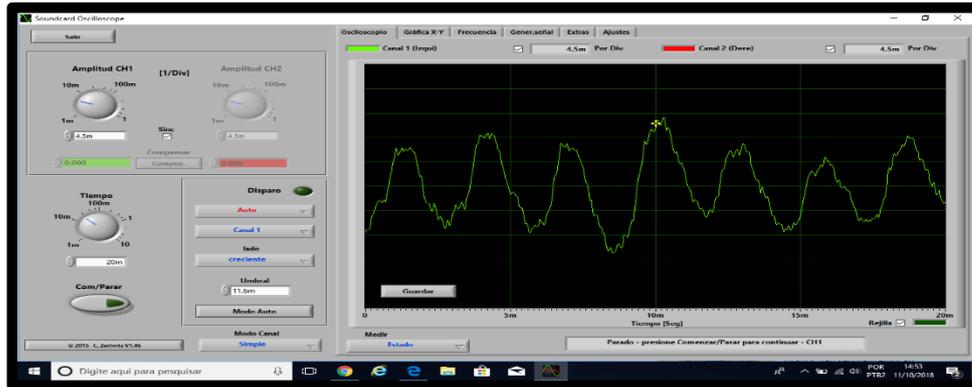
3) Características Fisiológicas do Som

Para iniciarmos a discussão sobre as qualidades fisiológicas do som, foram apresentados para a turma o som de dois instrumentos musicais conhecidos pelos alunos: um violão e um violino com o intuito de explorar os diferentes sons que eles produzem. Como alguns estudantes tocam instrumentos musicais, eles mesmos levaram tais instrumentos para a aula neste dia.

Utilizando o software “Soundcard Scope⁴” foram exploradas, nos instrumentos escolhidos, as seguintes características físicas: altura, intensidade e timbre.

Figura 7 – Representação da nota fá de uma flauta no Soundcard Scope

⁴ O Soundcard Scope é um software livre e será utilizado na atividade como um osciloscópio, que auxiliará na captação e medição de sinais sonoros. Site de acesso: https://www.zeitnitz.eu/scope_en



Fonte: Autora (2020)

a) Altura – está relacionada com a frequência do som (grave e agudo). Utilizando o violão, nesse momento, foram reproduzidos os sons da corda mais fina, da mais grossa e, depois, de uma intermediária. Os estudantes foram solicitados a observar na tela do computador como é o formato da onda produzida por cada som, o que muda entre elas e registrá-las no caderno, bem como completar o seguinte quadro:

Quadro 4 – Dados de frequência coletados para o som do violão

Espessura da corda do violão	Nota musical	Frequência (Hz)
Fina		
Intermediária		
Grossa		

Fonte: Autora (2020)

Para que os alunos pudessem preencher a coluna referente a nota musical, foi fornecida uma tabela com a correspondência das notas de acordo com a frequência.

Figura 8 – Relação entre as notas musicais e as frequências correspondentes

Notas	Frequência (Hz)
dó	264
ré	297
mi	330
fá	352
sol	396
lá	440
si	495
dó	528

Fonte: Mundo educação – Disponível em: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/notas-escalas-musicais.htm>

Com isso, evidenciamos que sons agudos são aqueles cujas frequências são altas, já os graves possuem frequências baixas.

Em seguida, um diapasão foi colocado para vibrar na nota *lá* e os alunos novamente observaram na tela do computador como é o formato da onda produzida pelo som e qual é a frequência registrada.

b) Intensidade – está relacionada com a amplitude da onda (forte e fraco). Dessa vez foi tocada a mesma corda do violão duas vezes. O que modificou é que na segunda vez, o violão estava ligado a uma caixa de som. Novamente os alunos foram solicitados a observar na tela do computador como é o formato da onda, o que muda entre elas e registrá-las no caderno, assim como, completar o seguinte quadro:

Quadro 5 – Dados de amplitude coletados para os sons do violão

Som	Amplitude (m)
Sem a caixa	
Com a caixa	

Fonte: Autora (2020)

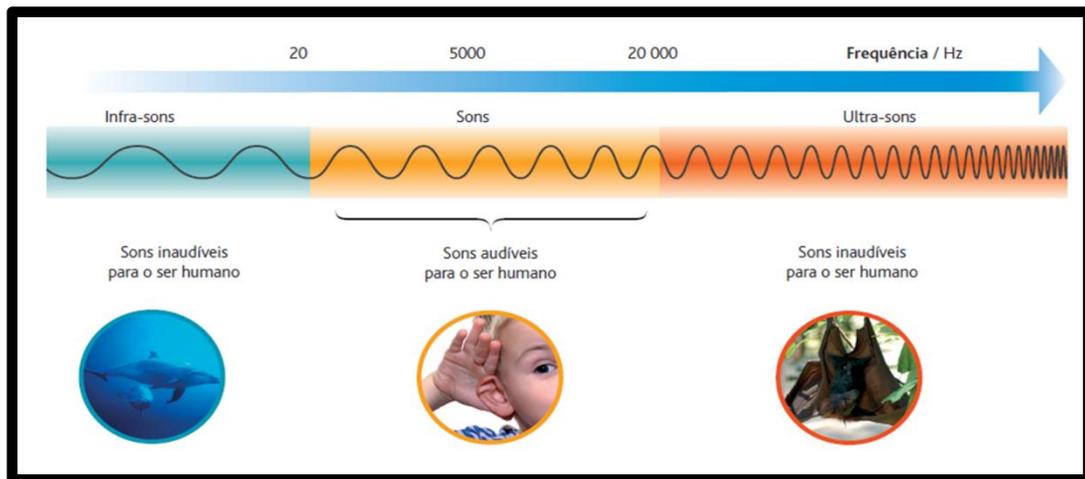
Neste caso, a intenção foi relacionar a intensidade com a quantidade de energia que a onda transporta, ou seja, quanto maior a intensidade do som, mais forte ele é e quanto menor, mais fraco.

c) Timbre – foram reproduzidas uma mesma nota musical no violão e, depois, no violino. Buscamos com isso, que os estudantes notassem que, embora seja a mesma nota, os timbres são diferentes e, conseqüentemente, o que pode ser observado na tela do

computador é que o formato das duas ondas é que muda. Dessa forma, o timbre é a qualidade que permite diferenciar dois sons de mesma altura, mas produzidos por fontes distintas.

Para encerrar a discussão sobre as qualidades fisiológicas do som, retomamos a questão 4 do segundo passo e no quadro foi realizada a sistematização dos limites de audibilidade, por meio do espectro sonoro.

Figura 9 – Representação do espectro sonoro



Fonte: Blog Ciências Físico-Químicas – Disponível em: <http://francisco-moura-cfq.blogspot.com/2013/06/audicao.html>

Segunda Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS 2)

1º passo: Definir os conceitos específicos a serem abordados e os objetivos a serem alcançados.

- Tópicos: reflexão, difração, interferência e ressonância
- Objetivos: Compreender os fenômenos da reflexão, difração, ressonância e interferência; Identificar os parâmetros que influenciam nos fenômenos abordados;

Aulas 9 e 10

2º passo: Criar/propor situações que levem o aluno a externalizar seu conhecimento prévio.

Princípio: do conhecimento prévio

Com a pretensão de identificar os conhecimentos prévios que os alunos possuíam sobre os fenômenos da reflexão, difração, ressonância e interferência foram propostas diferentes situações, seguidas de questões para os alunos responderem e entregarem para a professora pesquisadora.

1) Reflexão

Foi apresentado um trecho de um desenho infantil intitulado “O show da Luna! Eco, eco, eco” para identificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o fenômeno da reflexão e em seguida foram feitos os seguintes questionamentos:

- a) Quais os sons que se observam no vídeo do desenho infantil?
- b) Quando estamos à beira de um penhasco, no meio de uma floresta ou em uma igreja vazia e gritamos “Oi”, o que ouvimos?
- c) Há alguma relação entre a situação apresentada com o vídeo? Explique.

2) Difração

Observe a imagem abaixo e responda:

Figura 10 – Representação do fenômeno da difração



Fonte: Exercícios mundo educação – Disponível em: <https://exercicios.mundoeducacao.bol.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-reflexao-refracao-difracao-das-ondas.htm>

Como Cebolinha pode ouvir a voz da Mônica, mesmo sem vê-la? Explique.

3) Ressonância

Figura 11 – Representação do fenômeno da ressonância



Fonte: Turma da Mônica – Disponível em: www.monica.com.br

- Como apresenta a tirinha acima, Mônica está gritando muito com o Cebolinha. Por que as taças, o espelho e os óculos do garoto ao lado quebraram?
- Se as taças fossem de plástico, quebrariam também? Explique.
- O que acontece com as moléculas do ar e do copo durante o grito?

4) Interferência

1) Você já deve ter deixado seu celular tocar perto das caixinhas de som de um computador ou da televisão. Quando isso acontece, como é o som que passa a sair das caixinhas? Explique.

2) Em seguida, foi realizada uma demonstração utilizando microfone e caixas de som. Tais equipamentos foram posicionados de modo que provocassem um zunido no ambiente.

Os alunos foram questionados sobre:

- a) Por que isso acontece?
- b) O que é preciso fazer para que isso não aconteça?

Aulas 11 e 12

3º passo: Propor situações-problema em nível introdutório que consideram o conhecimento prévio dos alunos.

Princípios: do conhecimento prévio, da interação social e do questionamento; aprendiz como perceptor/representador; da aprendizagem pelo erro; da incerteza do conhecimento, da não utilização do quadro-de-giz;

Levando em consideração as atividades anteriores e com o intuito de introduzir os fenômenos relacionados a acústica, foram propostas novas atividades aos alunos.

1) Reflexão

Foi utilizado um trecho do texto “Morcegos” publicado na Revista Superinteressante (<https://super.abril.com.br/ciencia/morcegos/>), que está descrito abaixo:

“Morcegos são cegos, certo? Errado. Algumas espécies enxergam até dez vezes melhor que os seres humanos. No entanto, a imensa maioria vê o mundo em preto-e-branco, o que não é exatamente um problema para um animal que tem hábitos noturnos. De fato, a visão dos morcegos é perfeitamente adaptada aos ambientes com pouca luminosidade. Além disso, eles contam com uma ajudinha ainda mais sofisticada para se orientar no escuro: a ecolocalização, um sistema que funciona como um biossonar. O morcego emite ondas sonoras em frequências inaudíveis para o ser humano que, ao encontrar um obstáculo, retornam e são captadas por seu

ouvido especial. Pelo sinal reverberado, o morcego consegue medir a que distância está o objeto, qual seu tamanho, velocidade e até detalhes de sua textura.”

Após a leitura do trecho, os alunos formaram grupos para responder as seguintes questões:

- a) A forma como a ecolocalização ajuda os morcegos a se orientarem pode ser observada de outra forma no nosso dia a dia? Explique.
- b) Qual a relação disso com o eco?

As respostas das questões foram brevemente comentadas entre a turma e posteriormente foram entregues para a professora pesquisadora.

2) Difração

Os alunos foram orientados a fazerem, em duplas e em casa, uma pesquisa sobre salas que possuem boa e má acústica e após elaborarem um texto com as explicações obtidas por meio da pesquisa. Todos entregaram o texto contendo as informações adquiridas pela pesquisa para a professora pesquisadora.

3) Ressonância

Situação-problema

Foi apresentado um vídeo disponível no *YouTube* (<https://www.youtube.com/watch?v=mfQk6ac4res>) do momento em que a ponte de Tacoma entra em ressonância e cai, a partir disso os alunos foram questionados:

Há alguma relação entre o rompimento da ponte apresentado no vídeo e o rompimento das taças apresentado na tirinha abaixo? Se há, qual é?

Figura 11 – Representação do fenômeno da ressonância



Fonte: Turma da Mônica – Disponível em: www.monica.com.br

As questões foram novamente respondidas individualmente e entregues para a professora pesquisadora. No quadro negro foi feita uma sistematização das respostas de cada uma das questões, com o intuito de discuti-las.

4) Interferência

Para introduzir o fenômeno da interferência os alunos foram encaminhados ao laboratório de informática, onde foi utilizada uma simulação computacional. A turma foi dividida em grupos e receberam o roteiro abaixo para a realização da tarefa.

ROTEIRO

Abra a simulação do Phet Colorado intitulada “Som” (https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/sound).

Selecione a aba “Interferência entre duas fontes” e após ative o áudio.

1. Fixe a escala da amplitude e da frequência no máximo.
2. Varie a posição do ouvinte: Para cima, para baixo, no centro, no centro bem próximo aos dois alto-falantes e no centro afastado dos alto-falantes.
 - a) Enquanto você varia a posição do ouvinte o que você percebe com relação ao som?
 - b) Por que o som é mais intenso em algumas posições?
 - c) E se movêssemos a posição dos alto-falantes, alguma coisa mudaria?

3. Varie a posição do alto-falante superior.

a) Você mudaria a resposta que deu a questão anterior (E se movêssemos a posição dos alto-falantes, alguma coisa mudaria)? Por quê?

A partir das respostas das questões propostas no roteiro e das observações realizadas durante a simulação, foi realizada uma discussão buscando as relações com a demonstração realizada no passo anterior, para dar seguimento ao aprofundamento do conhecimento.

Aulas 13, 14 e 15

4º passo: Aprofundando o conhecimento

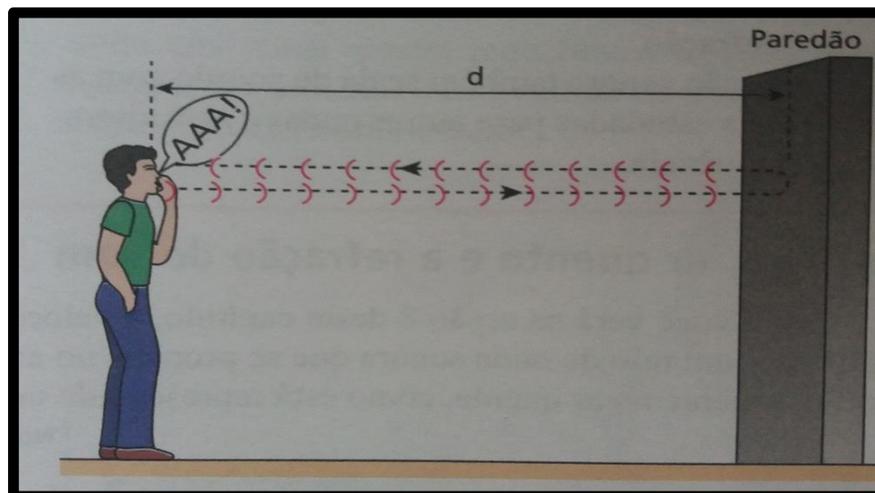
Princípios: da interação social; da não centralidade do livro texto;

1) Reflexão e difração

Aula expositiva utilizando o quadro para explicar os fenômenos da reflexão e da difração:

- Reflexão: ocorre quando as ondas sonoras, ao atingirem um obstáculo fixo, são refletidas. O som refletido mantém a mesma velocidade de propagação, mesma frequência e o mesmo comprimento de onda do som incidente.

Figura 12 – Representação do fenômeno da reflexão



Fonte: Villas Bôas, Doca e Biscuola, 2010, p. 245

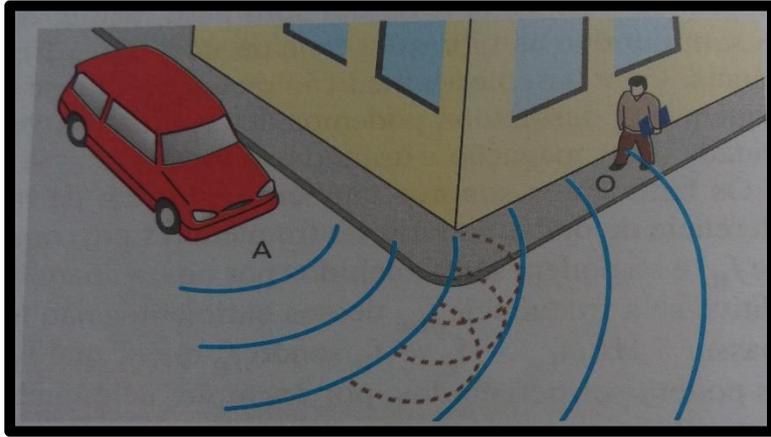
Sendo v o módulo da velocidade de propagação do som no ar, o som refletido chegará à pessoa após um intervalo de tempo Δt , tal que de $v = \frac{2d}{\Delta t}$.

Na sequência, os alunos foram desafiados a realizar os cálculos para responder a seguinte questão: Considerando que o som deve ir até o obstáculo e voltar ao receptor e o tempo considerado é de 0,1 s. Qual será a distância mínima necessária para que o eco ocorra?

Após os alunos finalizarem suas respostas, a professora pesquisadora realizou no quadro a resolução da mesma, onde foram lembradas as questões propostas no segundo passo.

- Difração: ocorre quando os obstáculos atingidos pelas ondas sonoras apresentam dimensões inferiores ou de mesma ordem de grandeza às do seu comprimento de onda. Sons de frequências mais baixas, por terem maior comprimento de onda, difratam-se mais que os de frequências mais altas.

Figura 13 – Representação do fenômeno da difração



Fonte: Villas Bôas, Doca e Biscuola, 2010, p. 248

Foi realizada uma demonstração com o despertador tocando fora da sala de aula e os alunos dentro, para que percebessem a difração do som. Essa breve demonstração foi relacionada com a Figura 10, apresentada no segundo passo.

2) Ressonância e interferência

Para o estudo do fenômeno da ressonância e da interferência utilizamos dois diapasões didáticos para demonstrar como ocorrem os fenômenos da ressonância e da interferência.

Foi utilizado dois diapasões com caixas de ressonância, de frequências iguais colocados lado a lado. Um deles foi colocado para vibrar numa frequência de 440 Hz e conseqüentemente o diapasão que estava ao lado passou a vibrar também na mesma frequência. Dessa forma, foi explicado o fenômeno da ressonância:

- Discussão sobre ressonância: é o fenômeno que acontece quando uma fonte emite um som de frequência igual a vibração natural de um receptor. Dessa forma o som é amplificado, pois passa a vibrar com amplitudes maiores.

Foi discutido que o mesmo acontece com os violões, tambores e trompetes.

Posteriormente, colocando os dois para vibrar ao mesmo tempo, observamos o fenômeno da interferência:

- Discussão sobre interferência: é o fenômeno que ocorre quando duas ou mais ondas se encontram, gerando uma onda resultante igual à soma algébrica das perturbações de cada onda.

Foi retomada a simulação “Som”, realizada no terceiro passo e a partir dela discutimos que tanto a intensidade como a frequência das ondas emitidas pelas fontes sonoras são iguais e que a diferença de intensidade do som percebida na simulação é produzida à medida que se varia a posição do ouvinte, devido a diferença de fase. A partir dessa diferença de intensidade foi abordada a interferência construtiva e destrutiva, que é causada devido à diferença das distâncias das fontes ao ouvinte.

Para finalizar, foram utilizados dois instrumentos musicais diferentes ao mesmo tempo e com a utilização do software Soundcard Scope observamos a interferência produzida.

Finalizando as UEPS 1 e UEPS 2

Aula 16 e 17

5º passo: Nova situação–problema

Princípios: da interação social; da não centralidade do livro texto; da não utilização do quadro de giz; do abandono da narrativa;

- Apresentação da construção de diferentes aparatos musicais.

Como já citado, na primeira aula foi proposto para os alunos a construção de dois instrumentos musicais (flauta d’água, violão) e um móbile. Para isso a turma foi dividida em três grupos, sendo que cada um deles ficou responsável pela construção dos três aparatos. A construção foi realizada em casa ou no contraturno das aulas e foi fornecido auxílio para a construção e elaboração dos mesmos.

Nestas aulas (16 e 17), cada grupo apresentou um dos instrumentos, que foi sorteado pela professora pesquisadora no dia da apresentação. A partir dos instrumentos e do móbile discutimos os conteúdos abordados nas aulas anteriores, por meio de questões que foram respondidas e entregues pelos grupos no dia da apresentação.

Foi disponibilizado um roteiro para auxiliar na construção⁵ dos instrumentos com as questões que foram entregues, o qual está descrito abaixo:

⁵ As orientações para a construção foram retiradas de: MOURA, D. A.; NETO, P. B. O ensino de acústica no Ensino Médio por meio de instrumentos musicais de baixo custo. Revista Física na Escola, v. 12, n. 1, p. 12 – 15. 2011.

ROTEIRO

Flauta d'água:

Materiais:

- Cano de PVC de aproximadamente 30 cm
- Balão
- Fita crepe

Procedimento:

1. Pegue o balão e encaixe-o na boca do cano PVC de modo que não o fure, prendendo-o com fita crepe, para que fique bem fixo.
2. Segure o instrumento na vertical, de forma a deixar a abertura do cano com o balão na parte inferior. Encha o balão com água até a altura do cano.
3. Para tocar este instrumento, basta soprar na extremidade livre do cano de PVC, onde o balão não está encaixado, tentando produzir o som com maior projeção possível no ato de soprar.
4. Após esta etapa aperte a bexiga, de modo a conseguir outros sons musicais.

Violão

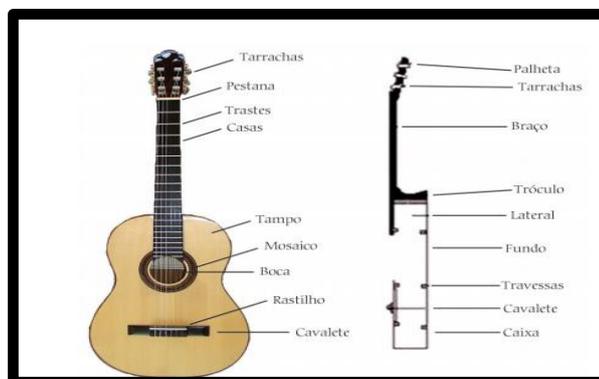
Materiais:

- Caixa de sapato
- Ripa de madeira de tamanho 1 x 0,01 x 0,05 m
- Pregos de tamanho médio e grande
- Três pitões ou ganchos
- Três cordas “Mi” de nylon para violão ou linha de pescar
- Canetinha” colorida
- Lápis
- Cola de contato
- Um copo de vidro 200
- Martelo
- Serra
- Cola de contato
- Alicate
- Faca de cozinha

Procedimento:

1. Identificar as partes que compõem o violão tradicional, o que é explicitado na figura abaixo:

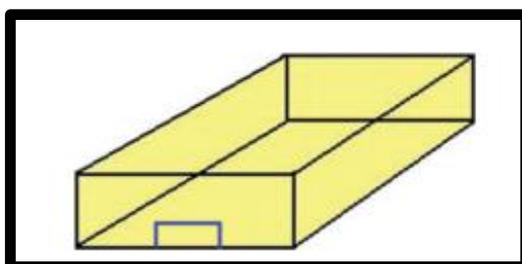
Figura 14 – Identificação das partes do violão



Fonte: Moura e Neto, 2011, p. 14

2. A montagem do instrumento começa pela ripa de madeira, que será colada no fundo da caixa de sapato, bem na parte central. Para isso, recorte, com a faca de cozinha, um espaço em uma das laterais menores da caixa de forma a encaixar a ripa de uma lateral a outra:

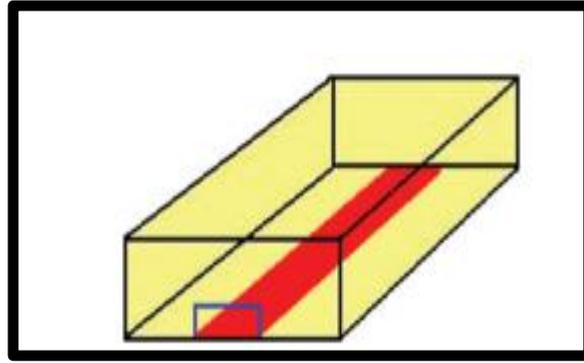
Figura 15 – Caixa de sapato com entrada para a ripa



Fonte: Moura e Neto, 2011, p. 14

3. Demarque, no fundo da caixa de sapato, o local exato onde a ripa será colocada:

Figura 16 – Caixa de sapato com a demarcação para a colagem da ripa



Fonte: Moura e Neto, 2011, p. 14

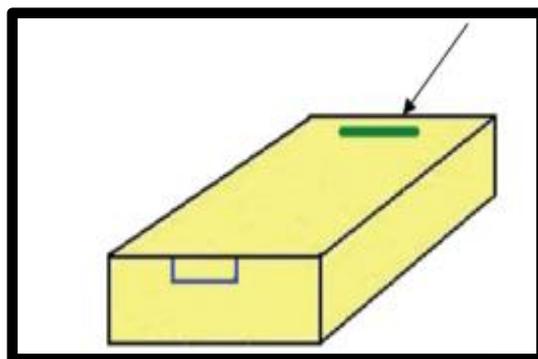
4. Este violão terá duas “bocas”. Para fazê-las, pegue o copo de 200 mL e coloque-o com a extremidade aberta para baixo nas laterais do local demarcado no fundo da caixa de sapato, desenhe dois círculos e depois recorte-os.

5. Encaixe a ripa e cole-a na parte anteriormente demarcada, encostando-a no fundo da lateral menor oposta à do encaixe.

6. Depois, utilize três pregos, um maior no centro, para prender a ripa no fundo, sendo estes pregados horizontalmente, em linha, deixando-os um pouco expostos para que posteriormente possam prender as cordas.

7. Tendo realizado esta etapa, é hora de trabalhar na parte externa do instrumento. Primeiro, é necessário obter as medidas dos trastos de braço de um violão tradicional, da pestana até o final da casa 12 do instrumento (por volta de 33 cm). Pegue a canetinha, esvazie-a e corte-a no meio; o local indicado na Figura 17 é onde se colocará uma de suas metades, que será o rastilho do violão.

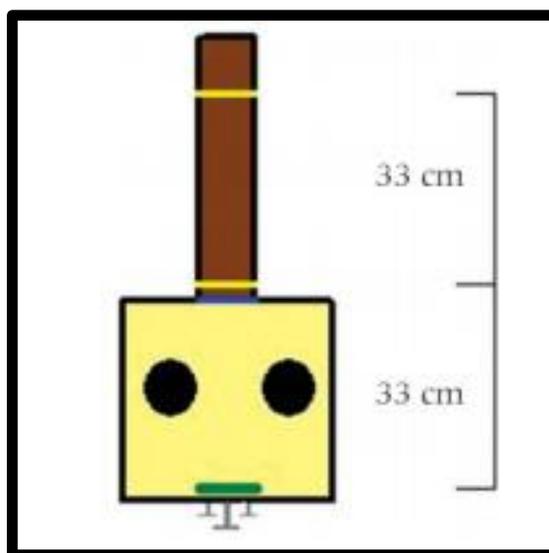
Figura 17 – Caixa de sapato com cavalete de canetinha



Fonte: Moura e Neto, 2011, p. 14

8. Utilizando a medida obtida anteriormente, no caso 33 cm, meça do cavalete 33 cm em relação a ripa e marque esta posição. Meça desta posição os mesmos 33 cm até o final da ripa, e marque também esta posição, como na Figura 18.

Figura 18 – Medidas do violão



Fonte: Moura e Neto, 2011, p. 14

9. Esta última posição marcada será a pestana do violão (observar a seta no braço do violão), onde a outra metade da “canetinha” deverá ser colocada.

10. Agora prenda os três pitões na parte anterior à pestana, se possível horizontalmente e em linha. Amarre as três cordas uma em cada pitão, passe-as por cima da pestana e depois do rastilho, então prenda-as nos pregos que prendem a ripa, mas sempre direcionando-as de forma retilínea, ou seja, a corda do pitão do centro é presa ao prego do centro, e assim por diante.

11. Então gire os pitões para afinar o violão.

MóBILE

Materiais:

- Tubos de alumínio (comprimentos: 23cm, 25cm, 27cm, 29cm, 31cm e 33cm)
- Cordão
- Agulha
- Linha

- Trena e réguas
- Tesoura
- Acessórios de plástico para percussão e suspensão dos tubos
- Móviles prontos para manipulação

Procedimento:

1. Faça a suspensão dos tubos no suporte de forma equidistante, ou seja, divida a circunferência em seis partes iguais.
2. Utilize tubos de diferentes comprimentos.

Questões para serem respondidas e entregues:

- 1) As três cordas do violão produzem o mesmo som quando são vibradas? Por quê?
- 2) Qual a qualidade que influencia na afinação das cordas? Como?
- 3) Diminuindo a quantidade de água no balão, o som produzido pela flauta será alterado? Explique por quê.
- 4) Se o comprimento do cano PVC fosse maior, o som produzido pela flauta mudaria? Justifique.
- 5) Ao tocar nos tubos do móbil, que possuem comprimentos diferentes, o som produzido por eles é o mesmo? Explique
- 6) Descreva o fenômeno da ressonância a partir de um dos aparatos construídos.
- 7) Descreva uma situação em que foi possível observar o fenômeno da difração. Indique com qual dos aparatos essa situação foi observada.
- 8) Proponha uma situação, a partir dos aparatos construídos, onde o fenômeno da reflexão pode ser observado. Explique utilizando desenhos.
- 9) Se os aparatos forem tocados ao mesmo tempo:
 - a) Conseguiremos identificá-los mesmo assim? Por quê?
 - b) Algum fenômeno estudado estará associado a isso? Justifique.

Aulas 18 e 19

6º passo: Diferenciação progressiva

Princípios: do aprendiz como perceptor/representador; do conhecimento como linguagem;

Foi solicitada a construção de um mapa conceitual individual sobre todos os conceitos abordados nas UEPS. Os mapas foram propostos com o objetivo de avaliar o enriquecimento da estrutura cognitiva dos estudantes e a forma com que relacionam os conceitos trabalhados.

Aula 20

7º passo: Avaliação somativa individual

Princípios: da incerteza do conhecimento; do abandono da narrativa;

Os alunos responderam as questões abaixo individualmente e sem consulta:

- 1) Sobre a propagação de ondas sonoras, pode-se afirmar que:
 - a) O som é uma onda mecânica do tipo transversal que necessita de um meio material para se propagar.
 - b) O som também pode se propagar no vácuo, da mesma forma que as ondas eletromagnéticas.
 - c) A velocidade de propagação do som nos materiais sólidos em geral é menor do que a velocidade de propagação do som nos gases.
 - d) O som é uma onda mecânica do tipo longitudinal que necessita de um meio material para se propagar
- 2) Durante uma tempestade, uma pessoa observa um relâmpago e somente após 10 s ela escuta o barulho do trovão correspondente. A que distância ocorreu a descarga elétrica que provocou o relâmpago e o trovão?
- 3) Estabeleça as relações necessárias entre as qualidades fisiológicas do som com a frequência e a amplitude de uma onda sonora.
- 4) (Enem PPL 2013) Visando reduzir a poluição sonora de uma cidade, a Câmara de Vereadores aprovou uma lei que impõe o limite máximo de 40 dB (decibéis) para o nível sonoro permitido após as 22 horas. Ao aprovar a referida lei, os vereadores estão limitando qual característica da onda?
 - a) A altura da onda sonora.
 - b) A amplitude da onda sonora.
 - c) A frequência da onda sonora.
 - d) A velocidade da onda sonora.
 - e) O timbre da onda sonora.

- 5) Um grupo de crianças estava brincando de esconde-esconde. Enquanto um deles, chamado João, estava contando num muro, duas das crianças resolveram esconder-se atrás do mesmo. Mesmo sem João ver as crianças ele sabia que elas estavam do outro lado do muro. Explique qual o fenômeno físico é responsável por isso.
- 6) Consideremos dois violões com as cordas lá igualmente afinadas. Estando um violão próximo ao outro, tangemos a corda lá de um deles e verificamos que a corda lá do outro também vibra. Qual fenômeno explica esse acontecimento?
- 7) (G1 - UFTPR 2008) Sobre ondas sonoras, considere as seguintes afirmações:
- I - As ondas sonoras são ondas transversais.
- II - O eco é um fenômeno relacionado com a reflexão da onda sonora.
- III - A altura de um som depende da frequência da onda sonora.
- Está(ão) correta(s) somente:
- a) I.
- b) II.
- c) III.
- d) I e II.
- e) II e III.
- 8) Um homem ocupa uma região entre duas potentes caixas de som. Com a ajuda de um detector sonoro, ele percebe que em diferentes posições o som produzido pelas caixas sonoras é mais ou menos intenso. Sobre a constatação do homem, indique qual o fenômeno sonoro responsável por isso e como ocorre.

8º Passo - Avaliação da UEPS

Foi realizada a análise qualitativa sobre as atividades realizadas no desenvolvimento da UEPS, onde se buscou verificar a ocorrência de aprendizagem significativa. Essa aprendizagem é considerada significativa quando há progresso na aprendizagem do aluno ao longo do desenvolvimento das atividades.

5 RESULTADOS

Considerando a Teoria da Aprendizagem Significativa e a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica como referenciais adotados, buscamos, a partir das atividades presentes nas UEPS, verificar indícios de aprendizagem significativa (Ausubel et al., 1980), conforme intenção demonstrada na questão problema da presente pesquisa:

De que forma a implementação de UEPS favorece a aprendizagem significativa de conceitos de Acústica de estudantes do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública da cidade de Santa Maria/RS?

Na busca por respostas ao problema exposto, temos como objetivo geral investigar, a partir da implementação de UEPS sobre acústica, indícios de aprendizagem significativa de estudantes do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública de Santa Maria/RS.

Dos objetivos específicos elencados na página 10, neste capítulo vamos abordar o seguinte:

- Verificar indícios de aprendizagem significativa dos conceitos trabalhados com os estudantes a partir da aplicação da UEPS.

Portanto, neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir dos procedimentos realizados neste trabalho e para uma melhor compreensão, na tentativa de responder ao problema e objetivos da pesquisa, dividiu-se a análise a partir de dois grupos de instrumentos.

O grupo 1 é composto por sete instrumentos, a saber: dois questionários iniciais, que tinham como intuito principal compreender as ideias prévias dos estudantes sobre as características e qualidades fisiológicas do som, bem como sobre as propriedades da sua propagação, os quais definimos como sendo o Instrumento 1 (I1) e Instrumento 3 (I3), respectivamente, e que correspondem ao 2º passo da UEPS; os instrumentos 2 (I2), 4 (I4), 6 (I6) e 7 (I7), do 3º passo da UEPS - questionários introdutórios que buscam aprofundar as discussões a partir das respostas elaboradas pelos estudantes aos questionamentos dos questionários iniciais; e o instrumento 5 (I5) - um pequeno texto elaborado pelos alunos sobre uma possível aplicação do fenômeno da difração no dia a dia; a avaliação final realizada pelos estudantes ficou definida como sendo o Instrumento 8 (I8) e corresponde ao 7º passo da UEPS.

Já o grupo 2 é composto pelo Mapa Mental (M1) elaborado pelos estudantes no dia em que iniciamos as atividades das UEPS (passo 2), pelo Trabalho de elaboração dos instrumentos musicais em grupos (T1), correspondente ao 5º passo da UEPS, e pelo Mapa

Conceitual (M2) elaborado pelos estudantes antes da avaliação final, o que corresponde ao 6º passo da UEPS.

Quadro 6 - Organização da análise por instrumentos

Grupo	Instrumentos	Passo da UEPS	Aula	Número de alunos
Grupo 1	I1	2º	2	18
			3	19
	I2	3º	4	19
	I3	2º	9	20
			10	18
	I4	3º	11	16
	I5		Em casa	11
	I6		12	11
	I7		13	17
I8	7º	20	19	
Grupo 2	M1	2º	1	20
	T1	5º	16	20
			17	20
	M2	6º	18	19
			19	19

Fonte: Autora (2020)

Os estudantes apontados na análise foram identificados com um número de forma aleatória, para garantir seu anonimato. Dos vinte e um estudantes da turma em que desenvolvemos a aplicação da UEPS, apenas um deles não entregou o termo de consentimento livre e esclarecido e, portanto, as atividades por ele elaboradas foram excluídas da análise.

5.1 ANÁLISE DOS INSTRUMENTOS DO GRUPO 1

Para uma melhor organização na apresentação dos resultados, estes foram organizados em tópicos de acordo com a estrutura conceitual em que foram trabalhados. Neste primeiro

grupo de instrumentos analisamos o enriquecimento da estrutura cognitiva dos estudantes quanto aos seguintes tópicos: características das ondas sonoras, qualidades fisiológicas do som e propriedades da propagação do som.

5.1.1 Quanto às características das ondas sonoras

A investigação sobre o enriquecimento da estrutura cognitiva dos estudantes com relação às características das ondas sonoras se deu mediante a análise conceitual das seguintes características: O som é uma onda (C1); O som é uma onda mecânica (C2); O som é uma onda do tipo longitudinal (C3); Relação da velocidade de propagação com o meio (C4).

A) O som é uma onda (C1)

O som⁶ é uma vibração que se propaga pelo ar transmitindo energia, mas nunca matéria. De acordo com Gaspar (2013), quando essas vibrações atingem nosso sistema auditivo, são detectadas e traduzidas em impulsos nervosos, elétricos, que o cérebro decodifica como som. Sendo assim, o som é definido como sendo uma onda mecânica.

Dessa forma, para que ocorra a aprendizagem significativa do conceito de que o som é uma onda, consideramos necessária a interação entre os novos conhecimentos e os já existentes na estrutura cognitiva do sujeito, os quais são denominados como subsunçores (Ausubel, 2003). Devido a isso, consideramos desejável que os estudantes apresentem os seguintes subsunçores:

- O que é uma onda;
- O som é uma onda que pode ser transmitida.

Em nosso contexto, considerando que, de acordo com a professora regente da turma, os alunos já haviam estudado anteriormente o conteúdo de ondas, suas propriedades e fenômenos, é razoável esperar que eles já possuam estes subsunçores (em maior ou menor precisão).

Portanto, para o entendimento da compreensão dos estudantes sobre o conceito de que o som é uma onda, iniciamos a análise das questões do questionário inicial (I1), correspondente ao 2º passo da UEPS, que tem como propósito, segundo Moreira (2011),

⁶ O som também é uma sensação sonora que nossos ouvidos são capazes de detectar (LUZ e ÁLVARES, 2013). Esta sensação é produzida pelo movimento organizado das moléculas que compõem o ar ao penetrar na orelha.

investigar os conhecimentos prévios dos estudantes e, conseqüentemente, compreender o que eles entendem como sendo som. Para tanto, utilizamos as questões 1 e 3a, que foram respondidas por dezoito e dezenove alunos, respectivamente, no segundo e terceiro encontros (aulas 2 e 3).

- ♦ A₁) Questão 1 (II) O que você entende como sendo o som?

Esta questão teve como objetivo compreender o que os estudantes entendem sobre o som, se o relacionam com ondas e quais características atribuem a ele. A partir das respostas, observamos que para treze deles, o som pode ser entendido como qualquer barulho, batida, ruído, música e voz, conforme verifica-se nos extratos abaixo:

“Tudo que envolve barulho” (Aluno 6)

“Ruídos, barulhos e vozes” (Aluno 1)

“Músicas, ondas, tudo” (Aluno 17)

Por sua vez, para oito alunos o som também é compreendido como tudo aquilo que pode ser escutado e transmitido:

“Algo que possa ser escutado/emitido” (Aluno 8)

“Tudo o que eu sou capaz de ouvir” (Aluno 16)

“Barulhos perceptíveis aos ouvidos” (Aluno 21)

Das dezoito respostas apresentadas, em apenas três delas foi citado que som é uma onda e dessas três, somente duas relacionam o som, especificamente, com ondas sonoras:

“Músicas, ondas, tudo” (Aluno 17)

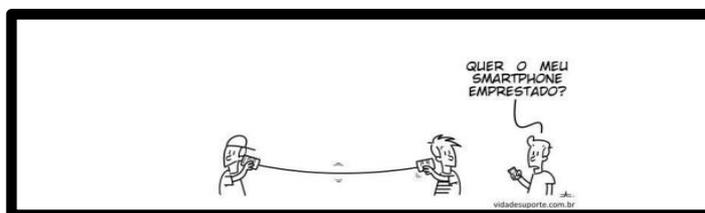
“Aquilo que se escuta, que se propaga pelo ambiente através de ondas sonoras”
(Aluno 9)

“Qualquer coisa que possua ondas sonoras escutáveis” (Aluno 10)

Ainda com o propósito de identificar o que os alunos entendem como sendo o som e, mais especificamente, como ele se propaga, foi proposta a questão 3a.

- ♦ A₂) Questão 3 (II) Como apresenta a tirinha abaixo, duas crianças estão se comunicando através de um telefone com fio muito utilizado na infância. Agora responda:

Figura 2 – Tirinha utilizada como Situação Inicial



Fonte: vidadesuporte.com.br – Disponível em: <https://vidadesuporte.com.br/>

a) Como o som vai chegar até seu amigo que está do outro lado do fio quando uma das crianças fala?

Para dezesseis estudantes, o som chega no amigo que está do outro lado do fio devido a existência do fio, ou seja, acreditam que sem ele o som não possa se propagar e ser escutado, enquanto que para dois alunos é possível que o som se propague independentemente da existência do fio, como por exemplo, pelo ar.

“Vai chegar através da ligação dos dois telefones com o fio” (Aluno 7)

“A lata irá direcionar o som para o fio e assim irá chegar até a outra criança”
(Aluno 11)

“O som não passa pelo fio e sim pelas moléculas do ar” (Aluno 15)

Além disso, dentre as respostas apresentadas pelos estudantes, três delas apontam que a chegada do som até o outro amigo ocorre devido a existência das ondas sonoras (uma), que se propagam no fio (duas) e fora do fio (uma).

“Através de ondas sonoras” (Aluno 16)

“Através do fio. Por ondas sonoras que passam de um lado para o outro” (Aluno 21)

“São energias que se propagam como ondas através do fio e fora dele” (Aluno 18)

Um estudante, ainda, acredita que o som chega abafado, ou seja, atribui uma característica ao som que chegará no outro lado do fio, sem explicar como se dá a sua propagação.

“Vai chegar o som da voz, porém abafado” (Aluno 4)

Com relação as questões desse instrumento, destacamos que são poucas as respostas que fazem referência ao som como sendo uma onda, assim como, nenhuma das respostas apresentadas faz menção aos sons inaudíveis aos humanos, como é o caso dos ultrassons e infrassons. Isso demonstra que os estudantes não possuem este subsunçor para o estudo das ondas sonoras. Entretanto, observamos pelas respostas, que embora a grande maioria não perceba, inicialmente, que o som é uma onda, nota-se que quase metade deles percebe que o som é transmitido. Portanto, podemos inferir que essa parcela de estudantes possui o subsunçor desejável de que a energia sonora é transmitida, mesmo que não citem que essa transmissão ocorre devido a vibração do meio.

Outro aspecto importante que verificamos na análise é que, de forma implícita, os estudantes indicaram que o som se propaga em um meio material, como por exemplo, no ar e no fio. Consideramos que essa é uma informação relevante presente na estrutura cognitiva dos estudantes, pois indica que percebem que o som, para se propagar, precisa de um meio que seja sólido, líquido ou gasoso.

Com base nas respostas apresentadas nas questões do questionário inicial e com o objetivo de aprofundar a discussão sobre o que é o som e como ele se propaga, propomos a questão 1 do questionário introdutório (I2), referente ao 3º passo da UEPS. Esse passo, de acordo com Moreira (2011), tem a intenção de preparar o terreno para a introdução do conhecimento que se pretende ensinar, levando em conta o conhecimento prévio do aluno. Essa atividade aconteceu no terceiro encontro (aula 4) e neste dia dezenove alunos estavam presentes em aula.

- ♦ A₃) Questão 1a (I2) Como podemos saber se um temporal de raios está se aproximando?

Como citado anteriormente, essa questão teve a intenção de, com base nas ideias prévias, aprofundar as discussões e instigar o aluno, utilizando uma nova situação real, a compreender que o som é transmitido por vibrações e, portanto, é uma onda.

Das respostas apresentadas a esta questão, doze estudantes dizem saber que um temporal se aproxima devido às trovoadas, aos barulhos e aos sons que são produzidos nesses dias.

“Pelos barulhos das trovoadas” (Aluno 4)

“A partir do som que o trovão produz” (Aluno 16)

Outros oito alunos citam os relâmpagos, clarões e luzes no céu.

“Pelo reflexo do relâmpago” (Aluno 3)

“A partir de um clarão” (Aluno 8)

Três alunos justificam que é possível saber pelo aparecimento de nuvens escuras e ventos.

“Começa a trovejar e o céu escurece” (Aluno 2)

“Com a chegada das nuvens escuras o vento na maioria das vezes também fica frio”
(Aluno 19)

Um aluno, argumenta que é possível saber pois ondas sonoras são emitidas pelos raios.

“Ondas sonoras dos raios” (Aluno 17)

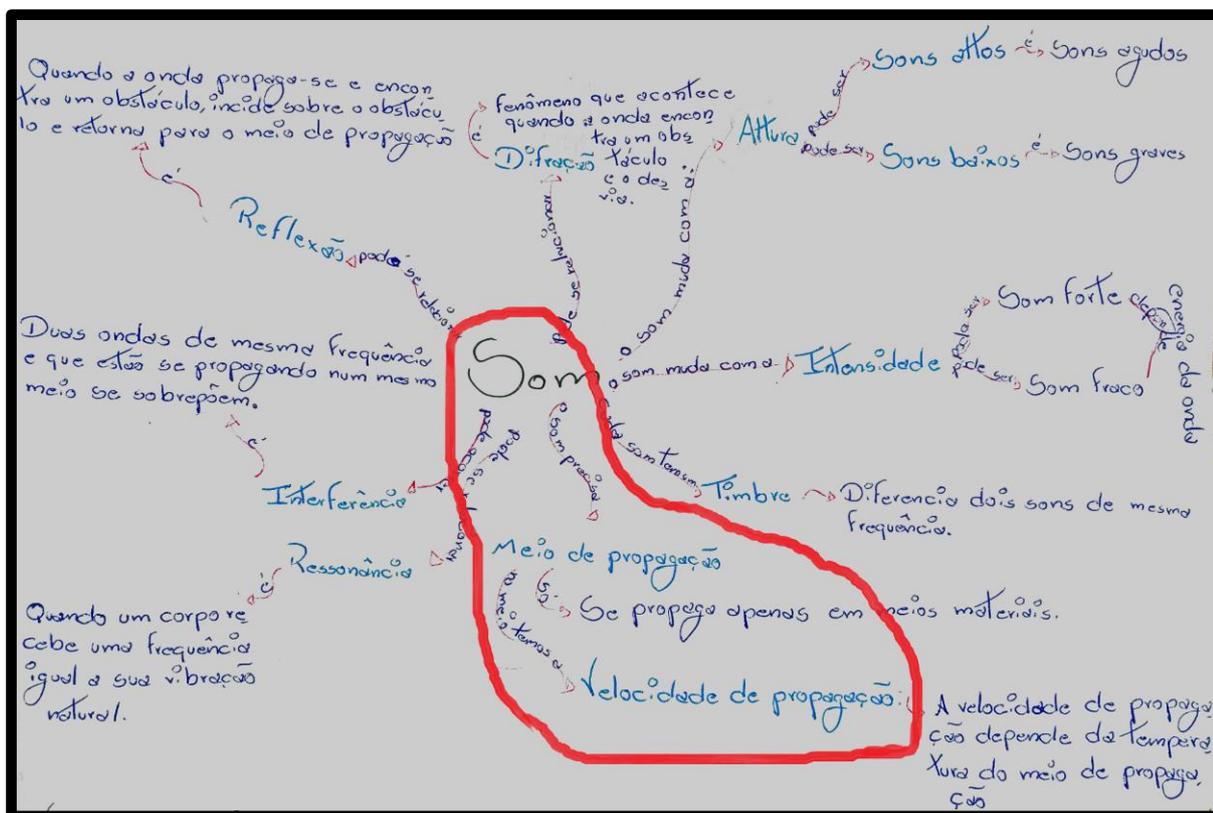
Conforme o exposto nas respostas da questão desse instrumento, podemos verificar que a maioria dos estudantes, cita a percepção dos temporais pelo som dos trovões, entretanto, não esclarecem como que esse som se propaga até ser captado pelo ouvido. Dessa forma, assim como nas questões do instrumento anterior, podemos inferir que os estudantes não possuem a compreensão de que o som é uma onda, cuja propagação se dá por vibrações que transportam a energia sonora dos trovões, o que aponta que esse é um subunçor bastante escasso entre os estudantes.

Devido a isso, ainda no terceiro encontro (aula 4), foi realizada uma aula expositiva e dialogada, referente ao 4º passo da UEPS, que buscou explicar e discutir esses aspectos que não estavam esclarecidos.

Nesse sentido, constatamos pela análise dos mapas conceituais elaborados pelos estudantes no décimo primeiro encontro (aulas 18 e 19), que corresponde ao 6º passo da UEPS, que dos dezenove mapas construídos, em onze deles a relação entre som e onda foi apresentada. Desses onze, três relacionam, diretamente, o som a sua natureza, indicando que ele é uma onda mecânica.

Porém, observamos também que mesmo aqueles estudantes que não apresentam no mapa o conceito de que o som é uma onda, atribuem características corretas sobre a propagação do som, dando indícios que possuem a compreensão adequada sobre esse conceito, conforme se observa na parte destacada do mapa elaborado pelo aluno 21:

Figura 19 – Mapa conceitual elaborado pelo aluno 21



Fonte: Aluno 21

Desse modo, pode-se dizer que com relação ao som ser uma onda, os mapas conceituais construídos pela maioria dos estudantes fornecem indícios de aprendizagem significativa, à medida que utilizam ligações pertinentes demonstrando entender que o som é uma vibração que se propaga pelo ar transmitindo energia e, portanto, é uma onda.

B) O som é uma onda mecânica (C2)

Os sons, como já mencionado anteriormente, são ondas, as quais chamamos de ondas sonoras. Entretanto, conforme destaca Hewitt (2015), o som, por ser uma onda mecânica, se propaga apenas através de um meio físico, seja ele líquido, gasoso ou sólido, em que os átomos e as moléculas desse meio vibram quando ele transmite o som. Portanto, diferente das ondas eletromagnéticas, as ondas sonoras não se propagam no vácuo, pois nele não há um meio físico, logo não existe nada para vibrar e, por consequência, transmitir a energia sonora.

Sendo assim, baseados na Teoria da Aprendizagem Significativa, assumimos que para que a aprendizagem do conceito de que o som é uma onda mecânica ocorra de maneira significativa, seja importante que os alunos possuam em sua estrutura cognitiva os seguintes conhecimentos (subsunçores):

- O som é uma onda;
- O que é meio de propagação.

Para inferir sobre a compreensão dos estudantes sobre o conceito de que o som é uma onda mecânica utilizamos as questões 2, 3c e 3d do questionário inicial (I1); uma questão (1b) do questionário introdutório (I2) sobre como o som se propaga; e uma questão (1) da avaliação somativa individual (I8), como veremos a seguir:

- ♦ B₁) Questão 2 (I1) Onde existe o som? Exemplifique.

As questões desse instrumento, que corresponde ao 2º passo da UEPS, tinham como finalidade identificar a forma como os alunos compreendem a propagação do som e se tal possui alguma especificidade e/ou restrição. Essas questões foram respondidas por dezoito e dezenove alunos no segundo e terceiro encontros (aulas 2 e 3).

Dos dezoito alunos que responderam à questão, doze acreditam que o som existe em todos os lugares, porém, dessas doze respostas, um aluno apontou que o que deve mudar é a forma como ele se propaga nos diferentes locais.

“Em todos os lugares. Exemplo: na água, na TV, no ar e instrumentos” (Aluno 6)

“Em todo o mundo, mas são diferentes os sons de propagação” (Aluno 3)

Outros seis estudantes sugeriram condições necessárias para que exista som, como por exemplo: existência de energia (um aluno)

“Em todo e qualquer lugar onde a energia percorra” (Aluno 18)

fala e barulho (um),

“Onde há barulho. Por exemplo, um show, festas, etc. Também existe som na voz das pessoas” (Aluno 16)

vibração (um),

“Nos instrumentos quando são tocados. Nas vibrações que também podemos perceber sons” (Aluno 1)

onde não haja vácuo (dois)

“Em todo lugar, no ar, na água, tendo moléculas no ambiente o som pode se propagar” (Aluno 15)

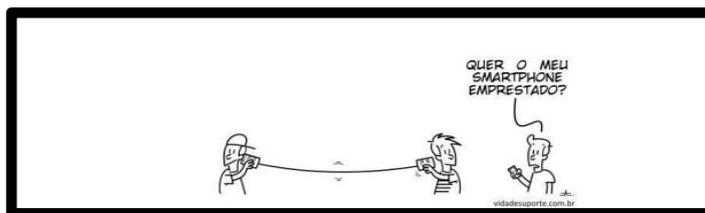
e, por fim, um aluno destacou que o som existe onde é possível que ele se propague, sem fazer maiores especificações ou explicações.

“Existe no ar, na água, em lugares que possam se propagar” (Aluno 8)

Ainda com a intenção de chamar a atenção dos alunos sobre os diferentes meios de propagação e as implicações dos mesmos na propagação do som, propomos a questão 3c e 3d:

- ♦ B₂) Questão 3 (I1) Como apresenta a tirinha abaixo, duas crianças estão se comunicando através de um telefone com fio, muito utilizado na infância. Agora responda:

Figura 2 – Tirinha utilizada como Situação Inicial



Fonte: vidadesuporte.com.br – Disponível em: <https://vidadesuporte.com.br/>

c) Quando o amigo que oferece o smartphone fala, como os demais conseguem ouvi-lo?

Esta questão foi respondida por dezenove alunos. Das respostas elaboradas por eles, oito apontam que é possível ouvi-lo devido a fala, a voz, ao timbre e ao som. Dessas oito respostas, uma delas salienta que o som se propaga no ar e outra que o som possui uma frequência normal.

“Conseguem ouvir pela fala” (Aluno 7)

“Eles conseguem ouvir porque o som se propaga pelo ar” (Aluno 15)

“Porque o som está na sua frequência normal” (Aluno 2)

Duas respostas indicaram que é devido às ondas sonoras, que se espalham pelo ar (uma) e chegam até o ouvinte (uma).

“Pelas ondas sonoras que se espalham pelo ar” (Aluno 19)

“Através de ondas sonoras que se transportam pelo ambiente até os ouvintes”
(Aluno 9)

Outros seis estudantes citam a proximidade como fator principal, que permite que os ouvidos captem a voz (quatro).

“Consegue ouvi-lo porque ele está perto” (Aluno 12)

“Consegue captar o som da voz pelos ouvidos” (Aluno 5)

Alguns alunos destacaram, ainda, que é possível ouvir pela existência do eco (um), e que com ou sem o fio se ouve da mesma forma (dois).

“Por causa do eco” (Aluno 3)

“Do mesmo jeito, pois não estão ocupando os dois lados” (Aluno 20)

A questão 3d, assim com a 3c, foi respondida por dezenove alunos, conforme vemos abaixo:

- ◆ B₃ Questão 3d (II) Qual a diferença na transmissão do som no telefone com fio e no smartphone?

As respostas foram agrupadas da seguinte forma:

Funcionamento do telefone com fio:

Para doze alunos a transmissão ocorre devido a presença do fio. Quatro desses alunos especificam que o fio vibra e um argumenta que há energia passando por ele.

“No telefone com fio o som passa para o outro lado por vibrações no fio” (Aluno 21)

“No telefone com fio é uma corrente de energia em vibração correndo pelo fio”
(Aluno 18)

Enquanto que dois alunos apresentaram nas suas respostas que a transmissão é devido, especificamente, às ondas sonoras.

“O telefone com fio usa um método mais natural, que seriam as ondas sonoras”
(Aluno 9)

“A transmissão pelo telefone com fio da charge é pelas ondas sonoras do ar” (Aluno 15)

Outros três alunos ainda atribuíram características sobre como o som é transmitido. Dois estudantes dizem, por exemplo, que o som é mais nítido e um destaca que depende da distância.

“No telefone com fio a voz será mais nítida” (Aluno 20)

“Acredito que a diferença seja devido a distância” (Aluno 19)

Funcionamento do smartphone:

Três alunos apontam que a transmissão ocorre pela presença de conexões, antenas e satélites.

“O smartphone usa sinais de antenas” (Aluno 17)

“No smartphone é via satélite que transmite o sinal” (Aluno 18)

Dois alunos citam as ondas, sendo que um deles diz ser pelas ondas eletromagnéticas.

“No smartphone é por ondas” (Aluno 10)

“A transmissão no smartphone é por ondas eletromagnéticas” (Aluno 15)

Seis alunos acreditam que a transmissão do som pelo smartphone independe da existência do fio.

“No smartphone é através de rede sem fio” (Aluno 11)

“O smartphone funciona sem o fio” (Aluno 12)

Para quatro alunos o som produzido pelo smartphone é mais nítido e rápido, se comparado ao do telefone com fio.

“O smartphone é mais eficiente” (Aluno 14)

“No smartphone a voz chega mais rápido” (Aluno 21)

Enquanto que um deles, acredita acontecer o contrário.

“No telefone sem fio a voz fica mais fraca” (Aluno 6)

E de maneira geral, para os dois telefones, três alunos responderam que os sons se propagam de maneiras diferentes, sem explicar o que muda e um aluno respondeu que não há diferença nas transmissões.

“O telefone com fio faz com que as ondas se propaguem de certa maneira, já o smartphone de outra” (Aluno 16)

“Acho que não há diferença” (Aluno 4)

A partir da análise das questões do instrumento 1, referentes ao conceito de que o som é uma onda mecânica, observamos que, de maneira equivocada, nas questões 2 e 3c, a maioria dos estudantes acredita que o som existe em todo e qualquer lugar. Somente uma pequena parcela dos alunos apontou como condição necessária para a sua existência a presença de um meio material que possa vibrar, como por exemplo, o ar, explicitando que o som, por ser uma onda sonora, propaga-se por ele. Isso indica que apenas a parcela de estudantes mencionada anteriormente, que citou a necessidade de um meio físico para o som se propagar, apresenta o subsunçor desejável relacionado ao conceito de o som ser uma onda mecânica.

Por outro lado, com a análise da questão 3d, podemos inferir, com relação ao funcionamento do telefone com fio, que grande parte dos estudantes reconhece que para o som se propagar, ou seja, para que consigam se comunicar é necessária a existência do fio, mesmo que, em momento algum expliquem o porquê da sua necessidade. Dessa maneira, esses estudantes demonstram possuir esse subsunçor para a compreensão de que o som é uma onda mecânica, pois indicam que o fio é o meio pelo qual o som é transmitido, mesmo que ainda precise ser enriquecido.

Já, com relação ao smartphone, em apenas uma pequena parcela das respostas, os estudantes deixam explícito que nesse caso, para que haja comunicação, não há necessidade do fio, o que nos permite constatar que é reduzido o número de estudantes que compreende que não há necessidade de meio material para que este tipo de onda se propague. Observamos ainda que em uma das respostas, os alunos explicitam que a transmissão do som no smartphone ocorre por ondas cuja natureza é diferente da onda sonora, ou seja, por meio de ondas eletromagnéticas. Essas informações apresentadas por esses estudantes correspondem à subsunçores desejáveis para o estudo desse conceito, mas ainda ausente para a maior parte da turma.

Na sequência, com o intuito de aprofundar as discussões iniciadas a partir das questões do instrumento 1 foi proposta a questão 1b do questionário introdutório (I2), que foi realizada no terceiro encontro (aula 4) e que corresponde ao 3º passo da UEPS.

- ♦ B₄) Questão 1. b) (I2) Se vê o relâmpago e escuta o barulho do trovão ao mesmo tempo? Explique.

Dos dezenove estudantes que responderam a esta questão, dezessete apontam nas suas respostas que o relâmpago e o trovão não chegam ao mesmo tempo, pois para onze deles há

diferença nas velocidades de propagação da luz e do som. Três deles acreditam que o som depende da distância e três, ainda, esclarecem que o clarão alerta e o barulho atinge um lugar.

“Não. Primeiro se vê o relâmpago e depois se escuta o barulho pois a luz tem velocidade maior que a do som” (Aluno 12)

“Não, dependendo da distância o som pode demorar a vir” (Aluno 16)

“Não, independente da distância, o clarão e o barulho do trovão não podem ser vistos e escutados ao mesmo tempo, já que o clarão alerta de sua presença e o barulho é um sinal de que o trovão atingiu algum lugar” (Aluno 9)

Porém, para dois alunos o relâmpago e o barulho do trovão chegam ao mesmo tempo, sem nenhuma especificação.

“Sim, porque um faz parte do outro” (Aluno 4)

“Sim, porque ele atinge o chão e transmite uma vibração” (Aluno 17)

Sobre a análise desta questão, referente ao instrumento 2, observamos que na maior parte das respostas os alunos mencionam a diferença nas velocidades de propagação da luz e do som, como justificativa para que se veja primeiro o relâmpago e, posteriormente, se ouça o barulho do trovão. Contudo, em nenhuma das explicações propõem que a luz e o som são ondas de naturezas distintas e, por isso, propagam-se em condições diferentes. Isso indica que esse é um subsunçor ausente e que precisou ser abordado com maior riqueza de detalhes no 4º passo da UEPS. As atividades desse passo ocorreram no quarto encontro (aula 5), mediante uma aula expositiva que teve como objetivo classificar as ondas sonoras e diferenciá-las das ondas eletromagnéticas.

Na busca por indícios de aprendizagem significativa do conceito de que o som é uma onda mecânica, utilizamos as respostas da questão 1 da avaliação somativa individual (I8). Embora a questão seja mais abrangente, neste momento da análise nos dedicamos a investigar a compreensão dos estudantes sobre o som ser uma onda mecânica, ou seja, as suas compreensões quanto a dependência de um meio material para que o som exista.

- ♦ B₅) Questão 1 (I8): Sobre a propagação de ondas sonoras, pode-se afirmar que:
 - A) O som é uma onda mecânica do tipo transversal que necessita de um meio material para se propagar.

- B) O som também pode se propagar no vácuo, da mesma forma que as ondas eletromagnéticas.
- C) A velocidade de propagação do som nos materiais sólidos em geral é menor do que a velocidade de propagação do som nos gases.
- D) O som é uma onda mecânica do tipo longitudinal que necessita de um meio material para se propagar

A avaliação ocorreu no décimo segundo encontro (aula 20), que foi o último encontro da UEPS. Dos dezenove estudantes que estavam presentes no dia da avaliação final, dezoito estudantes assinalaram a alternativa D como correta, afirmando que ondas sonoras são ondas mecânicas, longitudinais e precisam de meio material para se propagar. Apenas um dos estudantes assinalou a alternativa B, sugerindo que as ondas sonoras se propagam no vácuo, da mesma forma que as ondas eletromagnéticas.

Na resolução da prova, apesar da questão proposta ser do tipo objetiva, verifica-se que a maior parte dos alunos que assinalou a alternativa D, demonstra entender que o som é uma onda mecânica, pois a energia sonora é transmitida pelas vibrações do meio, logo esse meio precisa ser um meio físico. Isso aponta evidências de aprendizagem significativa, devido as interações entre os conhecimentos novos e os já existentes na estrutura cognitiva dos alunos, de modo que os estudantes qualificaram o conceito abordado.

Além disso, isso representa indícios de enriquecimento da estrutura cognitiva, pois pelas respostas dos questionários iniciais e das questões introdutórias, embora a maioria dos alunos tenha observado diferenças entre as formas de propagação apresentadas nas situações, não havia clareza de que o som é uma onda que precisa de um meio material para se propagar, diferente das ondas eletromagnéticas, por exemplo. Ou seja, não havia compreensão de que são ondas de naturezas distintas. Ainda com relação ao meio material, pode-se constatar que poucos foram os estudantes que citaram a propagação do som no ar, talvez pelo fato de, inicialmente, não o considerarem um meio material.

C) O som é uma onda do tipo longitudinal (C3)

Uma onda possui a direção de vibração do meio e a direção em que ela se propaga. Quando o meio de propagação de uma onda vibra na mesma direção que ela se propaga, dizemos que a onda é do tipo longitudinal.

Tratando-se, especificamente, das ondas sonoras, conforme destaca Hewitt (2015),

como as partes que constituem o meio movem-se para frente e para trás na mesma direção em que se propaga a onda, ou seja, o movimento se dá ao longo da direção de propagação, paralelamente, e não em ângulo reto com ela, isso produz uma onda longitudinal.

Como subsunçores desejáveis para a aprendizagem significativa do conceito de que a onda sonora é classificada como longitudinal em relação ao seu tipo, apontamos:

- O som ser uma onda que se propaga em meios materiais;
- A onda possui direção de vibração e direção de propagação.

Para a análise da compreensão dos estudantes sobre o conceito de que o som é uma onda do tipo longitudinal, utilizamos a questão 3d do questionário inicial (I1), a questão (1b) do questionário introdutório (I2) sobre como o som se propaga e as questões 1 e 7 da avaliação somativa individual (I8).

Exceto a questão 7 da avaliação somativa individual, as questões utilizadas para análise deste conceito já foram utilizadas para análise do conceito de que o som é uma onda do tipo mecânica (C2), portanto, as informações quantitativas extraídas das respostas dos estudantes referentes a estas questões não serão expostas novamente neste conceito.

Com relação às respostas das questões 3d do questionário inicial (I1) e 1b do questionário introdutório (I2), qualitativamente, observa-se que, assim como na análise do conceito anterior, os alunos apontam haver diferença no tipo de propagação das ondas apresentadas nas situações das questões, entretanto, não esclarecem quais são elas, nem levantam hipóteses para tentar justificá-las. Sendo assim, por se tratarem de informações incompletas, podemos inferir que os estudantes não possuem argumentos científicos suficientes para isso, o que indica a ausência de subsunçores, os quais precisaram ser aprimorados no 4º passo da UEPS, que ocorreu no quarto encontro (aula 5), por meio de uma aula expositiva.

Com relação às questões da avaliação individual (I8), que ocorreu no 7º passo da UEPS, com as quais buscamos identificar indícios de aprendizagem significativa, observamos que na questão 1, os estudantes, quase que na sua totalidade, apontaram em suas respostas que as ondas sonoras são ondas mecânicas, longitudinais e precisam de meio material para se propagar, que corresponde a alternativa correta. Sobre o tipo de onda, observamos que, da mesma forma que o conceito anteriormente mencionado, exceto um aluno, os demais demonstraram compreender que as direções de vibração do meio e de propagação da onda sonora são paralelas e por isso o som é uma onda longitudinal.

Já a questão 7, desse mesmo instrumento, foi respondida da seguinte forma:

- ♦ C₄) Questão 7 (I8): (G1-UFTPR 2008) Sobre ondas sonoras, considere as seguintes afirmações:

I - As ondas sonoras são ondas transversais.

II - O eco é um fenômeno relacionado com a reflexão da onda sonora.

III - A altura de um som depende da frequência da onda sonora.

Está(ão) correta(s) somente:

A) I

B) II

C) III

D) I e II

E) II e III

Dos dezessete alunos que responderam a questão, treze deles assinalaram a alternativa E como correta, o que indica que apresentaram compreensão adequada sobre a onda sonora quanto ao seu tipo, ou seja, que ela é do tipo longitudinal. Das quatro respostas incorretas para esta questão, apenas uma delas apontou como sendo verdadeira a afirmação de que a onda sonora é do tipo transversal, sugerindo como alternativa correta a opção D.

Isso demonstra que há indícios de aprendizagem significativa, ao passo que houve evolução na compreensão dos estudantes, no sentido de que a grande maioria, com exceção de um aluno apenas, conseguiu diferenciar os tipos de ondas e classificar a onda sonora com relação ao tipo longitudinal, demonstrando que houve negociação de significados, de modo que as informações prévias serviram de âncora aos novos conhecimentos.

D) Relação da velocidade com o meio de propagação (C4)

O som apresenta velocidade de propagação, cujas características são as mesmas da velocidade de propagação de qualquer onda: ela depende das propriedades do meio em que ele se propaga. Sendo assim, como são apenas as propriedades do meio que interferem na velocidade de propagação, Hewitt (2015) destaca que todos os sons, quando o meio é o mesmo, se propagam com a mesma velocidade.

Dessa maneira, para que a aprendizagem da relação da velocidade de propagação do som com o meio seja significativa, consideramos desejável que, de acordo com a teoria utilizada neste trabalho, os estudantes possuam em sua estrutura cognitiva os seguintes

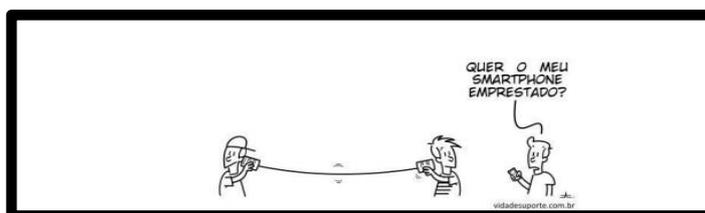
conhecimentos:

- O som é uma onda que se propaga em meios materiais;
- Propriedades dos diferentes meios de propagação.

Para realizarmos a análise da compreensão dos estudantes sobre a relação da velocidade de propagação do som com o meio que ele se propaga utilizamos a questão 3b do questionário inicial (I1), a questão 2 do questionário introdutório (I2) e a questão 2 da avaliação somativa individual (I8).

- ♦ D₁) Questão 3 (I1) Como apresenta a tirinha abaixo, duas crianças estão se comunicando através de um telefone com fio muito utilizado na infância. Agora responda:

Figura 2 – Tirinha utilizada como Situação Inicial



Fonte: vidadesuporte.com.br – Disponível em: <https://vidadesuporte.com.br/>

- b) Caso não tivesse o fio o som chegaria da mesma forma até seu amigo?

Como esse é o 2º passo da UEPS e tem a finalidade de verificar os conhecimentos prévios dos alunos, esta questão foi proposta com o objetivo de identificar as ideias iniciais dos estudantes sobre a velocidade de propagação do som em diferentes meios. No terceiro encontro (aula 3), dos dezenove alunos que responderam a questão, catorze alunos destacaram que o som não chegaria da mesma forma sem o fio, pois:

é necessário ter o fio para direcionar o som (um),

“Não, porque quem direciona o som é o fio” (Aluno 11)

é necessário que haja meio material (um),

“Não, precisaria de outra coisa” (Aluno 10)

depende da distância (três)

“Não, a menos que os dois estiverem próximos” (Aluno 16)

depende da altura da voz (um)

“Sim ou não, depende da distância e da altura da voz” (Aluno 18)

e por fim, um deles aponta que seria possível escutar, embora o som chegue de forma diferente.

“Não diretamente, mas o amigo ainda o escutaria fora da lata” (Aluno 9)

Cinco alunos responderam que o som chegaria até o amigo. Porém, desses cinco, um deles acredita que o som chegaria mais baixo, outros dois destacam que o som chegaria devido a sua propagação pelo ar (um) e, dessa forma, chega até o amigo pela fala (um).

“Sim, porém mais baixo” (Aluno 4)

“Sem o fio o som sairia pelo ar” (Aluno 3)

“Pelo som da voz” (Aluno 20)

A partir da análise desta questão, observamos que dos catorze alunos que acreditam que o som não chegaria da mesma forma caso não tivesse o fio, a grande maioria deles não atribui tal diferença a mudança de meio material e em nenhuma das respostas é mencionado que a diferença no som, da qual falam, tem relação com a velocidade. Dessa maneira, evidenciamos que esse é um subsunçor ausente para uma parcela considerável dos estudantes.

Como na questão anterior, tinha-se como pretensão inquietar os estudantes sobre como a mudança no meio de propagação pode influenciar na velocidade de propagação no som, propomos a questão 2 do questionário introdutório, com uma nova situação, para que tais inquietações pudessem ser debatidas e melhor esclarecidas, o que sugere o 3º passo da UEPS, conforme vemos:

- ♦ D₂) Questão 2 (I2): De acordo com o vídeo, nas histórias de aventuras de índios e em alguns filmes de bang-bang, é comum ver as pessoas encostar o ouvido no chão para saber se cavalos ou tropas estão se aproximando. Explique esse costume.

Dos dezenove estudantes que estavam presentes nesta aula que aconteceu no terceiro encontro (aula 4), todos responderam que a aproximação do ouvido no chão é para que se possa sentir a vibração, desses dezenove alunos, dez deles justificaram que com isso é possível saber se algo está se aproximando.

“Colocando o ouvido no chão é possível ouvir a vibração” (Aluno 20)

“Ele encosta o ouvido no chão porque pelas vibrações ele sabe se tem tropas ou cavalos se aproximando” (Aluno 12)

“Porque o chão transmite o som através das vibrações, assim conseguem ouvir o barulho” (Aluno 14)

De forma semelhante a análise da questão 3b do instrumento 1, a análise desta questão mostra que novamente os estudantes observaram diferenças na propagação do som e até mesmo citaram que pode ser uma forma para saber se algo se aproxima, entretanto, não deixam explícito que a velocidade de propagação do som muda quando o meio é o ar ou o chão. Esse subsunçor precisou ser novamente abordado no quarto encontro (aula 6), por meio de uma atividade experimental demonstrativa que teve como objetivo mostrar, a partir dos dados coletados, que o fator que influencia na velocidade de propagação da onda sonora é o meio em que ela se propaga e correspondeu ao 4º passo da UEPS.

Por fim, para evidenciar se há ou não indícios de aprendizagem significativa para este conceito, utilizamos a questão 2 da avaliação somativa individual (I8), que corresponde ao 7º passo da UEPS e teve como objetivo verificar como os estudantes compreendem e utilizam as informações apresentadas no enunciado para determinar a distância de uma descarga elétrica.

- ♦ D₃) Questão 2 (I8): Durante uma tempestade, uma pessoa observa um relâmpago e somente após 10 s ela escuta o barulho do trovão correspondente. A que distância ocorreu a descarga elétrica que provocou o relâmpago e o trovão?

Dos dezenove alunos que estavam presentes no dia da avaliação que aconteceu no décimo segundo encontro (aula 20), somente um aluno não respondeu a esta questão. Dos dezoito alunos que a resolveram, quinze responderam corretamente, apresentando o cálculo e demonstrando que estabeleceram as relações entre a velocidade de propagação do som no ar e o tempo necessário para que se ouça o som do trovão, para determinar a distância da descarga elétrica. Outros três alunos, responderam incorretamente, pois, embora sabiam qual equação deveriam utilizar, apresentaram erro nas operações matemáticas necessárias para a resolução adequada do mesmo.

Com base nas respostas desta questão, evidenciamos indícios de aprendizagem significativa, pois a maior parte dos alunos conseguiu relacionar a velocidade de propagação do som no ar com o tempo que ele leva para se propagar e ser percebido e, dessa maneira, respondê-la corretamente, o que demonstra que os mesmos modificaram e/ou acrescentaram aspectos a sua estrutura cognitiva após a realização das atividades desse conceito, realizadas nos passos anteriores da UEPS.

Para observar a evolução dos conceitos associados às características das ondas sonoras e, conseqüentemente, identificar indícios de aprendizagem significativa, as atividades da UEPS foram elaboradas e organizadas de forma que os conhecimentos prévios pudessem exercer a função de âncoras para as novas informações e dessa forma pudessem complementar ou modificar, quando necessário, seus conhecimento prévios.

5.1.2 Quanto às qualidades fisiológicas do som

Com relação ao entendimento dos estudantes quanto às qualidades fisiológicas do som, analisamos a compreensão dos mesmos sobre os conceitos de: Altura (C5); Intensidade (C6); Timbre (C7).

E) Altura (C5)

A altura é a qualidade fisiológica associada à frequência da onda sonora. Um som com alta frequência é denominado agudo, enquanto que um som com baixa frequência, corresponde a um som grave.

De acordo com Torres, Ferraro e Soares (2010) o sistema auditivo de um ser humano normal é capaz de captar ondas sonoras situadas num intervalo de frequências de, aproximadamente, 20 Hz a 20.000 Hz. Ou seja, o som de 20 Hz é o mais grave e o som de

20.000 Hz o mais agudo que o ouvido pode perceber. Por isso, diz-se que os sons muito agudos ou muito graves não são detectáveis pela orelha humana (BARROS; PAULINO, 2010). Esses sons com frequência abaixo de 20 Hz são denominados infrassons e os sons com frequência acima de 20.000 Hz são chamados de ultrassons.

Dessa maneira, de acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (2003), os novos conhecimentos só adquirem significado quando eles interagem com os conhecimentos prévios que os estudantes já possuem na sua estrutura cognitiva, e dessa forma, tornam a aprendizagem significativa. Sendo assim, consideramos ser importante para a aprendizagem do conceito de altura, que os alunos já tenham compreendido:

- Que o som é uma onda que se propaga em meios materiais;
- As propriedades das ondas (amplitude, período, frequência, comprimento de onda e velocidade de propagação).

Portanto, escolhemos para análise do conceito de altura a questão 3a do questionário introdutório (I2), que foi respondida por dezenove alunos e duas questões (3 e 7) da avaliação somativa individual (I8), que foram respondidas por dezessete alunos, conforme observamos a seguir:

- ♦ E₁) Questão 3 (I2) A partir das músicas ouvidas, responda:
 - a) Foi possível observar alguma diferença nos sons produzidos pelos dois instrumentos? Explique.

Para que os alunos pudessem responder a questão, foram apresentados no terceiro encontro (aula 4) dois vídeos disponíveis no YouTube, de uma mesma obra de J. Bach. No primeiro vídeo a música foi executada em um violoncelo e no segundo em um contrabaixo elétrico.

A questão proposta corresponde ao 3º passo da UEPS e teve o objetivo de verificar as concepções prévias que os estudantes apresentam sobre o conceito de altura, de modo que pudessemos identificar as diferenças por eles observadas na execução das duas músicas e compreender a o que eles atribuem tais diferenças. A partir das respostas, observamos que todos os dezenove alunos presentes evidenciaram que há diferenças na música, sendo que para catorze deles é devido ao timbre do som dos dois instrumentos serem diferentes.

“Sim. Porque o timbre é diferente” (Aluno 6)

“Sim. Pois o timbre é diferente e podemos saber nitidamente a diferença dos sons”

(Aluno 7)

“Sim, pois cada instrumento possui timbres diferentes” (Aluno 9)

Um aluno justificou que a diferença se dá pelo fato das músicas serem tocadas em tons diferentes:

“Sim. Os instrumentos mostraram tons diferentes” (Aluno 20)

E outros dois alunos acreditam que a diferença no som seja devido aos diferentes materiais que são utilizados nos dois instrumentos e pelas ondas produzidas se propagarem de formas diferentes em cada um deles.

“Sim. Pois os materiais utilizados para tocá-los é diferente, produzindo um som diferente” (Aluno 21)

“Sim, por mais que a música seja a mesma, o modo como o som é produzido e as ondas se propagam é diferente” (Aluno 16)

Dois alunos, ainda, apontaram que há diferenças, porém não justificaram a resposta.

A partir da análise desse instrumento, observamos que todas as respostas mencionam diferenças no som das músicas executadas, porém apenas uma delas cita a possibilidade de elas estarem sendo tocadas com notas musicais diferentes, o que de fato não ocorreu e em momento algum foi comunicado para os alunos. Outras duas respostas atribuem a diferença a forma como o som é produzido em cada instrumento e a forma como se propaga.

Por outro lado, verificamos que, de maneira correta, a maioria dos alunos considera que o timbre é o principal fator que influencia na diferença das músicas que foram ouvidas, pois foram tocadas com a mesma nota musical, portanto, com a mesma frequência nos diferentes instrumentos musicais. Dessa forma, com relação a análise desta questão, podemos inferir duas observações: 1) a primeira, referente a ausência de subsunçores relacionados ao conceito de altura para a maioria dos estudantes, visto que apenas um deles citou que a diferença observada nas músicas poderia ser devido as diferenças nas notas musicais; 2) a segunda, relacionada ao fato de a maioria dos alunos citar o timbre, indica que possuem bastante familiaridade com a música e dessa forma conseguiram perceber que as notas musicais das obras executadas pelos diferentes instrumentos eram as mesmas.

Devido a isso, no 4º passo da UEPS, por meio de uma atividade experimental demonstrativa que aconteceu no quinto encontro (aulas 7 e 8), foram apresentados para a turma o som de dois instrumentos musicais, que eles mesmos levaram para a aula: um violão e um violino, com o intuito de explorar os diferentes sons que eles produzem e abordar as qualidades fisiológicas do som.

Para discutir o conceito de altura, utilizamos o software “Soundcard Scope” e um violão. No violão foram reproduzidos os sons da corda mais fina, da mais grossa e, depois, da intermediária. Os estudantes nesse momento foram solicitados a observar na tela do computador como era o formato da onda produzida por cada som, o que mudava entre elas e registrá-las no caderno, bem como, completar uma tabela com os respectivos valores de frequência registrados por cada um dos sons produzidos. O mesmo foi feito com um diapasão, que foi colocado para vibrar na nota *lá* e os alunos novamente observaram na tela do computador o formato da onda produzida pelo som e qual foi a frequência registrada.

Com isso, pretendeu-se construir o conceito de altura e demonstrar que os sons agudos são aqueles cujas frequências são altas, já os graves possuem frequências baixas.

Na busca por indícios de aprendizagem significativa do conceito de altura, utilizamos as respostas da questão 3 e 7 da avaliação somativa individual (I8) que ocorreu no 7º passo da UEPS e teve como objetivo verificar a compreensão do conceito de altura, embora as questões sejam mais amplas, abordando as demais qualidades fisiológicas do som e outros conceitos desenvolvidos ao longo da UEPS.

- ♦ E₂) Questão 3 (I8): Estabeleça as relações necessárias entre as qualidades fisiológicas do som com a frequência e a amplitude de uma onda sonora.

Dos dezenove alunos presentes neste encontro (aula 20), dois deles não responderam a questão e um deles não estabeleceu nenhuma relação entre os conceitos e as propriedades das ondas, conforme se observa:

“A relação é que para diferenciar a altura, intensidade e timbre dependemos da frequência e amplitude que a onda sonora se encontra e um acaba dependendo do outro”
(Aluno 7)

Dessa forma, somente dezesseis alunos apresentaram em suas respostas relações entre os conceitos e as propriedades das ondas. Destes dezesseis alunos, apenas cinco as fizeram de

forma totalmente correta e outra parcela, de sete alunos, apresentou relações parcialmente corretas, ou seja, apresentou algum equívoco ao relacionar um ou outro conceito (altura, intensidade e timbre) com suas respectivas propriedades.

Porém, é essencial destacar que todos aqueles que responderam parcialmente correta a questão, relacionaram corretamente a altura com a frequência, ou seja, dos dezesseis alunos que apresentaram relações, doze deles responderam que quanto maior a frequência, mais alto será o som e, portanto, mais agudo, da mesma forma que, um som cuja frequência é pequena é um som baixo e grave.

“Altura: som alto e agudo possui alta frequência, já o som baixo e grave possui baixa frequência” (Aluno 11)

“Altura: relacionada com a frequência, da sensação de grave (grosso - de baixa frequência) e agudo (fino - de alta frequência)” (Aluno 18)

Outros quatro alunos, ainda, apresentaram relações errôneas entre os conceitos e as propriedades, ou seja, apresentaram confusões entre eles:

“A altura é o quão alto a crista e o vale chegam e isso é o mesmo que a amplitude”
(Aluno 17)

“A amplitude do som é referente a altura do mesmo, quanto maior a altura, maior a altura do som” (Aluno 21)

Ainda com o intuito de evidenciar indícios de aprendizagem significativa, da mesma forma que fizemos com a questão 3 segue a análise das respostas da questão 7:

- ♦ E₃ Questão 7 (I8): (G1-UFTPR 2008) Sobre ondas sonoras, considere as seguintes afirmações:

I - As ondas sonoras são ondas transversais.

II - O eco é um fenômeno relacionado com a reflexão da onda sonora.

III - A altura de um som depende da frequência da onda sonora.

Está(ão) correta(s) somente:

A) I

B) II

C) III

D) I e II

E) II e III

Dos dezessete alunos que responderam a questão, treze deles assinalaram a alternativa E como correta, demonstrando compreender que a altura de um som depende da sua frequência. Entretanto, mesmo que quatro alunos tenham indicado a alternativa incorreta para esta questão, todos eles apontaram como sendo verdadeira a afirmação III, indicando que a frequência da onda sonora influencia na altura do som. Dessa forma, sinalizamos que todos os alunos que responderam esta questão apresentaram compreensão correta quanto ao conceito de altura.

Sendo assim, observa-se que há indícios de aprendizagem significativa, pois a maior parte dos estudantes demonstrou relacionar o novo conhecimento apresentado com as informações relevantes para esse estudo já existentes na sua estrutura cognitiva. Dessa forma, evidenciamos um enriquecimento cognitivo dos estudantes com relação ao conceito de altura, de modo que, nas respostas das questões da avaliação somativa individual, demonstraram compreender que essa qualidade está associada a frequência da onda sonora.

F) Intensidade (C6)

A intensidade do som é uma qualidade fisiológica que está associada à amplitude da onda sonora e possibilita distinguir sons fortes de sons fracos. Quando as ondas sonoras são muito intensas, ou seja, muito carregadas de energia, apresentam grande amplitude e, como consequência, geram sons fortes. Já aquelas ondas, cuja amplitude é pequena, demonstram que a energia transmitida também é pequena e, portanto, o som é pouco intenso, o que caracteriza como sendo um som fraco.

Dessa forma, o volume do som que alteramos tanto em aparelhos celulares ou em rádios, por exemplo, está relacionado com o nível de intensidade sonora e não com a altura, como costumamos dizer cotidianamente.

Sendo assim, consideramos importante que para a aprendizagem do conceito de intensidade ser significativa os estudantes já apresentem as seguintes compreensões:

- O som é uma onda que se propaga em meios materiais;
- As propriedades das ondas (amplitude, período, frequência, comprimento de onda e velocidade de propagação).

Para a análise da aprendizagem do conceito de intensidade utilizamos a questão 3b do questionário introdutório (I2), que foi respondida por dezenove alunos e duas questões (3 e 4) da avaliação somativa individual (I8), que foram respondidas por dezessete e dezoito alunos, respectivamente.

♦ F₁) Questão 3 (I2) A partir das músicas ouvidas, responda:

b) Quem estava ao lado da caixa de saída de som ouvia da mesma forma que os estudantes que estavam distantes? Por que isso aconteceu?

Da mesma forma que a questão 3a do instrumento 2 foi realizada, e que foi mencionada na análise do conceito de altura (C5), propomos esta questão no mesmo encontro, no qual foram apresentados os dois vídeos, de uma mesma obra de J. Bach. Como o objetivo do 3º passo é discutir, a partir das ideias prévias dos alunos o novo conhecimento, a questão foi proposta com a intenção de, inicialmente, investigar as ideias iniciais dos estudantes com relação ao volume de um som e, posteriormente, discuti-las.

Desta forma, dos dezenove alunos presentes, dezessete deles disseram, pelas suas respostas, que não se escuta da mesma forma se está mais próximo ou mais afastado da caixa de saída de som. Para catorze deles, essa diferença é atribuída a distância, sendo que desses catorze alunos, treze apontaram em suas respostas que quanto mais longe se estiver, mais baixo se escutará o som e vice-versa.

“Não, porque quem está perto escuta mais alto o som e quem está longe escuta mais baixo” (Aluno 11)

“Não. Pois quem estava mais próximo ouviu mais alto do que os que estavam mais longe” (Aluno 14)

Ainda com relação à distância, dois alunos citam que ela influencia na qualidade e na intensidade do som que é escutado.

“Não porque o som vai se dispersar no ar, quem tá perto da caixa ouve melhor porque está próximo da fonte” (Aluno 18)

“Não, o som se propaga sendo assim quem estava ao lado escuta mais alto e quem está longe não ouve tão alto porque o som se propagou e foi perdendo a intensidade” (Aluno 15)

Outros três alunos destacam que a diferença observada no som é devido a diferença na propagação das ondas sonoras.

“Não porque as ondas sonoras estão mais distantes dos estudantes do que os que estavam perto” (Aluno 3)

“Não, pois com a distância as ondas sonoras se dispersam e portanto o som enfraquece e pode chegar a níveis inaudíveis” (Aluno 9)

“Não, porque as ondas eram maiores para quem estava perto” (Aluno 17)

Contudo, dois estudantes responderam que se escuta tanto perto como longe. Para um deles o som muda com a distância e para o outro não há diferença nenhuma, ou seja, quem está perto escuta da mesma forma de quem está longe.

“Sim, mas quanto maior a distância, menor se torna o som” (Aluno 19)

“Sim. Pois apesar da distância o som continua o mesmo” (Aluno 7)

A partir da análise desta questão, nota-se que para a maioria dos alunos a distância é o fator que possui maior influência na forma como o som é escutado, ou seja, para a maioria deles um som é considerado alto se estiver próximo e considerado baixo se estiver afastado. Isso demonstra que, de maneira equivocada, os alunos entendem que um som alto ou baixo está relacionado a intensidade do mesmo, o que corresponde a um subsunçor inadequado para o estudo dessa qualidade fisiológica.

Porém, é importante destacar que um estudante menciona em sua resposta que é a intensidade do som que muda, quanto mais próximo ou afastado se estiver da fonte sonora, mesmo que em nenhum momento cite que a intensidade sonora está associada a amplitude da onda, ou seja, a energia que essa onda transporta. Dessa maneira, podemos inferir que esse é um subsunçor desejável, mas ausente para a maior parte dos estudantes e, por isso, precisou ser melhor trabalhado no passo seguinte da UEPS, por meio de uma atividade experimental demonstrativa.

Para o estudo da intensidade por meio dessa atividade experimental demonstrativa, novamente fizemos uso do software “Soundcar Scope” e do violão e consistiu em tocar a mesma corda do violão duas vezes, porém na segunda tentativa ele estava ligado a uma caixa de som. A partir disso, os alunos foram solicitados a observar na tela do computador e

registrar em uma tabela o valor atingido para a amplitude nas duas ocasiões e, assim, buscamos relacionar o conceito de intensidade com a quantidade de energia que a onda transporta, ou seja, com a sua amplitude.

Por fim, para evidenciar se há ou não indícios de aprendizagem significativa para este conceito, realizamos a análise da questão 3 da avaliação somativa individual (I8), que corresponde ao 7º passo da UEPS.

- ♦ F₂) Questão 3 (I8): Estabeleça as relações necessárias entre as qualidades fisiológicas do som com a frequência e a amplitude de uma onda sonora.

Da mesma maneira que foi realizada a análise da questão 3 do instrumento 8 para o conceito de altura (C5), realizamos a análise da questão para o conceito de intensidade (C6). Dos dezenove alunos presentes, somente dezesseis alunos apresentaram em suas respostas relações entre os conceitos e as propriedades das ondas.

Como já mencionado anteriormente, desses dezesseis alunos apenas cinco deles estabeleceram as relações de forma totalmente correta. Outros sete alunos apresentaram relações parcialmente corretas, ou seja, estabeleceram as relações entre um ou outro conceito com suas respectivas propriedades de maneira equivocada.

Salienta-se que mesmo nas respostas daqueles alunos que apresentaram relações parcialmente corretas, todos eles relacionaram corretamente a intensidade com a amplitude, sendo assim, dos dezesseis alunos que apresentaram relações, doze deles responderam que quanto maior a amplitude, mais forte será o som e, portanto, mais intenso, da mesma forma que, um som cuja amplitude é pequena é um som fraco.

“Intensidade: relacionada a amplitude, quanto maior a amplitude será maior a intensidade, esse é o som forte e quanto menor a amplitude será menor a intensidade, esse é o som fraco” (Aluno 11)

“Intensidade se relaciona com a amplitude (quantidade de energia)” (Aluno 20)

Contudo, para quatro alunos as relações entre os conceitos e as propriedades não ficaram claras, de modo que em suas respostas apresentaram relações inadequadas.

“Intensidade: som fraco (frequência baixa) e som forte (frequência alta)” (Aluno 2)

“Intensidade é o quão alto ou baixo o som é e isso se relaciona com a frequência alta ou baixa” (Aluno 17)

Ainda com o intuito de evidenciar indícios de aprendizagem significativa, da mesma forma que fizemos com a questão 3 segue a análise das respostas da questão 4:

- ♦ F₃) Questão 4 (I8): (Enem PPL 2013) Visando reduzir a poluição sonora de uma cidade, a Câmara de Vereadores aprovou uma lei que impõe o limite máximo de 40 dB (decibéis) para o nível sonoro permitido após as 22 horas. Ao aprovar a referida lei, os vereadores estão limitando qual característica da onda?
 - A) A altura da onda sonora.
 - B) A amplitude da onda sonora.
 - C) A frequência da onda sonora.
 - D) A velocidade da onda sonora.
 - E) O timbre da onda sonora.

Dos dezoito alunos que responderam a questão, doze deles assinalaram, de forma apropriada, a alternativa B como correta, sugerindo que o limite permitido para o nível sonoro está associado a amplitude da onda sonora. Com relação aos demais estudantes observamos que, de maneira errônea, quatro deles relacionaram o nível sonoro com a altura (dois alunos) e a frequência (dois alunos), assinalando a opção A e C como correta, respectivamente. Outros dois estudantes associaram, ainda, com a velocidade de propagação do som (um aluno) e o timbre (um aluno), o que corresponde as alternativas D e E, respectivamente.

Com relação a compreensão dos estudantes sobre este conceito, verificamos a partir da análise da questão 3 do questionário introdutório (I2), que os estudantes, em sua maioria, apresentaram ausência de conhecimentos científicos ao tratar altura e intensidade sonora como sendo sinônimos. Porém, pela análise das questões 3 e 4 da avaliação somativa individual (I8), constatamos que há indícios de aprendizagem significativa, visto que, a maior parte dos estudantes apresentou enriquecimento da estrutura cognitiva, a medida que demonstraram compreender que a intensidade sonora está associada a quantidade de energia que a onda transporta, ou seja, está associada a sua amplitude, o que torna, portanto, um som forte ou fraco.

G) Timbre (C7)

O timbre é a qualidade do som que permite ao sistema auditivo identificar a sua origem, mesmo que várias fontes sonoras apresentem simultaneamente sons de mesma intensidade e mesma altura. Por isso, os diferentes instrumentos musicais e a voz humana podem ser diferenciados, mesmo que produzam sons de mesma intensidade e de mesma frequência.

Devido a isso, consideramos que para a aprendizagem desse novo conceito seja significativa, é importante que os estudantes já apresentem na estrutura cognitiva os seguintes subsunçores:

- O som é uma onda que se propaga em meios materiais;
- As propriedades das ondas (amplitude, período, frequência, comprimento de onda, formato da onda e velocidade de propagação);
- Fonte sonora.

Na análise da compreensão dos estudantes sobre o conceito de timbre utilizamos a questão 4 do questionário inicial (I1), a questão 3a do questionário introdutório sobre como o som se propaga e suas características fisiológicas (I2) e a questão 3 da avaliação somativa individual (I8).

- ♦ G₁) Questão 4) (I1) Quando se escuta uma música, consegue-se identificar os diferentes instrumentos utilizados na sua execução e também a voz de diferentes cantores. O que faz com que o som de cada instrumento e as vozes sejam diferentes?

Esta questão foi proposta no terceiro encontro (aula 3), referente ao 2º passo da UEPS, com o objetivo de identificar as ideias prévias dos estudantes com relação aos diferentes timbres dos instrumentos. Dos dezenove alunos que responderam a questão, sete deles atribuem as diferenças observadas aos diferentes tons e sons que cada um dos instrumentos produz.

“Através do tom de cada um” (Aluno 7)

“O tom do som, volume, agudo, grave, é possível também mudar o som com diferentes materiais” (Aluno 18)

Cinco alunos citam que é devido a diferença do timbre e um menciona que as ondas produzidas são diferentes.

“Pelo timbre que cada um emite” (Aluno 8)

“As diferenças de cada onda” (Aluno 16)

Quatro alunos acreditam que é possível perceber as diferenças porque os materiais dos instrumentos são diferentes.

“São diferentes os materiais desses instrumentos” (Aluno 3)

“A forma como é feito e os materiais utilizados para produzi-los” (Aluno 21)

Três alunos também apontam a diferença na intensidade como um dos fatores.

“A intensidade, o volume e através das notas dos instrumentos” (Aluno 5)

“O tom do som, volume, agudo, grave, é possível também mudar o som com diferentes materiais” (Aluno 18)

Dois alunos mencionam que as frequências são diferentes e um deles cita que a nota musical também é diferente.

“A intensidade, o volume e através das notas dos instrumentos” (Aluno 5)

“Cada um tem um som com frequências diferentes” (Aluno 19)

Dois deles indicam, ainda, que a diferença é devido a vibração.

“Cada um possui um som e vibrações diferentes, geralmente podendo ser diferenciados” (Aluno 10)

“Timbre, vibrações, etc.” (Aluno 17)

E outros dois alunos não justificaram suas respostas.

Com relação a análise desta questão, observamos que todos os estudantes percebem que há diferenças nos sons produzidos pelos diferentes instrumentos musicais. Porém, constatamos pelas respostas que apenas uma pequena parcela deles justifica que essas

diferenças existem devido ao timbre e ao formato das ondas sonoras que são produzidas pelos diferentes instrumentos. Essa informação corresponde a um subsunçor desejável para o estudo desse conceito, entretanto ainda escasso para a maior parte dos estudantes.

Por outro lado, também observamos que muitos alunos acreditam que a diferença percebida nos sons é uma característica própria dos instrumentos, ou seja, se eles são diferentes, o som produzido por eles também deve ser. Contudo, em nenhuma das respostas citam que essa característica é o timbre, o que aponta que essa é uma informação relevante que precisa ser complementada.

De forma semelhante, ainda com o objetivo de compreender o que os estudantes entendem sobre o timbre, apresentamos no 3º passo da UEPS, a seguinte questão:

♦ G₂) Questão 3 (I2) A partir das músicas ouvidas, responda:

a) Foi possível observar alguma diferença nos sons produzidos pelos dois instrumentos? Explique.

Esta questão já foi utilizada para análise do conceito de altura (C5), portanto, as informações quantitativas obtidas nas respostas dos estudantes não serão expostas novamente neste conceito.

Dessa forma, observamos que para a maior parte dos estudantes é possível diferenciar o som de diferentes instrumentos musicais, quando tocados na mesma frequência, devido ao timbre. Entretanto, embora a maioria cite a diferença do timbre dos instrumentos, em nenhuma das respostas apresentadas, os estudantes levantam hipóteses ou buscam explicar sobre o porquê dele ser diferente, ou seja, não explicitam que as fontes sonoras são distintas, nem apontam as mudanças que ocorrem no formato da onda sonora produzida por cada instrumento.

Devido a isso, no quinto encontro (aula 8), referente ao 4º passo da UEPS, ainda utilizando a atividade experimental demonstrativa mencionada na análise dos conceitos anteriores, foram executadas uma mesma nota musical no violão e, depois, no violino. Com isso, os alunos foram solicitados a observar na tela do computador o formato da onda que cada som produziu. Dessa forma, buscamos mostrar que além do som percebido ser diferente em cada instrumento, a onda produzida por cada um deles também é diferente e, por isso, o timbre é a qualidade que permite diferenciar dois sons de mesma altura, mas produzidos por fontes distintas.

Por fim, com a intenção de identificar indícios de aprendizagem significativa para o conceito de timbre, realizamos a análise da questão 3 da avaliação somativa individual (I8) que corresponde ao 7º passo da UEPS:

- ♦ G₃) Questão 3 (I8): Estabeleça as relações necessárias entre as qualidades fisiológicas do som com a frequência e a amplitude de uma onda sonora.

Com já foi citado na análise dos demais conceitos (altura (C5) e intensidade (C6)), dos dezesseis alunos que relacionaram as qualidades fisiológicas do som com as propriedades das ondas, apenas cinco deles responderam a questão de forma totalmente correta. Sete alunos apresentaram relações parcialmente corretas, porém desses sete, nenhum deles relacionou o timbre com o formato da onda sonora. Outros quatro alunos não estabeleceram relações corretas entre nenhum dos conceitos.

Desse modo, dos dezesseis alunos que responderam, apenas cinco deles responderam corretamente que o timbre é a qualidade fisiológica do som que está associada às diferenças apresentadas no formato das ondas e que permite distinguir sons de mesma frequência, produzidos por fontes sonoras distintas.

“Timbre: relacionado com o formato das ondas” (Aluno 11)

“Timbre: é a qualidade que diferencia dois sons de mesma frequência, porém de fontes diferentes” (Aluno 18)

Sendo assim, com relação a análise deste instrumento, é possível evidenciar indícios de aprendizagem significativa sobre o conceito de timbre, mesmo que para uma parcela restrita de alunos.

Pode-se observar que nas questões dos questionários iniciais e introdutórios analisadas neste conceito, várias respostas apresentaram justificativas relativas ao timbre corretamente, porém sem argumentá-las ou explicá-las cientificamente, o que nos permite inferir que os estudantes possuíam uma certa noção ou conhecimento sobre o mesmo a partir das suas experiências vividas com a música, por exemplo. Entretanto, constatamos, com a análise da questão 3 da avaliação somativa individual que a maioria deles não conseguiu modificar ou complementar tal conhecimento utilizando a abordagem física.

Com relação a isso, é relevante destacar que, embora a intenção tenha sido a melhor durante as implementações das atividades, é possível que não tenhamos dado a atenção

necessária de modo a promover a aprendizagem significativa dos estudantes ou que, ainda, o tempo necessário para que a mesma ocorresse é outro.

5.1.3 Quanto às propriedades de propagação do som

Com relação a compreensão dos estudantes quanto às propriedades de propagação do som, analisamos o enriquecimento da estrutura cognitiva dos mesmos sobre os seguintes conceitos: Reflexão (C8); Difração (C9); Ressonância (C10) e Interferência (C11), que serão abordados a seguir.

H) Reflexão (C8)

O fenômeno da reflexão pode ser definido, de acordo com Gaspar (2013, p. 15), como “qualquer propagação ondulatória que encontra uma alteração no meio em que se propaga, o limite desse meio, ou um obstáculo”. Tratando-se especificamente do som, a reflexão ocorre quando uma onda sonora emitida por uma fonte, atinge um obstáculo e, por isso, retorna à fonte. Dizemos que o som que é emitido pela fonte, chama-se som direto e o som que retorna para a fonte, após atingir o obstáculo, é chamado som refletido.

No fenômeno da reflexão, o som refletido mantém a mesma velocidade de propagação, mesma frequência e o mesmo comprimento de onda do som emitido. Pode-se dizer que a reflexão sonora é, provavelmente, o fenômeno mais conhecido por causa do eco, mas também possui grande importância devido as suas aplicações tecnológicas como, por exemplo, o sonar e o ultrassom.

De acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel, 2003) a aprendizagem só é significativa quando os novos conhecimentos interagem com os conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do sujeito. Por isso, consideramos que para a aprendizagem significativa do conceito de reflexão, é desejável que os estudantes já apresentem os seguintes subsunçores, ou seja, que já tenham compreendido:

- Que o som é uma onda que se propaga em meios materiais;
- Que uma fonte sonora é responsável por emitir sons;
- As propriedades das ondas (amplitude, período, frequência, comprimento de onda e velocidade de propagação).

Para o entendimento da compreensão dos estudantes sobre esse conceito foram

analisadas as questões que serão mais detalhadamente abordadas a seguir.

H₁) Questão 2 (I3): Quando estamos à beira de um penhasco, no meio de uma floresta ou em uma igreja vazia e gritamos “Oi”, o que ouvimos?

As questões deste instrumento (I3) foram propostas no sexto encontro (aula 9) e correspondem ao 2º passo da UEPS, que de acordo com Moreira (2011), é o momento em que motiva-se o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não-aceito no contexto da matéria de ensino. Sendo assim, a questão mencionada acima teve como objetivo investigar as ideias iniciais dos estudantes sobre o eco e verificar se eles apresentam os subsunçores já indicados anteriormente. A partir das respostas, observamos que dos vinte alunos presentes, dezessete deles ao fazerem isso, acreditam que escutarão a repetição da própria fala, ou seja, o eco, conforme verifica-se nos extratos:

“A nossa voz repetidamente” (Aluno 7)

“Oi, oi, oi, oi... até sumir (eco)” (Aluno 15)

Os outros três alunos destacam que é possível ouvir o retorno da voz, pois entendem que a voz é refletida. Desses três alunos, dois dizem que o retorno/reflexo da voz é o que define o eco e um deles enfatiza que o retorno é o som refletido das ondas sonoras:

“O reflexo da nossa voz, o eco” (Aluno 6)

“Ouvimos o som retornar a nós por conta do eco” (Aluno 16)

“Ouvimos o som direto e depois o som refletido das ondas sonoras” (Aluno 1)

Ainda com o propósito de identificar o que os alunos sabem sobre o eco e porque ele ocorre, propomos a questão 3.

- ♦ H₂) Questão 3 (I3): Há alguma relação entre a situação apresentada na questão anterior e o vídeo? Explique.

Para que os estudantes respondessem essa questão, foi apresentado um trecho de um desenho infantil intitulado “O show da Luna! Eco, eco, eco”, de modo que, assim como na questão anterior, pudéssemos identificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o

fenômeno da reflexão. A análise das respostas permitiu que fossem construídas três categorias com as ideias iniciais dos alunos.

Dos vinte alunos que responderam à questão, em dezesseis das respostas apresentadas os alunos mencionam que a relação existente entre a situação apresentada na questão 2 e o vídeo é o eco, entretanto, desses dezesseis alunos, apenas dois explicam que o eco é o retorno da fala e dos sons que são produzidos:

“Sim, porque no vídeo a voz do menino também deu eco” (Aluno 4)

“Sim, são situações parecidas em que o som vai e retorna” (Aluno 10)

Em outras nove respostas, os alunos citam que além do eco, o que pode relacionar as duas situações é o ambiente/local, pois tanto na situação da questão 2, como no vídeo eles possuem características semelhantes:

“Sim. Pois eles também estão em um lugar vazio e ao falar a voz se repete várias vezes” (Aluno 7)

“Sim. Por causa do formato do ambiente” (Aluno 11)

E, por fim, dentre as respostas apresentadas, uma delas cita que o fator comum entre as situações é a forma como o som se propaga, porém sem explicar como:

“O modo como o som se propaga é igual” (Aluno 19)

Conforme o exposto nas respostas das questões 2 e 3 desse instrumento (I3), observamos que todos os alunos possuem a compreensão de que se ouve a repetição dos sons devido ao eco. Sendo assim, podemos constatar que, além do eco ser um fenômeno bastante familiar, os estudantes apresentam o subsunçor de que o som é uma onda e que pode propagar-se no ar.

Porém, verificou-se que embora os alunos percebam o que é o eco, poucos indicam ter clareza de que ele é um som refletido, pois na maior parte das respostas, observamos que os alunos não apresentam a compreensão de que o som direto e o som refletido são emitidos pela mesma fonte sonora. Dessa forma, podemos inferir que é escasso o número de alunos que compreendem o eco como sendo o retorno da onda sonora após atingir um obstáculo. Isso

demonstra que esse subsunçor desejável para o estudo do fenômeno em questão é ausente para uma parcela considerável de alunos.

Ainda com relação as questões desse instrumento, verificamos que, de modo geral, os alunos não demonstram possuir argumentos necessários para explicar sobre o porquê o eco só acontece em determinados locais ou se são necessárias algumas condições para a sua ocorrência, mesmo que quase metade dos estudantes cite, em suas respostas, que o eco pode ou não ocorrer devido às características do ambiente. Consideramos que essa percepção é uma informação relevante que corresponde a um subsunçor que deve ser enriquecido.

Devido a isso, propomos na sequência uma outra situação onde observa-se o fenômeno da reflexão, em que buscamos aprofundar as discussões iniciadas e instigar os alunos a compreender que o eco é o retorno da voz. As questões referentes a essa situação e que serão abordadas a seguir, fazem parte do questionário introdutório (I4), que corresponde ao 3º passo da UEPS, o qual tem como principal função, de acordo com Ausubel (2003), servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que deve saber a fim de que o novo conhecimento possa ser aprendido significativamente.

As questões desse instrumento (I4) foram elaboradas com base no texto “Morcegos” publicado na Revista Superinteressante (<https://super.abril.com.br/ciencia/morcegos/>) e foram respondidas por dezesseis alunos no sétimo encontro (aula 11), com a intenção de, como citado anteriormente, com base nas ideias prévias aprofundar as discussões e instigar o aluno a compreender que o eco é a reflexão do som, utilizando uma nova situação.

Para respondê-las os alunos dividiram-se em 8 grupos, que foram organizados da seguinte forma: grupo G1: alunos A6 e A7; grupo G2: alunos A19 e A10; grupo G3: A16 e A8; grupo G4: alunos A9 e A15; grupo G5: alunos A11, A17 e A18; grupo G6: alunos A2 e A4; grupo G7: alunos A14 e A20 e grupo G8: aluno A12.

- ♦ H₃) Questão 1a (I4): A forma como a ecolocalização ajuda os morcegos a se orientarem pode ser observada de outra forma no nosso dia a dia? Explique

Observamos nas respostas elaboradas pelos grupos, quando questionados se conhecem algo semelhante a ecolocalização dos morcegos, que duas delas citam que, embora não seja do dia a dia, possuem conhecimento que os sonares dos submarinos funcionam da mesma forma:

“Um exemplo disso usado artificialmente a nosso favor são os sonares de submarinos” (Grupo 2)

“Sim, pois a ecolocalização lembra o sonar dos submarinos” (Grupo 8)

Já, dois grupos mencionam que a ecolocalização dos morcegos é a reflexão do som:

“Sim. Porque quando emitimos sons ele se reflete e conseguimos medir sua distância”
(Grupo 6)

“Sim. Quando falamos e a nossa voz (por exemplo) bate em alguma superfície ela volta com uma frequência mais alta” (Grupo 7)

Enquanto que um grupo acredita que, assim como a ecolocalização ajuda os morcegos a se orientarem, nós podemos saber quando um carro se aproxima:

“Pode, por exemplo, podemos ouvir o barulho de um carro chegando e saber se ele está longe ou perto. Mas não é tão preciso quanto o morcego” (Grupo 3)

Outros dois grupos, ainda, justificam que a ecolocalização, devido ao ouvido especial dos morcegos, funciona de forma semelhante com quem possui deficiência visual, já que possuem a audição apurada:

“Sim, por exemplo pessoas com deficiência visual usam a audição para coletar informações do ambiente” (Grupo 1)

“Pessoas com deficiência visual também podem aprender a ecolocalização para auxiliar na sua movimentação” (Grupo 4)

E, um grupo, acredita que não tenha nada no dia a dia que possa ser relacionado com a ecolocalização dos morcegos:

“Não, no nosso dia a dia não temos ecolocalização, mas temos objetos que utilizam este meio” (Grupo 5)

Como verificamos nas questões prévias do instrumento anterior que os estudantes possuem familiaridade com o eco, buscamos, com a questão a seguir, promover relações entre

o eco e a nova situação, com o intuito de explorar o fenômeno da reflexão a partir daquilo que os alunos já conhecem:

- ♦ H₄ Questão 1b (I4): Qual a relação disso com o eco?

Quando questionados se há alguma relação entre o eco e a ecolocalização dos morcegos, dois grupos entendem que, tanto no eco como na ecolocalização, as ondas batem em obstáculos e por isso voltam:

“As ondas que o morcego emite volta para ele como se fosse eco. Nós humanos não temos um ouvido especial para ouvir, portanto só ouvimos o eco normal (aquele que é emitido quando, por exemplo, estamos em uma igreja)” (Grupo 3)

“É que o eco também é um fenômeno onde as ondas batem em obstáculos e voltam” (Grupo 8)

Outros dois grupos destacam que nos dois casos o som retorna, sem justificar o porquê:

“O eco permite que com a repetição o barulho chegue até determinado lugar” (Grupo 1)

“Quando falamos em lugar vazio o nosso som volta com uma amplitude maior transmitindo o eco” (Grupo 7)

Um grupo argumenta, ainda, que o que há de comum entre eles é que ambos fornecem a localização:

“Eco me remete a natureza, então deve ser como um gps da natureza” (Grupo 2)

Enquanto que dois grupos acreditam que a relação depende da distância e do local, porém não mencionam que relação é essa:

“Quando a pessoa bate em alguma coisa da um tipo de eco e no chão da outro ou seja ela aprende a identificar obstáculos” (Grupo 4)

“Porque o eco emite um som com uma determinada distância (dependendo do local)”

(Grupo 6)

E um grupo acredita que não há relação, pois o eco não retorna e não fornece localização:

“O eco vai mas não volta, ele não te dá uma localização” (Grupo 5)

Com relação às respostas das questões desse instrumento, observa-se que, assim como na análise do instrumento anterior, somente uma parte dos alunos conseguiu estabelecer relações entre o eco e a reflexão do som, da mesma forma que entre o eco e a ecolocalização dos morcegos. Isso indica que a presença desse subunçor desejável, que já foi identificado nas questões prévias do instrumento anterior (2 e 3), ainda é parcial entre os alunos.

Outro aspecto semelhante entre os instrumentos que a análise apontou é que as respostas fornecidas pelos estudantes sobre a influência do local para a ocorrência ou não do eco e da ecolocalização e sobre a percepção de que o eco é devido ao som que é refletido, apresentam informações incompletas. Em nenhuma das respostas os alunos explicam como o local pode influenciar nas propriedades do som e, dessa forma, refleti-lo. Também não levantam possíveis hipóteses a respeito das mudanças nas características desse som, como por exemplo, a frequência e a velocidade de propagação.

Como esses dois pontos precisavam ser esclarecidos, foram melhor trabalhados em aula posterior, referente ao 4º passo da UEPS, que foi realizada no oitavo encontro (aula 13), mediante uma aula expositiva.

A seguir apresentamos a análise da questão 7 da avaliação somativa individual (I8), que corresponde ao 7º passo da UEPS. Salientamos que, neste momento, nos interessamos em verificar a compreensão da reflexão, embora a questão seja mais ampla, abordando as relações entre a reflexão e as propriedades das ondas.

♦ H₅) Questão 7 (I8): (G1 - UFTPR 2008) Sobre ondas sonoras, considere as seguintes afirmações:

I - As ondas sonoras são ondas transversais.

II - O eco é um fenômeno relacionado com a reflexão da onda sonora.

III - A altura de um som depende da frequência da onda sonora.

Está(ão) correta(s) somente:

- a) I.
- b) II.
- c) III.
- d) I e II.
- e) II e III.

A avaliação ocorreu ao final da aplicação das atividades da UEPS, no décimo segundo encontro (aula 20). Dos dezenove alunos que estavam presentes, dezessete deles responderam a questão. Desses dezessete alunos que responderam, treze assinalaram, de maneira apropriada, a alternativa (e) como sendo a correta. Porém, mesmo os quatro alunos que assinalaram as alternativas incorretas, marcaram a afirmação II como correta, ou seja, compreenderam a relação do eco com a reflexão do som.

Dessa forma, todos os estudantes que responderam a questão relacionaram a nova informação com a informação já existente na sua estrutura cognitiva. Isso representa que há indícios de aprendizagem significativa, visto que, pelas respostas das questões do questionário inicial (2 e 3) e das questões introdutórias (1a e 1b), percebeu-se que, embora a maioria dos alunos tenha observado que a repetição da voz é o eco, não havia clareza de que o som era refletido, ou seja, retornava após encontrar um obstáculo.

1) Difração (C9)

O fenômeno da difração é conhecido como a propriedade que qualquer tipo de onda possui de contornar um obstáculo ao ser, parcialmente, interrompida por ele. Para Luz e Álvares (2013, p. 258) a difração em ondas sonoras ocorre, por exemplo, quando “uma pessoa A, ao lado de um muro, pode ser ouvida por outra pessoa B, situada atrás do muro, porque as ondas sonoras, emitidas por A, em virtude da difração, contornam o obstáculo, alcançando a orelha de B.”

O tamanho do obstáculo a ser contornado influencia na maior ou menor capacidade que uma onda tem de se difratar, pois quanto maior o comprimento da onda se comparado ao do obstáculo, mais intensa será a difração. Dessa forma, pode-se dizer que uma onda possui mais facilidade em contornar obstáculos, quando eles forem pequenos em relação ao comprimento da onda e é por isso que esse fenômeno é mais frequentemente observado nas ondas sonoras, pois são ondas com comprimento grande.

Por isso, levando em consideração a valorização dos conhecimentos prévios que os estudantes apresentam, conforme destaca Ausubel (2003), de modo a contribuir para que a aprendizagem do conceito de difração seja significativa, consideramos importante que os alunos já tenham compreendido:

- Que o som é uma onda que se propaga em meios materiais;
- Que a onda sonora emitida por uma fonte A pode chegar até o ouvinte B, mesmo com a presença de obstáculos entre eles;
- As propriedades das ondas (amplitude, período, frequência, comprimento de onda e velocidade de propagação).

Portanto, para a análise da aprendizagem dos estudantes sobre o conceito de difração escolhemos as seguintes questões:

- ♦ I₁) Questão 4 (I3): Observe a imagem abaixo e responda:

Figura 10 – Representação do fenômeno da difração



Fonte: Exercícios mundo educação – Disponível em:

<https://exercicios.mundoeducacao.bol.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-reflexao-refracao-difracao-das-ondas.htm>

Como Cebolinha pode ouvir a voz da Mônica, mesmo sem vê-la? Explique.

Esta questão foi proposta no 2º passo da UEPS, que tem como objetivo resgatar e expor o conhecimento prévio que os alunos possuem, de modo que seja possível identificar a

existência de subsunçores na sua estrutura cognitiva. Sendo assim, no sexto encontro (aula 9) buscamos, a partir desse questionamento, constatar quais são as ideias prévias dos estudantes sobre a capacidade que o som possui de desviar obstáculos. Dos vinte alunos que responderam a questão, onze deles justificam que é possível Cebolinha ouvir a voz de Mônica devido ao timbre:

“Através do timbre da voz” (Aluno 9)

“Por conta do timbre, que caracteriza a voz de cada indivíduo” (Aluno 16)

Um aluno acredita que o som contorna o muro, por isso, quando Mônica fala, Cebolinha consegue ouvi-lo:

“Porque o som consegue passar pelo muro, devido a altura da voz da Mônica”
(Aluno 5)

Outros doze alunos mencionam que essa situação ocorre devido à existência do meio material, muro ou ar, visto que o som se propaga por ele:

“Devido o meio de propagação que nesse caso é o ar e o muro e pela intensidade e timbre da voz” (Aluno 7)

“Porque o som se propaga através do meio (ar) e o muro” (Aluno 18)

E, por último, um aluno responde que o eco é o responsável por essa situação acontecer:

“Timbre, eco. E o eco viaja pelo vento como ondas” (Aluno 17)

De acordo com as respostas apresentadas nesse instrumento, observamos que os alunos, de modo geral, buscaram responder a questão utilizando conceitos estudados anteriormente, como por exemplo, o meio de propagação e o timbre. Essas respostas, fornecidas pelos estudantes, concentraram-se, principalmente, em explicar como Cebolinha é capaz de identificar que é Mônica quem fala do lado oposto do muro e como o som se propaga quando ela fala.

Embora as colocações referentes aos conceitos citados tenham sido apropriadas, o que indica que os estudantes apresentam indícios de aprendizagem sobre conteúdos estudados anteriormente, elas não foram adequadas para responder corretamente a questão proposta. É importante destacar que, apesar dessas informações não representarem subsunçores que consideramos desejáveis para esse estudo, isso não representa um erro, pois, como já mencionamos, o objetivo da questão é entender como os estudantes percebem o fenômeno da difração e, dessa forma, identificar se os mesmos apresentam ou não subsunçores adequados sobre tal fenômeno.

Outro aspecto importante que a análise revelou é que todos os alunos apresentam o subsunçor desejável de que o som é uma onda. Entretanto, observamos que apenas um estudante apresentou a ideia de que o som emitido por uma fonte sonora, que neste caso é a Mônica, tem a capacidade de contornar obstáculos e chegar até o ouvido de Cebolinha. Sendo assim, podemos constatar que para a maioria dos alunos um som, ao atingir um obstáculo, não é desviado de modo que possa contorná-lo, mesmo que em várias respostas citem que ele é capaz de chegar até o ouvinte, apesar da existência do muro. Isso demonstra que este subsunçor, para o estudo da difração, é ausente para a maioria dos estudantes e, portanto, necessitou ser melhor trabalhado no passo seguinte da UEPS, que será detalhado na sequência.

Ainda com relação a esse instrumento, verificamos que em nenhuma das respostas elaboradas pelos alunos são apresentadas hipóteses relacionadas às condições necessárias para que a difração aconteça, como por exemplo, que o comprimento da onda e do obstáculo sejam da mesma ordem de grandeza. Podemos inferir que isso se deve, novamente, ao fato da baixa percepção dos estudantes quanto ao fato de que o som pode contornar obstáculos, o que dificulta que os mesmos construam argumentos e justificativas que expliquem esse fenômeno.

Dessa forma, a partir do que foi exposto acima, propomos no 3º passo da UEPS a elaboração de um pequeno texto (I5), para ser realizado em casa, sobre as características de uma sala, cuja acústica seja boa, como uma nova situação real. A tarefa foi proposta com a pretensão de inquietar um número maior de estudantes sobre como e por que o som pode desviar obstáculos. Com isso, buscamos resgatar os aspectos debatidos na questão 4 do instrumento anterior, de modo que pudéssemos explorar melhor os subsunçores que os alunos apresentam para, dessa maneira, ancorar o novo conhecimento.

Para a elaboração do texto, a turma organizou-se da seguinte forma: grupo G1: aluno A9; grupo G2: alunos A8 e A16; grupo G3: aluno A18; grupo G4: aluno A12; grupo G5: alunos A2 e A4; grupo G6: alunos A14 e A20 e grupo G7: alunos A6 e A7.

- ♦ I₂) Produzir um texto sobre as salas/ambientes com uma boa acústica (I5):

Observamos nos textos elaborados pelos grupos sobre o que caracteriza e quais são as condições necessárias para que uma sala tenha uma boa acústica, que cinco deles mencionam que a sala deve ser organizada de modo que minimize o eco, ou seja, minimize a reflexão do som:

“[...] o uso de diversas decorações também é popular para ocupar qualquer espaço vazio e minimizar o eco” (Grupo 1)

“[...] considera-se que uma diferença de tempo entre o som direto e o indireto menor que 0,5 segundos é acusticamente favorável. Neste caso, as reflexões não incomodam para entender a voz falada [...]” (Grupo 3)

Entretanto, outros três grupos citam que uma sala, para ter uma boa acústica, precisa conseguir isolar o som:

“[...] salas com boa acústica são salas fechadas, onde suas paredes são feitas de um determinado material para manter o som do lado de dentro” (Grupo 2)

“Isolamento acústico que pode ser feito por refletores absorventes e difusores” (Grupo 4)

E, por fim, dois grupos atribuem às características geométricas e arquitetônicas como fatores que contribuem para que a sala possua uma acústica boa. Desses dois grupos, um deles cita a interferência que uma sala com obstáculos pode causar ao som:

“Para caracterizar uma sala acústica é bom avaliar as características geométricas e arquitetônicas” (Grupo 5)

“[...] sala ampla, sem obstáculos para não causar interferência do som” (Grupo 6)

De maneira semelhante ao observado na análise do instrumento anterior (I3), somente dois grupos fazem referência em suas respostas à maneira com que a presença de obstáculos no ambiente pode interferir na qualidade do som. Embora não expliquem como, podemos interpretar que esses grupos possuem este subsunçor, o qual precisa ser aprimorado, pois é

devido a existência desses obstáculos que o som se difrata e, como consequência, ocorre a interferência do som que pode prejudicar a qualidade do mesmo.

Mesmo que a tarefa foi realizada em casa e com tempo hábil para consulta em diferentes fontes, a grande maioria deteve suas respostas baseadas em informações genéricas e de conhecimento comum, sinalizando que uma sala, para ter uma acústica favorável, basta conseguir isolar o som e evitar que ele seja refletido, sem aprofundar suas colocações utilizando argumentos físicos.

Devido a isso, no oitavo encontro (aula 13), referente ao 4º passo da UEPS, por meio de uma aula expositiva e dialogada, esses pontos que não estavam bem esclarecidos, assim como aqueles citados na análise do instrumento anterior, foram novamente abordados, de modo que proporcionassem aos alunos a aquisição de compreensões e o esclarecimento das colocações que estavam pendentes.

Por fim, para evidenciar se há ou não indícios de aprendizagem significativa para este conceito, utilizamos a questão 5 da avaliação somativa individual (I8), que corresponde ao 7º passo da UEPS. Com esta questão, buscamos evidenciar a compreensão, a captação de significados e a capacidade de transferência que os estudantes apresentam sobre o conceito da difração e à situação proposta.

- ♦ I₃) Questão 5 (I8): Um grupo de crianças estava brincando de esconde-esconde. Enquanto um deles, chamado João, estava contando num muro, duas das crianças resolveram esconder-se atrás do mesmo. Mesmo sem João ver as crianças ele sabia que elas estavam do outro lado do muro. Explique qual fenômeno físico é responsável por isso.

A avaliação ocorreu no décimo segundo encontro (aula 20) e, dos dezenove alunos presentes, dezessete deles responderam à questão. Dentre os alunos que a responderam, catorze deles disseram que o fenômeno que explica tal situação é o da difração. Destes, oito alunos justificaram que isso acontece, pois a onda sonora atinge um obstáculo, cuja dimensão é inferior ou de mesma ordem de grandeza. Os demais apenas citaram o fenômeno da difração, sem explicar como ele ocorre na situação proposta.

“Difração. Pois o som desvia os obstáculos, portanto é assim que chega ao outro lado do muro” (Aluno 6)

“É a difração. Ocorre quando a onda sonora atinge um obstáculo de dimensão inferior ou da mesma ordem de grandeza” (Aluno 12)

“Difração, pois o som produzido pelos escondidos desviou do obstáculo (muro) e chegou até o João” (Aluno 16)

Outros dois alunos mencionaram nas suas respostas que o fenômeno ali envolvido é o da reflexão, por isso, observa-se o eco:

“Reflexão, pois ecoava, atingia o local e voltava a sua origem” (Aluno 3)

“O som pode ser emitido do outro lado através do eco” (Aluno 8)

Um aluno citou, ainda, a radiação sonora, embora este nem tenha sido tema de discussão em sala de aula:

“O fenômenos acontece pois o som consegue passar pelo muro, devido a radiação sonora” (Aluno 5)

Dos dezessete alunos que resolveram a questão, catorze responderam corretamente que o fenômeno que explica aquela situação é o da difração. Fato que demonstra que os mesmos modificaram e/ou acrescentaram aspectos a sua estrutura cognitiva após a realização das atividades da UEPS, visto que, nas respostas das atividades iniciais expressaram que seus entendimentos sobre a difração eram incompletos e inadequados. Já, com relação aos três alunos que responderam a questão incorretamente, podemos inferir que os conceitos não ficaram suficientemente claros, pois apresentaram confusão com conceitos já estudados e até mesmo entre os nomes dos conceitos, dessa forma, podemos dizer que não houve diferenciação entre conceitos novos com ideias já estabelecidas, nem aquisição de novos significados (MOREIRA; MASINI, 1982).

Sendo assim, com base nas respostas dessa questão, evidenciamos indícios de aprendizagem significativa pela maioria dos estudantes, os quais conseguiram relacionar corretamente o fenômeno estudado com a situação proposta. Isso demonstra a evolução da aprendizagem, visto que nas respostas das atividades iniciais e introdutórias, em geral, os estudantes demonstraram não compreender que o som emitido por uma fonte sonora possui a capacidade de desviar obstáculos e, dessa maneira, alcançar um ouvinte, embora essas sejam situações que vivenciam diariamente.

J) Ressonância (C10)

É bastante frequente ver em programas de televisão pessoas tentando quebrar taças de cristal por meio, apenas, do grito. E, por vezes, podemos até mesmo nos questionar se isso é realmente possível. Embora a ocorrência desse acontecimento não seja tão comum, ele pode acontecer devido ao fenômeno denominado ressonância. Esse fenômeno ocorre quando um sistema físico passa a oscilar por meio da ação excitadora de uma fonte oscilante externa.

Todos os sistemas físicos possuem uma frequência natural de vibração que lhes é característica e quando essa frequência é igual a frequência de vibração da fonte externa, acontece o fenômeno da superposição de ondas, que altera a energia do sistema, modificando, dessa maneira, sua amplitude.

No caso da ressonância em ondas sonoras, ela ocorre quando uma fonte sonora emite um som de frequência igual à frequência de vibração natural de um receptor. Sendo assim, ocorre a amplificação do som, de modo que percebe-se também um aumento na intensidade do mesmo.

Dessa forma, alicerçados na Teoria da Aprendizagem Significativa, acreditamos que para que a aprendizagem do fenômeno da ressonância ocorra de forma significativa, é necessário levar em consideração os conhecimentos prévios apresentados pelos estudantes sobre o assunto, de modo que, por já terem estudado os conceitos referentes a ondas, seja relevante que já apresentem a compreensão sobre:

- O som ser uma onda que se propaga em meios materiais;
- As propriedades das ondas (amplitude, período, frequência, comprimento de onda e velocidade de propagação).

Portanto, para realizar a análise da compreensão dos estudantes sobre esse fenômeno, baseamo-nos nas seguintes questões.

- ♦ J₁) Questão 1a (I3): Como apresenta a tirinha abaixo, Mônica está gritando muito com o Cebolinha. Por que as taças, o espelho e os óculos do garoto ao lado quebraram?

Figura 11 – Representação do fenômeno da ressonância



Fonte: Turma da Mônica – Disponível em: www.monica.com.br

As questões desse instrumento foram propostas no sétimo encontro (aula 10), no 2º passo da UEPS, com o objetivo de compreender quais são as ideias iniciais dos estudantes com relação ao fenômeno da ressonância e, dessa forma, ter um “norte” para guiar o desenvolvimento das atividades.

Neste dia, dezoito alunos estavam presentes e responderam as questões desse instrumento. Com relação a questão mencionada acima, que teve como objetivo investigar as razões pelas quais os estudantes acreditam que as taças, óculos e espelhos se quebram quando Mônica grita, verificamos que dos dezoito alunos, dezessete deles apresentaram em suas respostas que o motivo que faz com que os objetos mencionados na situação quebrem é o fato de o som ser agudo, ou seja, possuir uma frequência alta:

“Por se tratar de um som muito agudo” (Aluno 10)

“Eles se quebram devido ao som agudo, ou seja, por conta da frequência ser muito alta” (Aluno 16)

Em outras três respostas os alunos justificaram que isso ocorre também devido ao volume do som, relacionando, dessa forma, a ruptura dos objetos com a intensidade:

“As taças, o espelho e os óculos quebram por causa da intensidade e da altura do timbre da Mônica que acaba quebrando os utensílios de vidro” (Aluno 3)

“Porque o volume do grito está elevado, assim como a frequência” (Aluno 19)

Ainda com relação a tirinha e com o intuito de identificar o que os alunos sabem sobre a ressonância e porque ela ocorre, propomos as questões 1b e 1c:

- ♦ J₂) Questão 1b (I3): Se as taças fossem de plástico, quebrariam também? Explique.

Na segunda questão proposta neste instrumento, ainda com o propósito de identificar as ideias prévias dos estudantes, observamos que quando questionados se o material das taças implica no seu rompimento, todos os alunos responderam que sim, pois caso as taças fossem de plástico elas não quebrariam, entretanto, os argumentos utilizados para justificar tal afirmação foram variados.

Quatro estudantes acreditam que, como os materiais das taças seriam diferentes, apenas o vidro se quebraria, já o plástico não, sem justificar o porquê:

“Não, porque o material é diferente e não iria quebrar com um som agudo” (Aluno 2)

“Não. Porque a matéria prima é diferente e mais resistente” (Aluno 6)

Outras treze respostas, da mesma forma que as mencionadas acima, também acreditam que se as taças fossem de plástico não se quebrariam. Porém esses alunos argumentam que o plástico não se rompe, pois é menos frágil que o vidro, ou seja, sua resistência é maior, além de apresentar maior flexibilidade e por isso não se quebra:

“Não, porque elas não são tão frágeis” (Aluno 20)

“Não, pois o vidro é mais frágil que o plástico” (Aluno 21)

Por fim, em duas respostas os estudantes argumentaram que o plástico vibra menos que o vidro, o que evita que ele se quebre:

“Não, porque vibram menos” (Aluno 15)

“Não. Porque é um material diferente, é um meio que não conduz vibração e é mais flexível” (Aluno 18)

Nas questões anteriores observamos que, embora os estudantes percebam que tanto a frequência do grito, como a diferença dos materiais dos objetos implica no rompimento ou não dos mesmos, são poucas as respostas que mencionam a forma como o grito influencia para que o objeto se quebre. Sendo assim, com o objetivo de identificar se os alunos percebem

que é a vibração da onda sonora que provoca a vibração do objeto e que, conseqüentemente, faz com que o mesmo se rompa, propomos a seguinte questão.

- ♦ J₃) Questão 1c (I3): O que acontece com as moléculas do ar e do copo durante o grito?

A análise das respostas elaboradas pelos estudantes ao questionamento, permitiram que as categorizássemos da seguinte maneira:

Em dezesseis respostas os estudantes mencionam que as moléculas tanto do ar como do copo se agitam e passam a vibrar, porém em nove delas os estudantes não justificam o porquê:

“As moléculas do ar e do corpo se agitam com a intensidade” (Aluno 3)

“As moléculas vibram muito” (Aluno 5)

Ainda referente a esses estudantes, seis deles justificam que essas moléculas vibram até que se rompem e um deles argumenta que passam a vibrar, porém não em frequência muito alta:

“Se agitam, se mexem e acabam se rompendo” (Aluno 7)

“Vibram até um possível ponto de ruptura” (Aluno 10)

“Elas não vibram com uma frequência muito alta” (Aluno 15)

Um aluno acredita que essas moléculas passam a se propagar:

“Elas se propagam mantendo um padrão parecido” (Aluno 8)

E, por fim, um aluno menciona que as moléculas de ar são empurradas pela voz contra o copo:

“A voz empurra as moléculas de ar contra o copo, causando a sua destruição”
(Aluno 9)

Observamos pela análise das respostas apresentadas às questões desse instrumento que a maioria dos estudantes menciona que um som agudo possui maior capacidade para quebrar objetos de vidro, embora não justifiquem nas suas respostas como é possível isso acontecer. A partir disso, podemos constatar que uma grande parte dos estudantes parece compreender que a frequência do som é a propriedade responsável por provocar a ruptura dos objetos, o que corresponde a um subunçor desejável que precisa ser aprimorado.

Também observamos pela análise das questões que todos estudantes possuem a compreensão inicial de que o plástico não se quebra como o vidro, pois tais materiais apresentam características diferentes, como por exemplo, flexibilidade e resistência. Mesmo assim, são poucos os alunos que especificam que devido aos materiais serem diferentes, eles também suportam vibrações diferentes, visto que, suas frequências naturais de vibração são distintas.

Ainda com relação a percepção dos alunos sobre como a diferença dos materiais influencia na ruptura deles, observamos que embora os estudantes citem que as suas moléculas vibram, somente uma parcela cita nas respostas que é devido a essa vibração que ocorre a ruptura dos objetos. Podemos inferir que este é um subunçor desejável que precisa ser enriquecido, pois, no caso do vidro, por possuir uma estrutura mais rígida, chega num determinado momento que não suporta a quantidade de energia que lhe é fornecida pela vibração das moléculas de ar, que são emitidas pela voz. Isso acontece porque as moléculas do ar passam a vibrar na mesma frequência natural de vibração das moléculas do copo, de modo que, por isso, ele se quebre. Já no caso do plástico, por ser mais flexível, suporta vibrações com frequências maiores, pois sua frequência natural de vibração também é maior.

Devido ao exposto acima e ainda com a pretensão de inquietar os estudantes sobre os motivos pelos quais determinados sons podem fazer com que objetos se rompam, e dessa forma, explorar os subunçores desejáveis, foi apresentado aos estudantes um vídeo disponível no *YouTube* do momento em que a ponte de Tacoma entra em ressonância e cai e, partir disso, os alunos foram convidados a responder o seguinte questionamento:

- ♦ J₄) Questão 1 (I6): Há alguma relação entre o rompimento da ponte apresentado no vídeo e o rompimento das taças apresentado na tirinha abaixo? Se há, qual é?

Figura 11 – Representação do fenômeno da ressonância



Fonte: Turma da Mônica – Disponível em: www.monica.com.br

Essa atividade foi realizada no oitavo encontro (aula 12) e corresponde ao 3º passo da UEPS, que tem como objetivo, discutir, a partir do resgate das ideias prévias e por meio de uma nova situação, o novo conhecimento, de maneira que ele tenha algum sentido para os estudantes.

Neste dia, onze alunos estavam presentes e responderam a questão. Para sete, dos onze alunos que a responderam, há relação entre o vídeo e a tirinha. Quatro alunos justificam que o que há em comum nas duas situações é a vibração e por isso tanto a ponte, como os objetos de vidro se quebram:

“Ambos tem uma fonte cuja causa vibração, no caso da ponte, a intensidade precisa ser maior para fazê-la se romper” (Aluno 16)

“Sim, pois ambos tem uma fonte que causa vibração com intensidade diferente, fazendo com que os objetos vibrem e quebrem” (Aluno 20)

Outros dois alunos, argumentam que os corpos quebram, nas duas situações, devido a frequência natural que cada um deles possui:

“Sim, porque ambos vibram, tem a ver com as partículas do ar. Mas cada um tem a sua frequência natural” (Aluno 2)

“Sim, os dois tem uma frequência natural e só quebraram porque foi ultrapassado essa frequência natural” (Aluno 12)

E, por fim, um aluno acredita que os corpos se rompem devido as ondas:

“Sim, pois as ondas fazem sua parte e as taças de romperem” (Aluno 19)

Porém, observou-se também que dos onze alunos que responderam a questão, quatro deles acreditam que não há relação entre as situações apresentadas. Um deles cita que na tirinha ocorre o rompimento dos objetos devido ao eco e a sua amplitude ser grande:

“Não. A tirinha utiliza eco e uma amplitude alta” (Aluno 17)

Outros três alunos argumentam que é devido as ondas sonoras que há o rompimento dos objetos na tirinha e na ponte o rompimento ocorre devido a ação do tempo:

“Ambos a ponte e as taças sofrem efeitos imediatos em suas estruturas físicas pelas moléculas de ar, a ponte balançando graças aos ventos fortes e as taças quebrando devido as fortes ondas da voz da Mônica movimentando as moléculas de ar dentro das taças ao ponto de quebrar” (Aluno 9)

Não, porque no vídeo é a ação do tempo e o grito são ondas sonoras” (Aluno 11)

Pela análise das respostas desse instrumento, pode-se dizer que embora os estudantes não tenham justificado da forma mais adequada a questão proposta, observa-se que até mesmo parte daqueles que responderam que não há relação entre as duas situações apresentadas, possuem, implicitamente, a ideia de que a vibração causada pela voz ou pelo vento pode provocar a quebra dos objetos.

Isso demonstra que este é um subsunçor desejável para o estudo da ressonância que deve ser aprimorado, pois sinaliza que os estudantes não possuem, ainda, os conhecimentos necessários para explicar que essa ruptura é consequência das vibrações externas, provocadas pela voz e pelo vento, atingirem uma frequência igual a frequência natural de vibração dos objetos que foram citados nas situações. Dessa maneira, ocorre a superposição das ondas, que resulta em um aumento da amplitude, devido ao aumento de energia que foi fornecida pela vibração externa.

Sendo assim, esses aspectos comentados foram abordados no nono encontro (aula 14), referente ao passo 4 da UEPS, a partir de uma aula demonstrativa, utilizando dois diapasões com caixas de ressonância de frequências iguais colocados lado a lado. Chamamos a atenção dos alunos para o fato de que quando um deles foi colocado para vibrar numa frequência de 440 Hz o outro diapasão que estava ao lado, passou a vibrar com a mesma frequência, de modo que o som produzido foi amplificado, pois passou a vibrar com amplitudes maiores.

A partir disso, com o objetivo de identificar indícios de aprendizagem significativa dos estudantes sobre o fenômeno da ressonância, analisamos as respostas da questão 6 da avaliação somativa individual, que consistiu em apresentar uma nova situação e dessa forma identificar como os estudantes utilizam os conhecimentos abordados para respondê-la.

- ♦ J₅) Questão 6 (I8): Consideremos dois violões com as cordas lá igualmente afinadas. Estando um violão próximo ao outro, tangemos a corda lá de um deles e verificamos que a corda lá do outro também vibra. Qual fenômeno explica esse acontecimento?

Essa questão foi proposta na avaliação somativa individual, que aconteceu no décimo segundo encontro (aula 20) e foi respondida por dezesseis, dos dezenove alunos que estavam presentes.

Dos dezesseis alunos que responderam, dez deles justificam que é a ressonância o fenômeno que explica que as cordas vibrem na mesma frequência:

“Ao produzir a mesma frequência, a onda sonora de uma das cordas é capaz de movimentar a outra, amplificando assim o som” (Aluno 9)

“Ressonância, como as cordas estão afinadas igualmente, quando uma vibra acaba transferindo energia para a outra” (Aluno 16)

Três alunos mencionam que essa situação ocorre devido ao timbre, sem explicar o porquê:

“Timbre” (Alunos 2, 8 e 20)

E, outros três alunos acreditam, ainda que isso ocorre por conta das ondulações sonoras (um), da refração (um) e da reflexão (um):

“Ondulações sonoras” (Aluno 19)

“Refração, pois as duas podem ter a mesma frequência mas jamais o mesmo timbre”
(Aluno 3)

“Reflexão, pois uma onda bateu na outra corda e fez ela vibrar. A onda voltou pra outra corda que continua vibrando” (Aluno 17)

Observamos que a maior parte dos alunos presentes respondeu corretamente, indicando que o fenômeno responsável por fazer com que a corda *lá* de um violão B, sem ser tangida, passe a vibrar na mesma frequência que a corda tangida de um violão A, é o da ressonância. Isso demonstra que os estudantes conseguiram promover a interação entre os conhecimentos novos e os já estabelecidos em sua estrutura cognitiva, de modo que qualificaram os conceitos abordados, tornando-os transferíveis.

K) Interferência (CII)

De acordo com Hewitt (2015), as ondas sonoras, assim como as demais, podem apresentar interferência. A interferência ocorre quando as cristas de uma onda se superpõem às cristas da outra e ocorre um aumento da amplitude. Ou quando a crista de uma onda se superpõe ao ventre de outra, ocorre uma diminuição da amplitude.

Tratando-se especificamente do som, a crista de uma onda corresponde a uma zona de compressão, e um ventre a uma zona de rarefação. Um exemplo onde a interferência sonora pode ser percebida ocorre quando um ouvinte se encontra a igual distância de dois alto-falantes que emitem sons idênticos com frequência fixa, o som ouvido terá um maior volume, porque os efeitos dos dois alto-falantes se somam. As compressões e as rarefações chegam ao ouvinte em ritmo uma com a outra, ou seja, em fase. No entanto, se o ouvinte se mover para o lado, de modo que a diferença entre a distância dele aos alto-falantes seja de meio comprimento de onda, as rarefações produzidas por um dos alto-falantes cancelarão as compressões produzidas pelo outro no ouvido do ouvinte. Isso é interferência destrutiva.

Sendo assim, de acordo com o referencial teórico utilizado neste trabalho, consideramos importante para que a aprendizagem do fenômeno da interferência seja significativa, que os alunos já possuam em sua estrutura cognitiva os seguintes conhecimentos:

- O som é uma onda que se propaga em meios materiais;
- As propriedades das ondas (período, frequência, amplitude, comprimento de onda e velocidade de propagação).

Esses conteúdos citados já foram abordados no estudo de ondas e também em atividades da UEPS anteriores a essa e, portanto, com a intenção de realizar o levantamento dos conhecimentos prévios relevantes ou não na estrutura cognitiva dos estudantes, assim

como, encontrar indícios de um possível enriquecimento da estrutura cognitiva sobre a interferência sonora, faremos a análise das seguintes questões:

- ♦ K₁) Questão 1 (I3): Você já deve ter deixado seu celular tocar perto das caixinhas de som de um computador ou da televisão. Quando isso acontece, como é o som que passa a sair das caixinhas? Explique.

Nesta aula, que aconteceu no sétimo encontro (aula 10), dezessete alunos responderam as questões desse instrumento, que corresponde ao 2º passo da UEPS e tem como objetivo buscar elementos importantes na estrutura cognitiva dos estudantes que favoreçam a aprendizagem significativa do fenômeno da interferência, além de embasar as demais atividades propostas na UEPS.

Das dezessete respostas fornecidas ao questionamento exposto anteriormente, em doze delas os estudantes mencionaram que quando um celular toca próximo de caixas de som, ocorre a interferência entre o som do telefone e o som que a caixa está transmitindo:

“Acontece um barulho forte, pois deu uma interferência” (Aluno 8)

“Acontece uma interferência, sai um barulho diferente e a voz fica embaralhada”
(Aluno 11)

Por sua vez, nove deles acreditam que o som percebido será agudo, parecido com um zunido:

“O som das caixinhas começa a sofrer interferência e sai um som agudo com volume muito alto” (Aluno 5)

“A voz oscila e sai um barulho agudo e alto” (Aluno 15)

Dois alunos citam que percebe-se um chiado/ruído:

“O som que sai é um mero ruído causado pela interferência” (Aluno 9)

“Agudo, interferência, chiado” (Aluno 17)

Três acreditam, ainda, que ocorre uma falha no som:

“Da interferência nos sons e começa a falhar os sons” (Aluno 6)

“Da interferência nos sons e sucessivamente começa a falhar com o contato dos dois sons” (Aluno 7)

Outros cinco alunos justificam que o som será estranho ou danificado:

“Um som danificado que parece estourar os tímpanos” (Aluno 3)

“Um barulho estranho. Ocorre devido a interferência” (Aluno 18)

E, por último, dois alunos dizem que nunca observaram tal situação:

“Nunca analisei isso” (Aluno 10)

“Nunca coloquei o celular perto desses itens para analisar isso” (Aluno 19)

Ainda com o propósito de identificar como os alunos percebem a interferência das ondas sonoras, propomos a questão 2a e 2b, referentes a uma demonstração utilizando microfone e caixas de som, de modo que tais equipamentos foram posicionados para causar um zunido no ambiente.

- ♦ K₂ Questão 2a (I3): Por que isso acontece?

Dos dezessete alunos que responderam aos questionamentos sobre a demonstração, oito deles acreditam que o zunido observado ocorre devido a interferência dos sons:

“Porque da interferência” (Aluno 14)

“Isto ocorre quando uma interferência ocorre” (Aluno 21)

Desses oito alunos que mencionam a interferência, um deles explica que a interferência é o conflito de ondas:

“Interferência/conflito de ondas” (Aluno 19)

Dois alunos acreditam que o zunido ocorre em consequência da posição incorreta ou muito próxima das caixas de som:

3) *“Pelo mal contato, posição errada das caixas que saem junto no microfone”* (Aluno 3)

“Por causa da aproximação dos meios” (Aluno 16)

Para oito alunos é o mau contato que explica a ocorrência do zunido:

“O ajuste no som que se liga ao microfone está desregulado” (Aluno 8)

“Por causa de um mal contato no fio do microfone” (Aluno 11)

E, por fim, um aluno, menciona que ocorre falha na propagação das ondas eletromagnéticas:

“Falha nas ondas eletromagnéticas” (Aluno 10)

Ainda com relação a demonstração apresentada, os alunos responderam a seguinte questão:

- ♦ K₃ Questão 2b (I3): O que é preciso fazer para que isso não aconteça?

A questão foi respondida por dezesseis alunos e onze deles acreditam que, para evitar o zunido, é necessário mudar a posição dos equipamentos:

“Arrumar o contato de conexão, ajustar a posição do cabo que pode estar com defeito” (Aluno 3)

“Deixar o microfone em uma certa posição e cuidar se os cabos estão funcionando” (Aluno 5)

Desses onze que citaram a mudança da posição, nove deles acreditam que afastando-os resolveria:

“Deixar o aparelho longe do aparelho de som” (Aluno 14)

“É preciso deixá-los mais distantes” (Aluno 16)

Outros seis alunos, citam que o zunido ocorre devido ao mal contato no fio, portanto, é necessário organizá-los:

“Arrumar os fios e evitar mexer neles” (Aluno 6)

“Tirar o microfone de perto da TV. Mexer no cabo do microfone” (Aluno 11)

Em quatro respostas, ainda, os estudantes mencionam que é preciso realizar o ajuste no microfone:

“Ajustar o microfone” (Aluno 2)

“Ajustar bem o microfone” (Aluno 4)

E, um deles, acredita que o problema seja no próprio microfone, que apresenta defeitos:

“Comprar um novo e melhor” (Aluno 10)

Mediante a análise das respostas desse instrumento, percebe-se que, em geral, os estudantes compreendem que ocorre interferência do som. Mesmo que não mencionem o que é a interferência das ondas sonoras e o porquê desta acontecer, podemos considerar que este é um subsunçor adequado, que necessita ser aprimorado, pois entendemos, pelas respostas apresentadas, que os estudantes compreendem a interferência como o encontro dos sons, de modo que um interfira no outro.

Outros dois aspectos importantes observados na análise referem-se ao posicionamento dos equipamentos e a variação da intensidade do som. Embora em número reduzido, parte dos estudantes justifica a ocorrência da interferência pela posição em que os equipamentos são colocados e, como consequência da interferência, mencionam a oscilação do som produzido. Mesmo que não expliquem a influência da posição nem o porquê do som variar sua intensidade, isso indica a existência de informações relevantes na estrutura cognitiva dos estudantes, visto que, dependendo da posição do ouvinte, em relação a duas fontes sonoras distintas, as compressões e as rarefações produzidas por elas chegam até ele em ritmo uma com a outra, ou seja, em fase, de modo que o som ouvido terá maior intensidade, pois os seus efeitos se somam. No entanto, a posição do ouvinte também pode fazer com que as rarefações

produzidas por uma fonte sonora cancelem as compressões produzidas pela outra no ouvido do ouvinte, de modo que pouco ou nenhum som seja ouvido.

Dessa forma, a partir dos conhecimentos prévios levantados e ainda com o objetivo de motivar a discussão de tópicos relacionados a interferência sonora, foi realizado no 3º passo da UEPS, uma atividade utilizando simulação computacional disponível no site do Phet Colorado, com o seguinte título “Som”. A atividade ocorreu no oitavo encontro (aula 13) onde os estudantes, para responder aos questionamentos propostos, organizaram-se em grupos da seguinte maneira: grupo G1: alunos A2 e A4; grupo G2: alunos A20, A16 e A14; grupo G3: alunos A3 e A9; grupo G4: alunos A17 e A11; grupo G5: alunos A5 e A21; grupo G6: alunos A18 e A12; grupo G7: alunos A7 e A10 e grupo G8: alunos A19 e A1.

Com o auxílio de um roteiro, os estudantes foram orientados sobre como proceder na realização da atividade e em seguida responder as questões propostas no mesmo.

ORIENTAÇÃO: Varie a posição do ouvinte: Para cima, para baixo, no centro, no centro bem próximo aos dois alto-falantes e no centro afastado dos alto-falantes.

- ♦ K₄) Questão 2a (I7): a) Enquanto você varia a posição do ouvinte o que você percebe com relação ao som?

Dos oito grupos que realizaram a simulação, três deles explicam que quando mudaram a posição do ouvinte a altura do som variou. Desses três grupos, dois deles justificam que quanto mais perto dos alto-falantes, mais alto será o som e vice-versa:

“A altura do som varia” (Grupo 5)

“Quanto mais perto do fone mais alto fica e quanto mais longe do fone o som fica baixo” (Grupo 1)

“Quanto mais perto do fone mais alto é o som e quanto mais longe mais baixo o som” (Grupo 2)

Três grupos mencionam que varia a intensidade do som, quando a posição do ouvinte é modificada. Um desses grupos argumenta que se o ouvinte é posicionado longe do alto-falante, o som será fraco, pois a onda é fraca:

“Porque dependendo da posição do ouvinte a intensidade do som varia” (Grupo 6)

“A intensidade do som varia de acordo com a posição do ouvinte” (Grupo 8)

“Quanto mais longe da fonte do som, mais fracas ficam as ondas e conseqüentemente o som também” (Grupo 3)

Outro grupo justifica que o som observado é abafado:

“Em certos pontos, o som fica mais abafado ou mais limpo” (Grupo 4)

E, por fim, um grupo acredita que com um alto falante o som diminui e com dois ele aumenta:

“Diminuição no som quando somente tem uma caixa. Aumento quando ouvimos as duas juntas” (Grupo 7)

- ♦ K₅) Questão 2b (I7): Por que o som é mais intenso em algumas posições?

Nessa questão, dos oito grupos que a responderam, dois deles destacam que o som é mais intenso quanto mais próximo dos alto falantes o ouvinte estiver. Desses dois grupos, um deles argumenta que, além de perto é preciso estar alinhado ao alto falante:

“Quanto mais perto da fonte, mais alto é o som” (Grupo 5)

“Porque quanto mais perto e alinhado os alto falantes, mais intenso o som fica”
(Grupo 8)

Um grupo destaca que o som é mais intenso nas posições em que as ondas se somam:

“As ondas são somadas” (Grupo 7)

Outro grupo ressalta que na linha fraca, observada na simulação, a intensidade é menor, porém não justifica porquê:

“Bem perto do meio das duas fontes há uma linha bem fraca onde a intensidade é menor” (Grupo 6)

Três grupos argumentam que a intensidade aumenta devido a amplitude:

“Porque a amplitude é maior” (Grupo 1 e 2)

“Por causa da amplitude” (Grupo 4)

E, por último, um grupo relaciona o aumento na intensidade do som em algumas posições com a frequência:

“Por causa da frequência que varia a força dependendo da sua localização, enquanto a amplitude não muda” (Grupo 3)

♦ K₆ Questão 2c (I7): E se movêssemos a posição dos alto-falantes, alguma coisa mudaria?

Três dos oito grupos que participaram da atividade acreditam que não há mudança quando move os alto-falantes, ou seja, só observam modificação quando mover a posição do ouvinte:

“O som não mudaria, o ouvinte sim” (Grupo 1)

“Continuaria a mesma coisa, única coisa que mudaria é o ouvinte” (Grupo 2)

“Nada muda quando os alto falantes são modificados e sim o ouvinte que dependendo de sua posição pode ouvir o som mais alto ou baixo” (Grupo 3)

Outros cinco grupos acreditam que modificando a posição dos alto-falantes, o som também será modificado. Dois grupos justificam que o som muda devido a frequência:

“A frequência e volume” (Grupo 4)

“Em apenas uma fonte o som é alto e entre elas o som é baixo” (Grupo 5)

Dois grupos citam que o volume, ou seja, a sua intensidade é modificada:

“Mudaria a posição das linhas que possuem intensidades baixas” (Grupo 6)

“Sim, a intensidade do som” (Grupo 7)

E um grupo menciona que o som se torna mais suave, sem especificar se está se referindo a sua intensidade ou a sua frequência:

“Sim, pois entre os auto falantes as ondas se chocam e o som fica mais suave” (Grupo 8)

Conforme o exposto nas respostas das questões desse instrumento (I7), observamos que metade dos estudantes compreende que a posição do ouvinte interfere na intensidade do som produzido por duas fontes sonoras distintas. Sendo assim, podemos inferir que essa parcela dos estudantes possui o subsunçor de que a interferência sonora pode amplificar ou cancelar os sons dependendo de onde o ouvinte estiver posicionado.

Entretanto, observamos que embora os alunos percebam que a posição influencia para que um som seja mais ou menos forte, a maioria deles não possui a compreensão de que a interferência é a superposição das ondas, de modo que, quando o som se torna mais intenso uma onda reforça a outra, pois estão em fase, resultando em uma onda com uma amplitude maior e quando o som é fraco elas se anulam, pois suas fases são diferentes, logo sua amplitude é nula. Dessa forma, podemos inferir que esse é um subsunçor desejável para o estudo da interferência que é ausente para uma parcela considerável de estudantes.

Como esses dois pontos precisavam ser esclarecidos, foram melhor trabalhados em aula posterior, referente ao 4º passo da UEPS, que foi realizada no nono encontro (aula 15), mediante uma aula expositiva e dialogada.

A seguir apresentamos a análise da questão 8 da avaliação somativa individual (I8), que corresponde ao 7º passo da UEPS. Essa questão foi elaborada, conforme sugere Moreira (2011), apresentando aos estudantes uma nova situação, de modo que, para respondê-la necessitem transformar ou complementar os conhecimentos já existentes na sua estrutura cognitiva e, dessa forma, possamos evidenciar indícios de aprendizagem significativa.

- ♦ K₇) Questão 8 (I8): Um homem ocupa uma região entre duas potentes caixas de som. Com a ajuda de um detector sonoro, ele percebe que em diferentes posições o som produzido pelas caixas sonoras é mais ou menos intenso. Sobre a constatação do homem, indique qual o fenômeno sonoro responsável por isso e como ocorre.

A avaliação ocorreu no décimo segundo encontro (aula 20) e dos dezenove alunos presentes, sete alunos não a responderam. Então, dos doze alunos que responderam, seis deles

indicaram corretamente que o fenômeno da interferência sonora explica a situação apresentada na questão, pois ocorre a superposição das ondas, de modo que em determinadas posições se reforcem ou se anulem:

“Interferência é o fenômeno onde duas ou mais ondas se encontram e assim terá lugares onde será possível ouvir mais e em outros menos” (Aluno 6)

“A interferência ocorre quando duas ou mais ondas se encontram” (Aluno 18)

Os outros seis estudantes justificaram, equivocadamente, que a situação pode ser explicada pela intensidade (duas), pela refração (duas), pela difração (uma) e pelo timbre (uma):

“A intensidade, pois ele está avaliando o quão intenso é” (Aluno 8)

“Difração, pois o som contorna os objetos para chegar nas caixas” (Aluno 3)

“Refração, pois quando duas ondas sonoras de colidem elas se dividem” (Aluno 10)

“O fenômeno é o timbre. Pois mesmo que tem diferentes sons produzidos nós sabemos diferenciar pelo timbre de cada um” (Aluno 7)

Observamos que dos doze alunos que responderam a questão, apenas seis responderam-na de forma apropriada, indicando que a variação na intensidade do som produzido pelas caixas sonoras de acordo com as posições se dá pela interferência, de modo que em determinados pontos a interferência é construtiva ou destrutiva, dependendo se a intensidade do som é maior ou menor, respectivamente. Sendo assim, sobre esses alunos, observa-se que houve negociação de significados e os conceitos novos, científicos, ancoraram-se naquelas informações prévias que os estudantes apresentavam, o que evidencia um enriquecimento da estrutura cognitiva por parte dos mesmos.

Quanto as demais respostas, indicam que os estudantes não conseguiram compreender que a intensidade varia com a posição, devido a interferência, logo não aprenderam de forma significativa, pois não houve interação entre conceitos novos com ideias já estabelecidas, o que dificultou a aquisição de novos significados (MOREIRA; MASINI, 1982).

5.2 ANÁLISE DOS INSTRUMENTOS DO GRUPO 2

Neste segundo grupo de instrumentos são apresentados os resultados alcançados pela

análise da tarefa de construção dos aparatos musicais, juntamente com seu questionário (T1), apresentado e entregue no 5º passo da UEPS, bem como da elaboração dos mapas mentais (M1) e conceituais (M2), os quais foram elaborados no 2º e 6º passo da UEPS, respectivamente.

5.2.1 Análise da construção e do questionário dos aparatos musicais (T1)

Desde o início da intervenção realizada, buscamos estabelecer um ambiente favorável em que os estudantes se sentissem valorizados e compreendessem a sua importância no processo de ensino e aprendizagem. Dessa forma, no 5º passo da UEPS, o qual tem, de acordo com Moreira (2011), o objetivo de apresentar novas situações problema em nível mais alto de complexidade, diferenciação e abstração, propomos a construção de instrumentos musicais e a resolução de um questionário, cujas questões buscavam retomar os conceitos e fenômenos abordados nos passos da UEPS que foram desenvolvidos anteriormente e utilizá-los para compreender o funcionamento de tais aparatos, para que, a partir das respostas das questões e da apresentação, pudessemos identificar o entendimento dos alunos sobre as situações propostas.

Para a construção dos aparatos musicais, foi entregue no primeiro dia de aula, um roteiro com orientações sobre a elaboração dos mesmos e junto um questionário com questões que buscaram relacionar os conceitos e fenômenos estudados, com o funcionamento do violão, da flauta d'água e do móbile. Dessa maneira, a turma dividiu-se em três grupos, organizados da seguinte maneira: grupo G1: alunos A1, A3, A9, A10, A15, A16 e A19; grupo G2: alunos A2, A4, A5, A8, A14, A20 e A21; grupo G3: alunos A6, A7, A11, A12, A17 e A18, de modo que no décimo encontro (aulas 16 e 17) cada um desses grupos apresentou um instrumento e entregou o questionário respondido.

A construção dos aparatos pelos grupos foi em casa e durante as aulas os estudantes esclareciam dúvidas ou mencionavam dificuldades com as quais se deparavam, tanto com relação a montagem ou a elaboração de respostas para o questionário. Pela forma como os alunos se envolveram no processo de construção, pudemos perceber que a atividade foi bem recebida e proporcionou o desenvolvimento de, além dos conceitos, procedimentos e valores, em que se fazia necessária, por ser um trabalho em grupo, a colaboração, a responsabilidade e o respeito entre os integrantes.

Apesar de cada grupo ter construído todos os aparatos, a apresentação em aula se deu mediante um sorteio realizado no dia da apresentação, e cada grupo ficou responsável por

apresentar apenas o aparato sorteado. Nas explicações, durante as apresentações, além de fazer uma descrição sobre o instrumento, os alunos eram indagados sobre as questões do questionário, com a intenção de estimular a fala para as relações que observaram com os conceitos anteriormente estudados e, com isso, discutir possíveis dúvidas ou aspectos que foram por eles pontuados, de forma equivocada.

A seguir são apresentados os aparatos construídos e apresentados por cada um dos grupos:

Figura 20 - Móbile construído e apresentado pelo grupo G1



Fonte: Autora (2020)

Figura 21 - Flauta d'água construída e apresentada pelo grupo G2



Fonte: Autora (2020)

Figura 22 - Violão construído e apresentado pelo grupo G3



Fonte: Autora (2020)

Com relação ao questionário, ele foi composto, basicamente, por questões que tinham como foco principal de discussão os conceitos relacionados às qualidades fisiológicas do som e aos fenômenos sonoros. Nesse sentido, o primeiro conceito contemplado foi o de altura, e buscamos compreender como os estudantes aplicam o conhecimento, abordado nos passos anteriores da UEPS, às novas situações apresentadas. Desse modo, as questões propostas sobre esse conceito tiveram como objetivo apresentar situações problema novas e com grau maior e crescente de complexidade, de modo que os alunos necessitassem modificar ou aprimorar sua explicação para aquela situação proposta, utilizando os novos conhecimentos.

Conforme observamos nas questões a seguir:

E) Altura (C5)

- ♦ E₄) Questão 1 (T1): As três cordas do violão produzem o mesmo som quando são vibradas? Por quê?

Quadro 7 - Respostas da questão 1

Grupo	Resposta
G1	<i>“Não, dependendo da sua afinação pode produzir sons diferentes.”</i>
G2	<i>“Não. Porque cada uma tem seu tom.”</i>
G3	<i>“Não. Porque cada corda tem uma regulagem, quanto mais apertada a corda, mais agudo será o som e quanto mais solta a corda estiver, mas grave será o som.”</i>

Fonte: Autora (2020)

- ♦ E₅) Questão 2 (T1): Qual qualidade do som que influencia na afinação das cordas? Como?

Quadro 8 - Respostas da questão 2

Grupo	Resposta
G1	<i>“O modo como a corda é esticada e afinada no violão. Por exemplo em um telefone com fio, se o fio não estiver esticado o mesmo não conduz as ondas sonoras. Pode-se pensar as mesmas coisas da corda do violão.”</i>
G2	<i>“Se elas estarão bem esticadas e firmes.”</i>
G3	<i>“A qualidade que influencia na afinação é a intensidade. Pois quanto maior for a intensidade aplicada ao violão, maior será o som, e quanto menor a intensidade menor é o som. Dependemos da afinação para chegar ao som que queremos produzir.”</i>

Fonte: Autora (2020)

Pelas respostas mencionadas nas questões anteriores, destacamos que na primeira delas, embora os estudantes não citem o conceito de altura, eles apresentam na maior parte das explicações, relações entre a afinação das cordas do violão com o fato de um som ser grave ou agudo, ou seja, com a sua frequência. Isso fica ainda mais evidente quando analisamos a questão 2, em que os estudantes indicam que a frequência de cada corda, ou seja, a sua afinação, varia de acordo com a sua tensão, de modo que quanto mais esticada ela

estiver, maior será sua frequência e, portanto, mais agudo será o som.

Outro aspecto importante dessa questão é que um grupo justificou que a afinação do som está associada ao conceito de intensidade. Sobre esse aspecto, pode-se dizer que talvez o termo afinação não estivesse tão claro para os alunos que compuseram este grupo, o que levou-os a, equivocadamente, expressar a afinação como sendo algo que indique quão forte ou fraco é um som, o que corresponde a sua intensidade.

Sobre esses equívocos, podemos destacar também a diversidade de nomenclaturas, com as quais os estudantes ainda não estão familiarizados, visto que recentemente tiveram contato com esses termos do ponto de vista conceitual, o que possivelmente contribuiu para que confundissem, já que no dia a dia volume, intensidade e altura são utilizados como sinônimos e, nesse sentido, faz-se necessária a desaprendizagem dos mesmos, pois estão servindo de obstáculo cognitivo para aprender o novo conhecimento.

- ♦ E₆) Questão 3 (T1): Diminuindo a quantidade de água no balão, o som produzido pela flauta será alterado? Explique por quê?

Quadro 9 - Respostas da questão 3

Grupo	Resposta
G1	<i>“Não tem diferença, notamos só que o som fica um pouco mais forte.”</i>
G2	<i>“Não tem diferença no som.”</i>
G3	<i>“Sim. Pois quanto menor a quantidade de água no balão seria necessário assoprar com mais força se não o som sairia muito baixo.”</i>

Fonte: Autora (2020)

Já pela análise da questão 3, verificamos que os alunos quando questionados sobre como a quantidade de água do balão pode influenciar no som produzido pela flauta, nos chamou a atenção que um grupo explica que “quanto menor a quantidade de água no balão, seria necessário assoprar com mais força, se não o som sairia muito baixo” (Grupo 3). Esse trecho nos leva a duas interpretações possíveis: a primeira, se usou equivocadamente o termo baixo, quando na verdade gostaria de dizer fraco ou a segunda, se relacionou corretamente a quantidade de água com a frequência, explicando que o som, nesse caso, possui uma frequência baixa e, portanto, é um som grave. Os outros dois grupos não apresentaram relação com a frequência e isso pode ser atribuído a problemas relacionados a estrutura ou a construção da flauta d’água, visto que estavam com dificuldades para reproduzir o som.

- ♦ E₇) Questão 4 (T1): Se o comprimento do cano PVC fosse maior, o som produzido pela flauta mudaria? Justifique.

Quadro 10 - Respostas da questão 4

Grupo	Resposta
G1	<i>“Utilizamos um cano de 30 cm, mas se ele for mais longo, o som seria mais “lento” pois demoraria mais a chegar até a água e assim voltar para fora.”</i>
G2	<i>“Mudaria, pois quanto maior o cano, mais grave o som será.”</i>
G3	<i>“Sim, mudaria. O som demoraria mais para sair, pois o assopro não seria tão forte.”</i>

Fonte: Autora (2020)

Ainda com relação a flauta d’água, observamos que de forma semelhante, na questão 4, novamente apenas um grupo - desta vez o grupo G2 - relacionou o comprimento do tubo da flauta com a altura do som que a mesma produz, indicando corretamente que quanto mais longo ele for, menor a frequência do som produzido e, portanto, mais grave.

- ♦ E₈) Questão 5 (T1): Ao tocar nos tubos do móbile, que possuem comprimentos diferentes, o som produzido por eles é o mesmo? Explique.

Quadro 11 - Respostas da questão 5

Grupo	Resposta
G1	<i>“Não, os sons produzidos através dos tubos variam de acordo com seus tamanhos.”</i>
G2	<i>“Não, pois quanto maior os tubos mais agudo.”</i>
G3	<i>“Não. Porque os tubos com menor comprimento se colide com um maior o som produzido será mais grave devido a baixa frequência do tubo menor.”</i>

Fonte: Autora (2020)

Por fim, na última questão deste conceito, verificamos que os grupos, por unanimidade, percebem variações no som do móbile, utilizando diferentes comprimentos de tubo. Entretanto, embora todos os grupos apontem diferenças, apenas os grupos G2 e G3 explicitam quais são essas variações. Porém, a partir dessas explicações, verificamos que

esses grupos demonstram possuir a compreensão errada de que tubos menores produzem sons de frequências menores, assim como, os tubos com maior comprimento apresentam sons com maior frequência e, portanto, mais agudo.

Dessa maneira, observamos que apesar de em algumas respostas os grupos não terem apresentado a compreensão adequada sobre o conceito de altura, quando aplicado a uma nova situação, podemos inferir que, mesmo assim, parte dos estudantes apresenta indícios de que aprenderam significativamente, a medida que incorporaram a sua estrutura cognitiva os novos conhecimentos, demonstrando, assim, posse de significados e enriquecimento desse conceito.

Enfatizamos que as informações que não estavam ainda esclarecidas foram debatidas durante as apresentações, retomando aspectos estudados em aulas anteriores, de modo que assim se tornassem mais significativas para os alunos.

Em continuidade a análise das qualidades fisiológicas do som, o segundo conceito abordado foi o de intensidade e para tanto utilizamos as questões 3 e 4 do questionário, as quais já foram apresentadas para o conceito de altura e por isso não estarão explícitas na análise do conceito de intensidade. Nessas questões, salientamos que tivemos como pretensão explorar o conceito de altura, entretanto, observamos mediante a análise das respostas, que os estudantes mencionaram em suas justificativas termos relacionados ao conceito de intensidade, conforme observamos:

F) Intensidade (C6)

Conforme já citado anteriormente, pela análise das respostas dessas questões, observamos que, de maneira geral, os grupos buscaram estabelecer relações entre a intensidade do som com a quantidade de água existente no balão, bem como, com o comprimento do tubo utilizado na construção da flauta d'água.

Com relação as diferenças atribuídas pelos estudantes ao som, destacamos que na questão 3, o grupo G1, em sua justificativa apresenta a percepção de que o som se intensifica quando a quantidade de água no balão é reduzida, enquanto que o grupo G3, justifica que diminuindo a quantidade de água o som fica mais baixo, nesse caso, é possível interpretar, como já foi mencionado na análise dessa mesma questão para o conceito de altura, que o grupo pode ter tido a pretensão de dizer que o som é mais fraco, pois acrescentou que seria necessário soprar com mais força.

Referente as respostas apresentadas por esses dois grupos para essa questão, entendemos que ambos demonstraram compreender, equivocadamente, que à medida que a

quantidade de água aumenta ou diminui, a intensidade do som se altera, tornando-se mais ou menos intenso. Em contrapartida, observamos que o grupo G2 observou e respondeu corretamente, com relação a intensidade do som, indicando que ele não se modifica, aumentando ou diminuindo a quantidade de água do balão, pois, nesse caso, as únicas mudanças que poderiam ser percebidas seriam com relação a sua altura.

Já na questão 4, verificamos que todos os grupos apontam diferenças no som produzido pela flauta, quando o comprimento do cano é modificado, porém somente um deles relaciona essas diferenças com a intensidade do som que a mesma produz. A partir disso, podemos inferir que os estudantes do grupo G3 apresentam uma compreensão equivocada de que a intensidade se altera com o comprimento do cano da flauta, visto que nesse tipo de instrumento o som é gerado pela vibração do fluxo de ar que se origina na boca do instrumentista. Sendo assim, a intensidade do som depende apenas da força que é empregada para produzir essas vibrações, isto é, a intensidade depende do volume de ar que entra na flauta, de modo que quanto mais ar é soprado para dentro do instrumento, mais intenso é o som.

Nesse sentido, observamos que, apesar de os alunos saberem o que é a intensidade em termos de definição, este conceito ainda se mostra bastante confuso quando é necessário aplicá-lo a uma nova situação, portanto, fez-se necessária uma maior discussão do mesmo durante as apresentações dos aparatos construídos. Com as discussões buscamos proporcionar que os estudantes entendessem que a intensidade do som, ao contrário do que acontece com a altura, não varia de acordo com o comprimento do cano utilizado na construção da flauta d'água e da quantidade de água que se coloca no balão, pois a intensidade está associada a energia de vibração das ondas sonoras, que nesse instrumento se origina e é determinada pelo sopro.

E, para finalizar a análise dos conceitos relacionados as qualidades fisiológicas do som abordados nesse instrumento, apresentamos a seguir a questão 9 a, que abordou o conceito de timbre:

G) Timbre (C7)

- ♦ G₄) Questão 9: Se os aparatos fossem tocados ao mesmo tempo:
 - a) Conseguiremos identificá-los mesmo assim? Por quê?

Quadro 12 - Respostas da questão 9 a

Grupo	Resposta
G1	<i>“Sim, pois todos os instrumentos tem o seu próprio timbre.”</i>
G2	<i>“Sim. Porque cada um tem um som diferente.”</i>
G3	<i>“Sim. Pois cada instrumento tem um timbre diferente para identificarmos cada um ao ser tocados juntos.”</i>

Fonte: Autora (2020)

Pela análise das respostas apresentadas pelos grupos para essa questão, observamos que embora somente dois deles tenham mencionado o timbre para justificar o porquê conseguimos diferenciar o som dos diferentes aparatos musicais, mesmo que tocados ao mesmo tempo, todos os grupos argumentam que o som produzido por cada instrumento é diferente e isso é o que caracteriza o timbre.

Dessa forma, constatamos que todos os grupos compreenderam adequadamente que a qualidade fisiológica responsável por diferenciarmos sons de mesma frequência, emitidos por fontes sonoras distintas, é o timbre, o que implica que o som produzido por cada instrumento também tenha um formato de onda diferente. Isso demonstra que os estudantes aprimoraram o conceito, visto que conseguiram responder a nova situação, a partir da interação ou combinação dos conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva com os que recentemente foram explorados nas atividades anteriores da UEPS.

Além disso, podemos inferir que este conceito foi menos confundido entre os estudantes, pois não é um termo que se utiliza cotidianamente com um significado diferente do científico, e por isso, tornou-se mais fácil a compreensão do mesmo.

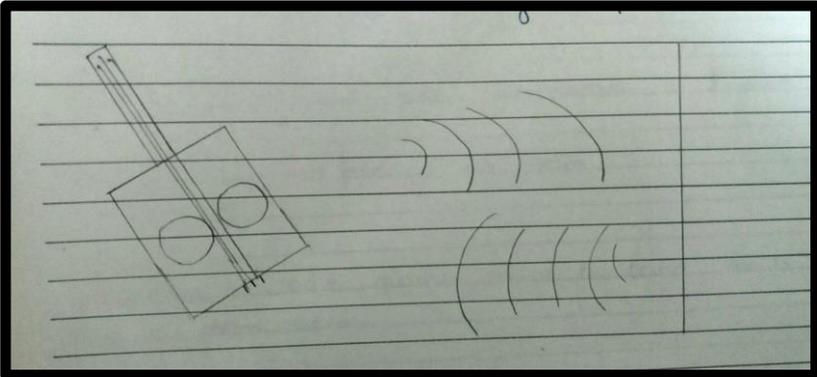
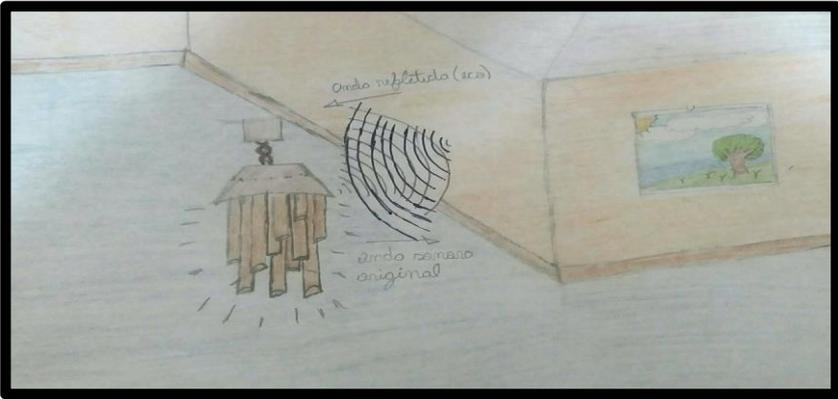
Após explorar as qualidades fisiológicas do som, abordamos os fenômenos da reflexão, difração, ressonância e interferência utilizando os aparatos musicais construídos. Para que esses fenômenos pudessem ser estudados, solicitamos que os estudantes propusessem situações, com pelo menos um dos aparatos, em que tais fenômenos estivessem envolvidos.

O primeiro fenômeno discutido, da reflexão, foi abordado mediante a questão 8, conforme segue:

H) Reflexão (C8)

- ♦ H₆) Questão 8: Proponha uma situação, a partir dos aparatos construídos, onde o fenômeno da reflexão pode ser observado. Explique

Quadro 13 - Respostas da questão 8

Grupo	Resposta
G1	<p>“Quando o violão é tocado em um cômodo totalmente vazio, dependendo da distância de um paredão, podemos ouvir seu som voltando em forma de eco.”</p>
G2	<p>“Quando tocamos o violão em um ambiente vazio podemos ouvir o som voltando em forma de eco, dependendo da distância que o violão está de alguma parede.”</p> 
G3	

Fonte: Autora (2020)

Com essa questão buscamos retomar os aspectos mais gerais do fenômeno, porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação que foi realizada. Dessa maneira, verificamos pela análise das respostas, que todas as propostas de situações apresentadas pelos estudantes, sobre a reflexão sonora, dão a ideia do famoso bate e volta, que ocorre quando uma onda sonora atinge um obstáculo e, após um determinado intervalo de tempo, retorna, mantendo as características da onda inicial.

Para exemplificar o fenômeno da reflexão, os estudantes utilizam o eco, ou seja, o

retorno do som do violão quando ele se encontra com uma superfície dura e lisa, de modo que seja refletido, mudando o sentido de sua propagação e causando a impressão de que o som se repetiu. Nesse sentido, verificamos que os estudantes propuseram situações adequadas para o fenômeno em questão, fato esse que indica indícios de aprendizagem significativa, ao passo que fizeram uso de significados claros, precisos e diferenciados ao apresentar tais situações.

De modo semelhante, para o estudo da difração, solicitamos que os estudantes descrevessem uma situação em que observaram o fenômeno, utilizando um dos aparatos produzidos. Para isso, eles deveriam, primeiramente, testar, para ver se de fato ocorria a difração e posteriormente descrevê-la.

1) Difração (C9)

- ♦ I4) Questão 7: Descreva uma situação em que foi possível observar o fenômeno da difração. Indique com qual dos aparatos essa situação foi observada.

Quadro 14 - Respostas da questão 7

Grupo	Resposta
G1	<i>“Difração é um fenômeno que acontece quando uma onda encontra um obstáculo. No caso do violão, se tocado em um cômodo com a porta fechada próxima da mesma, podemos ouvi-lo do outro cômodo pois as ondas desviam dos obstáculos, por exemplo, passando pelo buraco da fechadura.”</i>
G2	<i>“Quando tocamos a flauta em um cômodo fechado e ficamos perto da porta, podemos ouvir o som de outro cômodo, pois as ondas sonoras atravessam obstáculos.”</i>
G3	<i>“Podemos observar o fenômeno da difração quando assopramos a flauta, o som não tem para onde sair, mas as ondas sonoras contornam os obstáculos, assim podemos ouvir.”</i>

Fonte: Autora (2020)

Conforme foi discutido em aulas anteriores, a difração do som ocorre quando as ondas sonoras “desviam dos obstáculos” (Grupo 1) de mesma ordem de grandeza que o seu comprimento de onda. Mediante a análise das respostas das questões, observamos que dois dos três grupos citaram que a difração pode ocorrer quando o som de instrumentos musicais (violão ou flauta), que são tocados em um cômodo da casa, podem ser percebidos por quem está em um outro cômodo.

Nessa suposta situação, os alunos argumentam, de forma apropriada, que mesmo estando separados por paredes, é possível ouvir aquilo que está sendo tocado no cômodo ao lado, devido a habilidade que as ondas possuem para contornar obstáculos, que é denominada difração.

Já o grupo G3 citou, como exemplo de difração, o funcionamento da própria flauta, indicando que o som produzido por ela ultrapassa o cano e por isso podemos ouvi-lo. Entretanto, destacamos que nesse caso os estudantes tocaram a flauta de maneira equivocada, de modo que todo o ar soprado era concentrado no interior do cano. Apesar disso, salientamos que, mesmo que a forma com que o instrumento foi tocado não tenha sido a mais adequada, é possível interpretar que esse grupo de estudantes teve a intenção de dizer que o som se difrata quando contorna/desvia obstáculos.

Nesse sentido, evidenciamos que de modo geral os estudantes externalizaram possuir significados claros e precisos, ao passo que apresentaram relações pertinentes entre os conceitos e as situações propostas.

Já com a intenção de discutir o fenômeno da ressonância, de acordo com Moreira (2011), buscamos explorá-lo em um nível de complexidade maior, promovendo a reconciliação integradora, conforme proposto por Ausubel, a partir da inclusão de uma nova situação, como segue:

J) Ressonância (C10)

- ♦ J₆) Questão 6: Descreva o fenômeno da ressonância a partir de um dos aparatos construídos.

Quadro 15 - Respostas da questão 6

Grupo	Resposta
G1	<i>“É um fenômeno que acontece quando uma fonte emite um som de frequência igual a vibração natural de um receptor. Dessa forma, o som é amplificado. Por exemplo, quando vibramos uma das cordas do violão, pode-se sentir a outra vibrar com uma certa frequência também. Como no experimento do diapasão.”</i>
G2	<i>“Quando vibramos uma das cordas podemos sentir a outra corda vibrar também.”</i>
G3	<i>“Este fenômeno da ressonância aparece quando tocamos uma corda do violão, como os sons emitidos são praticamente parecidos a frequência vai ser a mesma de sua frequência natural, fazendo assim, com que a</i>

<i>outra corda vibre também.”</i>

Fonte: Autora (2020)

Na análise das respostas dessa questão, verificamos que todos os grupos citaram o fenômeno de ressonância aplicado, exclusivamente, para as cordas do violão, ou seja, mencionaram que ao tangir uma delas as demais cordas também vibram. Sobre essas respostas, frisamos que isso só irá ocorrer quando a frequência das cordas for a mesma ou senão muito parecida, ponto este que talvez não tenha sido considerado pelos alunos, visto que não foi mencionado em nenhuma das respostas apresentadas pelos grupos.

Outro aspecto relevante com relação a essa questão é que nenhum dos grupos utilizou o corpo do violão para elucidar a ressonância. Isso nos chama a atenção, pois em atividade desenvolvida no 4º passo da UEPS, utilizando diapasões com caixa de ressonância, comentamos como esse fenômeno também poderia ser verificado no violão, argumentando que quando as cordas são tocadas, o corpo do violão também vibra em ressonância com o encordoamento, aumentando a intensidade do som e destacando, com isso, que não é a aplicação exagerada de uma força sobre as cordas que garante a projeção do som.

Contudo, mesmo que os estudantes não tenham mencionado essa situação, interpretamos pelos argumentos apresentados que eles possuem o entendimento que a ressonância ocorre quando um sistema físico recebe energia por meio de excitações de frequência igual a uma de suas frequências naturais de vibração, de modo que o sistema físico passa a vibrar com amplitudes cada vez maiores.

Nesse sentido, compreendemos que os estudantes apresentaram justificativas para as situações apresentadas, que apontam indícios de aprendizagem significativa do fenômeno, o que demonstra que houve interação entre a nova informação e aquelas já existentes na estrutura cognitiva.

E, por fim, o último fenômeno que consideramos nesse instrumento foi o da interferência sonora. Com a intenção de utilizar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças em relação às situações e exemplos já trabalhados, ou seja, promover a reconciliação integradora solicitamos que, assim como nos demais fenômenos, imaginassem uma situação para responder ao que foi exposto:

K) Interferência (CII)

- ♦ K₈) Questão 9: Se os aparatos forem tocados ao mesmo tempo:
 - b) Algum fenômeno estudado estará associado a isso? Justifique.

Quadro 16 - Respostas da questão 9b

Grupo	Resposta
G1	<i>“O timbre está associado a forma da onda e nos permite diferenciar sons de mesma frequência, produzidos por instrumentos diferentes.”</i>
G2	<i>“Interferência.”</i>
G3	<i>“Sim. Interferência se associa a este caso pois é o fenômeno que ocorre quando duas ou mais ondas se encontram gerando uma onda resultante e dependendo do lugar ouviremos mais forte ou mais fraco e assim se diferencia o som de cada instrumento.”</i>

Fonte: Autora (2020)

Pela análise das respostas apresentadas pelos grupos para essa questão, verificamos que dois deles responderam que quando dois sons são produzidos por duas fontes sonoras distintas, pode ocorrer o fenômeno na interferência sonora. De acordo com a justificativa apresentada pelo grupo G3, quando duas ondas colidem, o efeito é conhecido como interferência e isso significa que as ondas passarão uma pela outra, mas, enquanto estiverem no mesmo local, interagindo umas com as outras, o resultado é uma alteração na amplitude das duas ondas.

Conforme o que foi estudado em aulas anteriores, sabe-se que existem dois tipos de interferência de ondas, denominadas construtivas e destrutivas. Sendo assim, se duas ondas se encontram no seu ponto mais alto, então as duas ondas se somam; isso é conhecido como interferência construtiva, logo o som se intensifica, pois a amplitude dessa onda aumentou. Entretanto, o mesmo acontece se as duas ondas se encontrarem nos pontos mais baixos, nesse caso a interação é destrutiva e o som se cancela. É por isso que caso esses aparatos fossem ligados a um gerador de áudio e tocados ao mesmo tempo, em determinados locais da sala a intensidade do som é máxima, devido a interferência construtiva, enquanto em outros ocorre interferência destrutiva e a intensidade é mínima.

Dessa maneira, observamos que, com exceção de um grupo apenas, que justificou a situação mencionando o timbre, os demais estudantes conseguiram aplicar corretamente o fenômeno da interferência a situação indicada na questão, o que indica que desenvolveram e diferenciaram os conceitos em termos de detalhes e especificidades, aprimorando aqueles conhecimentos já existentes na sua estrutura cognitiva.

Sobre esse grupo que atribuiu a sua resposta o timbre, apontamos que, na interpretação que fizeram, era necessário justificar o porquê conseguimos distinguir os sons de fontes sonoras diferentes, provavelmente, pelo fato de o enunciado não ter ficado claro, necessitando, dessa maneira, modificações para evitar que esse tipo de confusão aconteça.

5.2.2 Análise dos Mapas Mentais (M1)

Este instrumento consta da elaboração de um mapa mental sobre o som, construído pelos estudantes na situação inicial do 2º passo da UEPS, que ocorreu no primeiro encontro (aula 1) e teve como objetivo verificar as ideias iniciais dos alunos sobre o som e se estas poderiam servir de subsunçores relevantes para a construção de conhecimento do conteúdo de Ondas Sonoras. Os mapas mentais, de acordo com Moreira (2012, p.1), “são livres, associacionistas, não se ocupam de relações entre conceitos, incluem coisas que não são conceitos e não estão organizados hierarquicamente” e devido a isso, consideramos que sejam um bom instrumento para os estudantes externalizarem suas ideias prévias sobre um determinado assunto, que neste caso, é o som.

Os vinte mapas mentais construídos, individualmente, pelos alunos foram analisados em relação à frequência com que os principais termos foram utilizados e que apresentamos na figura a seguir:

Figura 23 - Nuvem de palavras dos mapas mentais



Fonte: Autora (2020)

A nuvem de palavras é um recurso gráfico utilizado para listar os termos mais citados em um texto ou, como nesse caso, no mapa mental. Nas palavras apresentadas na nuvem não constam os termos de ligação que os estudantes utilizaram para relacionar as palavras principais apresentadas, pois nossa intenção com essa atividade foi compreender o entendimento dos mesmos sobre o som, a partir da identificação das ideias e palavras que mais relacionavam ao termo som, antes de iniciarmos as atividades. Para elaboração da nuvem utilizamos o site *Word Cloud* (<https://www.wordclouds.com/>), que possui disponibilidade online e gratuita.

A partir da nuvem de palavras, observamos que no mapa mental um bom número de alunos relaciona o som à uma onda e mesmo que alguns não mencionem o termo onda, demonstram perceber que o som se propaga devido às vibrações do meio de propagação. Outros termos que foram citados por uma considerável parcela de alunos são: velocidade, grave, agudo, timbre e eco.

Podemos inferir que esses termos foram citados com mais frequência, provavelmente, por estarem relacionados a experiências cotidianas envolvendo o som, como por exemplo, a familiaridade que alguns possuem com o contexto musical, já que tocam instrumentos.

Quanto aos demais termos, como por exemplo, meio material, reflexo, frequência e altura, cuja utilização foi em número reduzido, podemos inferir que muitos desconhecem tais informações e, conseqüentemente, o seu significado, tanto na vida cotidiana, como no contexto musical, e por isso não os mencionam tanto.

De modo geral, constatamos que o mapa mental contribuiu no sentido de complementar algumas informações que não haviam sido externalizadas pelos estudantes nas respostas dos questionários iniciais e introdutórios, talvez por se sentirem inseguros para formular uma resposta sobre algo que, conceitualmente, ainda desconheciam. Um exemplo disso é verificado para o conceito de que o som é uma onda, visto que nos questionários iniciais poucos estudantes atribuem ao som a característica de que é uma onda sonora, entretanto, no mapa mental essa informação foi apresentada por um número considerável de estudantes e dessa forma auxiliou na identificação dos conhecimentos prévios.

Além disso, salientamos que durante o processo de elaboração do mapa, os estudantes demonstraram, num primeiro momento, dificuldade e receio para construí-lo, pois se tratava de algo novo para eles, já que não estavam habituados com esse tipo de atividade, assim como não tinham conhecimento sobre o tópico de estudo, e por isso aparentavam estar preocupados em apresentar informações erradas ou equivocadas, mesmo que tenham sido alertados inicialmente que a finalidade da atividade era compreender o entendimento que possuíam sobre o som, para dar seguimento aos demais passos da UEPS.

5.2.3 Análise dos Mapas Conceituais (M2)

Este instrumento, desenvolvido no 6º passo da UEPS, teve como objetivo retomar as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, de modo que no décimo primeiro encontro (aulas 18 e 19) foi solicitado que construíssem um mapa conceitual sobre o som.

A utilização de mapas conceituais, segundo Moreira (2012), pode proporcionar uma visualização da organização conceitual que o aprendiz atribui a um dado conhecimento, pois trata-se de uma técnica não tradicional de avaliação que busca informações sobre os significados e relações significativas entre conceitos-chave da matéria de ensino segundo o ponto de vista do aluno.

A análise dos mapas conceituais foi qualitativa com a intenção de interpretar as informações nele apresentadas e, por meio delas, buscar indícios de aprendizagem significativa. Para a análise, levamos em consideração, os elementos apontados por Calheiro

(2014), que estão descritos na tabela a seguir:

Tabela 7 - Critérios que auxiliaram na análise dos mapas conceituais

Critérios/ Elementos	Descrição dos conceitos
Proposições	Estão relacionadas com o significado entre dois conceitos, sendo indicada pela linha que une e pela (s) palavra (s) de ligação.
Hierarquia	Verifica se um dos conceitos subordinados é mais específico e menos geral que o conceito escrito anteriormente.
Ligações Cruzadas	As ligações significativas e válidas entre um segmento da hierarquia conceitual e outro segmento. As ligações podem ser criativas.
Diferenciação Progressiva	As ideias mais gerais e inclusivas progressivamente diferenciadas. Um conceito geral deve se relacionar com conceitos menos gerais.
Reconciliação integradora	Recombinação de conceitos já existentes que se reorganizam e formam outros conceitos.
Exemplos	Exemplos apropriados.

Fonte: Calheiro (2014, p.100)

A análise permitiu que classificássemos os mapas em três categorias, de acordo com as informações apresentadas, as quais são: *mapas satisfatórios do ponto de vista científico*, que apresentam um bom número de conceitos, bem como, ligações pertinentes entre eles, que permitem apontar evidências de aprendizagem significativa; *mapas parcialmente satisfatórios do ponto de vista científico*, são aqueles que incluem uma quantidade razoável de conceitos válidos e entre eles utilizam palavras de ligação inadequadas ou, senão, nem as utilizam, demonstrando, assim, indícios de aprendizagem significativa intermediária e; *mapas insatisfatórios do ponto de vista científico*, contemplam conceitos válidos limitados e apresentam ausência de palavras de ligação ou quando apresentam, essas ligações são incorretas, de modo que identifiquemos poucas evidências de aprendizagem significativa.

Na tabela abaixo é apresentada a classificação dos mapas conceituais, dos dezenove alunos presentes, nas categorias:

Tabela 8 - Classificação dos alunos nas categorias de análise dos mapas conceituais

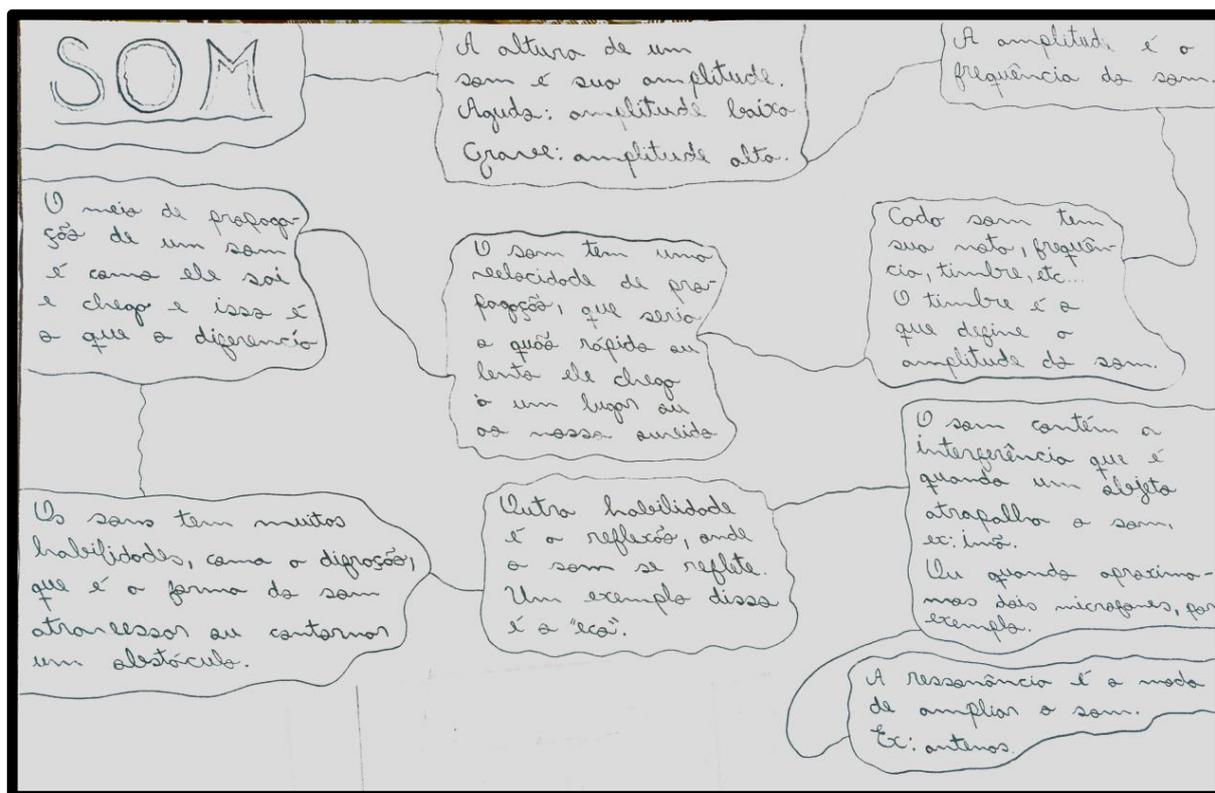
Mapa Conceitual		
Mapas satisfatórios	Mapas parcialmente Satisfatórios	Mapas insatisfatórios
A4, A5, A6, A8, A16, A21	A2, A9, A10, A11, A12, A14, A15, A18, A20	A3, A7, A17, A19

Fonte: Autora (2020)

Para ilustrar as categorias mencionadas anteriormente, apresentamos os mapas produzidos pelos alunos 17, 11 e 5, sendo que cada um deles corresponde a uma das categorias.

O primeiro mapa que apresentamos é do Aluno 17 e corresponde a um mapa insatisfatório. Tanto o mapa desse aluno, como os demais classificados nessa categoria apresentaram uma quantidade muito limitada de conceitos relacionados ao som e bem abaixo do que foi abordado no decorrer do desenvolvimento das atividades. Além do número escasso de conceitos, esses mapas também não apresentavam ligações coerentes entre os conceitos, de modo que podemos inferir que os conteúdos foram assimilados de forma superficial.

Figura 24 - Mapa conceitual elaborado pelo aluno 17



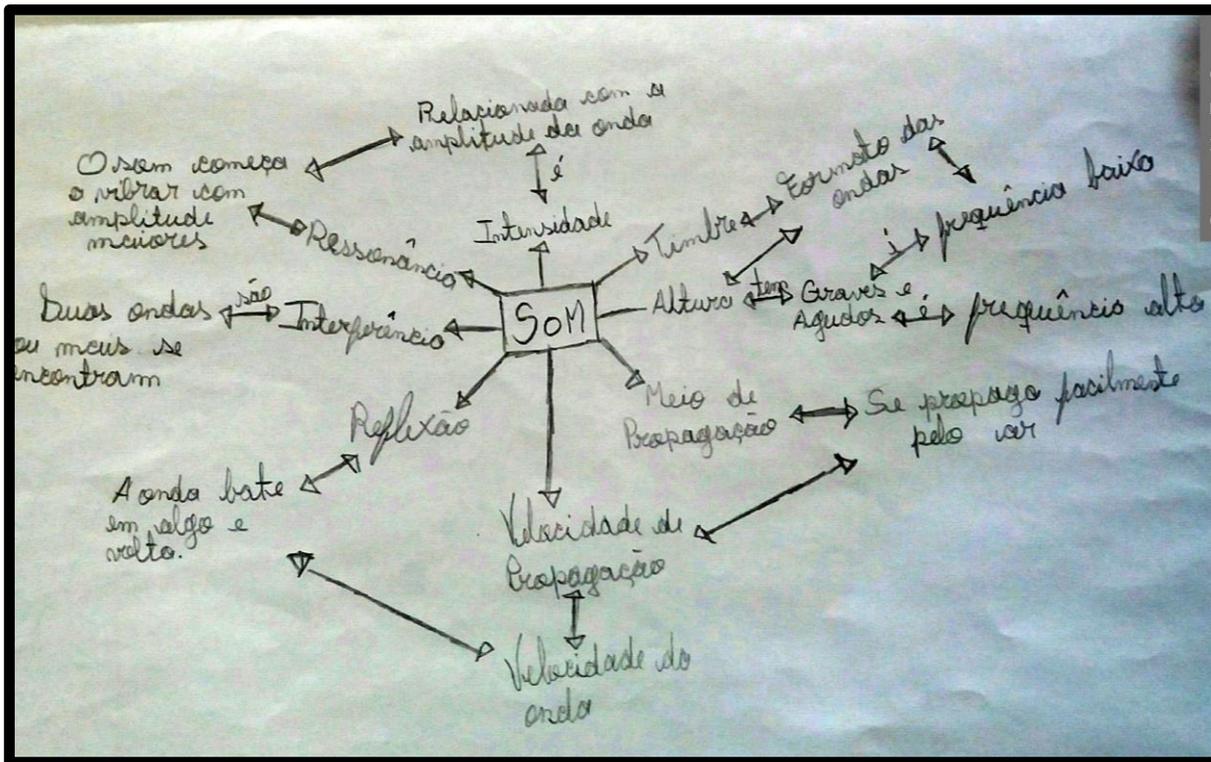
Fonte: Aluno 17

Olhando, especificamente, para o mapa do aluno 17, conforme está exposto, observamos que ele não relacionou as ideias de forma hierárquica, bem como apresentou em suas frases confusão entre os conceitos, indicando possuir uma interpretação equivocada dos mesmos, como por exemplo, ao citar que a altura do som está associada com a amplitude e que a amplitude e a frequência são a mesma coisa.

Outro aspecto que chama a atenção sobre esse mapa, é a ausência de conceitos importantes e de palavras de ligação, o que demonstra dificuldade em associar as ideias, bem como em expressar o seu entendimento. Sendo assim, esses pontos nos levam a identificar poucos indícios de aprendizagem significativa nesses estudantes.

Já os nove mapas que incluem a categoria de mapas parcialmente satisfatórios, apresentam um domínio significativo dos conceitos, entretanto, deixam a desejar nas ligações que estabelecem entre os mesmos, pois em muitos casos não as utilizam (como entre os conceitos *som* e *intensidade*) e quando utilizam não fazem de forma adequada (por exemplo: *duas ondas ou mais se encontram* → são → *interferência*), conforme observamos no mapa do Aluno 11.

Figura 25 - Mapa conceitual elaborado pelo aluno 11



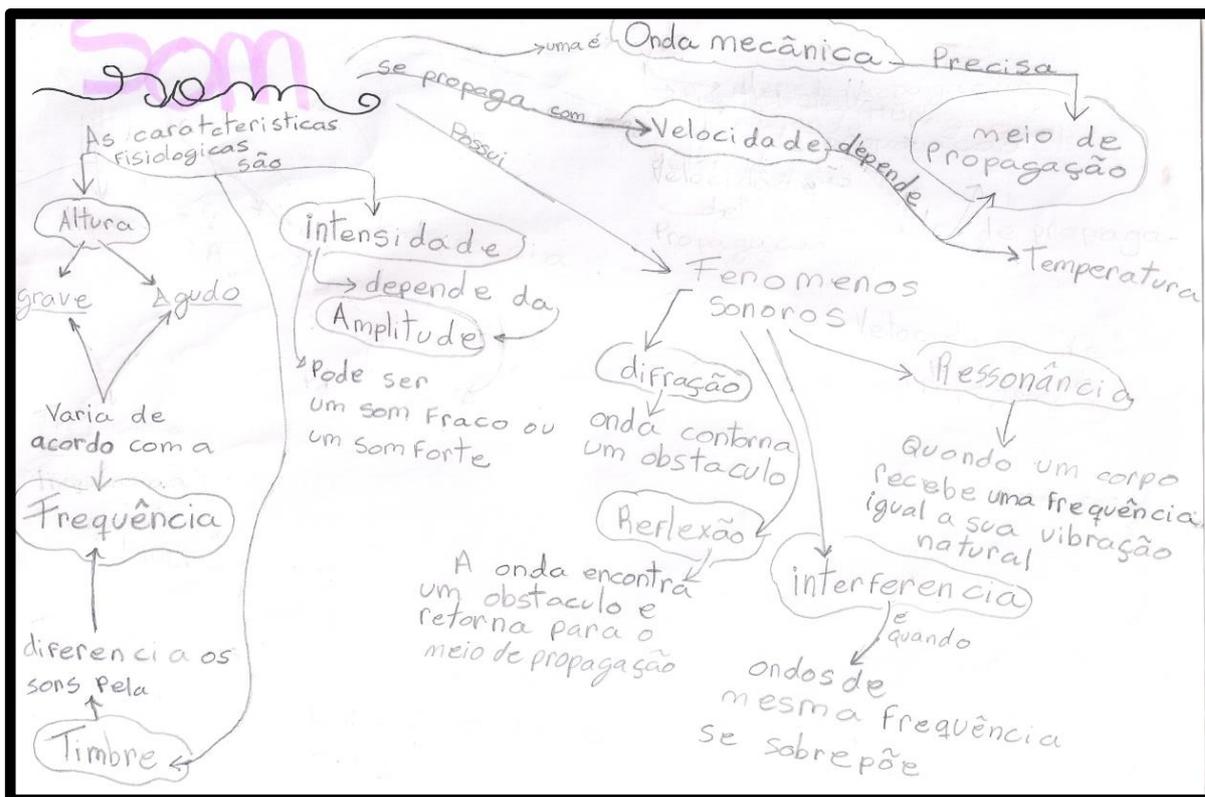
Fonte: Aluno 11

Na figura acima verificamos que o Aluno 11 contempla um número considerável de conceitos em seu mapa - exceto de que o som é uma onda e se difrata - e estabelece várias relações entre eles (como exemplo de uma relação válida, temos: *intensidade* → é → *relacionada com a amplitude da onda*), porém, praticamente, não utiliza palavras de ligação, o que dificulta nossa compreensão a respeito do entendimento desse aluno. Contudo, um aspecto importante desse mapa é que apesar de não apresentar uma hierarquia, é possível diferenciar os conceitos mais gerais dos subordinados, o que dá indícios de uma aprendizagem significativa intermediária, ou que ainda está em processo de construção.

Desse modo, acreditamos que, apesar de identificarmos certa relação entre os conceitos, uma apresentação em aula do mapa, poderia contribuir na interpretação a respeito da compreensão do aluno, por meio das informações e relações por ele utilizadas.

E, por último, apresentamos o mapa conceitual do Aluno 5, o qual classificamos como mapa satisfatório devido ao número expressivo de conceitos utilizados, a presença de relações entre eles de forma hierárquica, com palavras de ligação que permitem compreender tais relações, e, também, a utilização de algumas ligações cruzadas.

Figura 26 - Mapa conceitual elaborado pelo aluno 5



Fonte: Aluno 5

Nesse mapa verificamos evidências de aprendizagem significativa pelo número significativo de conceitos válidos apresentados, pelas relações pertinentes entre eles (como por exemplo, *intensidade* → depende da → *amplitude*) e, principalmente, pela proposição apresentada ao relacionar corretamente os conceitos e fenômenos estudados com as propriedades da onda, explicitando as implicações que suas variações podem ocasionar no som. Além disso, comparando esse mapa ao anterior, constatamos que a presença de termos/frases de ligação entre os conceitos tornou-o mais explicativo e por isso conseguimos interpretar melhor o entendimento do aluno sobre o assunto.

Um exemplo de integração de conceitos no mapa do Aluno 5, consta das ligações entre os conceitos de onda mecânica, meio de propagação e velocidade (*onda mecânica* → precisa → *meio de propagação*; *velocidade* → depende → *meio de propagação*) indicando que o aluno compreendeu que o som é uma onda mecânica, pois precisa de um meio material para se propagar e que as características desse meio influenciam na velocidade do som.

Sendo assim, destacamos que, de modo geral, a análise dos mapas conceituais demonstrou que os alunos, em grande parte, incorporaram novos conceitos e relações aos mapas e, portanto, a sua estrutura cognitiva, o que indica um avanço conceitual por parte dos

mesmos.

Sobre o processo de elaboração dos mapas conceituais, destacamos que foi bastante trabalhosa, por se tratar de algo novo e diferente para os alunos, o que justifica o fato de muitos mapas apresentarem muito mais do que apenas conceitos e proposições. Ainda com relação a estrutura dos mapas, percebemos, durante a construção, que embora os alunos tenham sido orientados sobre como elaborar um mapa conceitual, eles sentiam a necessidade de acrescentar definições ou frases para explicar e relacionar os conceitos, porém como o tempo disponível para essa tarefa era limitado, não foi possível que fizessem todas as alterações que foram sugeridas em aula.

5.3 ENRIQUECIMENTO DA ESTRUTURA COGNITIVA DOS ESTUDANTES

Considerando os argumentos defendidos pelos referenciais teóricos utilizados, a aprendizagem significativa sobre um determinado conteúdo só ocorre quando o aluno o compreende progressivamente. Nesse sentido, com o intuito de encontrar evidências desse tipo de aprendizagem dos conhecimentos cientificamente aceitos, buscamos nas respostas dos estudantes às tarefas propostas na UEPS, fragmentos que possibilitem essa verificação ao longo da implementação e nos ajudem a identificar (i) Posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis; (ii) Extensão, elaboração ou qualificação de conceitos; (iii) Interações entre os conceitos; (iv) Demonstração de detalhes e especificidades; (v) Diferenciação entre conceitos novos e ideias já estabelecidas e; (vi) Aquisição de novos significados (MOREIRA, MASINI, 1982; SOBIECZIAK, 2017).

Dessa maneira, para uma melhor avaliação do enriquecimento da estrutura cognitiva dos alunos, elaboramos um quadro de acompanhamento de como cada aluno demonstrou compreender os conceitos ao longo das atividades realizadas em cada passo da UEPS, de modo que, em cada conceito, são apresentados somente os alunos que deram indicações de possuir um entendimento adequado sobre o mesmo, do ponto de vista científico. Dessa maneira, observamos pelo quadro os avanços e retrocessos na aprendizagem de cada conceito.

Quadro 17 - Evolução dos estudantes por conceito ao longo dos passos da UEPS

(continua)

Passo	Questões	Característica das ondas sonoras				Qualidades fisiológicas do som			Propriedades da propagação do som			
		A) C1 ¹	B) C2 ²	C) C3 ³	D) C4 ⁴	E) C5 ⁵	F) C6 ⁶	G) C7 ⁷	H) C8 ⁸	I) C9 ⁹	J) C10 ¹⁰	K) C11 ¹¹
Passo 2	A ₁ , A ₂ , B ₁ , B ₂ , B ₃ , D ₁ , G ₁ , H ₁ , H ₂ , I ₁ , J ₁ , J ₂ , J ₃ , K ₁ , K ₂ , K ₃	A ₉ , A ₁₀ , A ₁₆ , A ₁₇ , A ₁₈ , A ₂₁ T¹² = 6	A ₁ , A ₂ , A ₃ , A ₆ , A ₇ , A ₈ , A ₉ , A ₁₀ , A ₁₁ , A ₁₂ , A ₁₅ , A ₁₇ , A ₁₈ , A ₁₉ , A ₂₁ T = 15	Nenhum aluno	Nenhum aluno	--	--	A ₃ , A ₈ , A ₉ , A ₁₅ , A ₁₆ , A ₁₇ T = 6	A ₁ , A ₆ , A ₁₀ , A ₁₆ T = 4	A ₅ T = 1	A ₂ , A ₃ , A ₄ , A ₅ , A ₆ , A ₇ , A ₉ , A ₁₀ , A ₁₁ , A ₁₄ , A ₁₅ , A ₁₆ , A ₁₇ , A ₁₈ , A ₁₉ , A ₂₀ , A ₂₁ T = 17	A ₂ , A ₃ , A ₄ , A ₅ , A ₆ , A ₇ , A ₈ , A ₉ , A ₁₁ , A ₁₄ , A ₁₅ , A ₁₆ , A ₁₇ , A ₁₈ , A ₁₉ , A ₂₀ , A ₂₁ T = 17
Passo 3	A ₃ , B ₄ , D ₂ , E ₁ , F ₁ , G ₂ , H ₃ , H ₄ , I ₂ , J ₄ , K ₄ , K ₅ , K ₆	Nenhum aluno	Nenhum aluno	Nenhum aluno	Nenhum aluno	A ₂₀ T = 1	A ₁₅ T = 1	A ₂ , A ₃ , A ₄ , A ₅ , A ₆ , A ₇ , A ₈ , A ₉ , A ₁₁ , A ₁₂ , A ₁₄ , A ₁₅ , A ₁₇ , A ₁₈ T = 15	G3 (A ₁₆ e A ₈), G8 (A ₁₂) T = 3	G5 (A ₂ e A ₄), G6 (A ₁₄ e A ₂₀) T = 4	A ₂ , A ₁₂ , A ₁₄ , A ₁₆ , A ₂₀ T = 5	G1 (A ₂ e A ₄), G2 (A ₂₀ , A ₁₆ e A ₁₄), G3 (A ₃ e A ₉), G4 (A ₁₇ e A ₁₁), G6 (A ₁₈ e A ₁₂), G7 (A ₇ e A ₁₀), G8 (A ₁₉ e A ₁) T = 15

Quadro 17 - Evolução dos estudantes por conceito ao longo dos passos da UEPS

(continuação)

Passo	Questões	Característica das ondas sonoras				Qualidades fisiológicas do som			Propriedades da propagação do som			
		A) C1 ¹	B) C2 ²	C) C3 ³	D) C4 ⁴	E) C5 ⁵	F) C6 ⁶	G) C7 ⁷	H) C8 ⁸	I) C9 ⁹	J) C10 ¹⁰	K) C11 ¹¹
Passo 5	E ₄ , E ₅ , E ₆ , E ₇ , E ₈ , G ₄ , H ₆ , I ₄ , J ₆ , K ₈	--	--	--	--	G1 (A1, A3, A9, A10, A15, A16 e A19), G2 (A2, A4, A5, A8, A14, A20 e A21), G3 (A6, A7, A11, A12, A17 e A18 T= 20	G1 (A1, A3, A9, A10, A15, A16 e A19), G2 (A2, A4, A5, A8, A14, A20 e A21) T=14	G1 (A1, A3, A9, A10, A15, A16 e A19), G2 (A2, A4, A5, A8, A14, A20 e A21), G3 (A6, A7, A11, A12, A17 e A18) T=20	G1 (A1, A3, A9, A10, A15, A16 e A19), G2 (A2, A4, A5, A8, A14, A20 e A21), G3 (A6, A7, A11, A12, A17 e A18) T= 20	G1 (A1, A3, A9, A10, A15, A16 e A19), G2 (A2, A4, A5, A8, A14, A20 e A21), G3 (A6, A7, A11, A12, A17 e A18) T=20	G1 (A1, A3, A9, A10, A15, A16 e A19), G2 (A2, A4, A5, A8, A14, A20 e A21), G3 (A6, A7, A11, A12, A17 e A18) T=20	G2 (A2, A4, A5, A8, A14, A20 e A21), G3 (A6, A7, A11, A12, A17 e A18) T=13
Passo 6	M2	A2, A3, A5, A7, A10, A14, A15, A16, A18, A19, A20 T=11	A2, A4, A5, A6, A8, A10, A11, A12, A14, A15, A16, A19, A20, A21 T= 15	A16 T=1	A2, A3, A4, A5, A6, A7, A9, A11, A12, A14, A15, A16, A20, A21 T= 14	A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A14, A15, A16, A18, A19, A20, A21 T= 18	A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A14, A15, A16, A18, A19, A20, A21 T=18	A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A14, A15, A16, A18, A20, A21 T=17	A3, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A11, A15, A16, A17, A18, A21 T= 13	A3, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A12, A16, A17, A18, A21 T= 12	A4, A5, A8, A9, A11, A12, A16, A18, A21 T=9	A4, A5, A6, A8, A9, A11, A16, A21 T=8

Quadro 17 - Evolução dos estudantes por conceito ao longo dos passos da UEPS

(conclusão)

Passo	Questões	Característica das ondas sonoras				Qualidades fisiológicas do som			Propriedades da propagação do som			
		A) C1 ¹	B) C2 ²	C) C3 ³	D) C4 ⁴	E) C5 ⁵	F) C6 ⁶	G) C7 ⁷	H) C8 ⁸	I) C9 ⁹	J) C10 ¹⁰	K) C11 ¹¹
Passo 7	B ₅ , C ₄ , D ₃ , E ₂ , E ₃ , F ₂ , F ₃ , G ₃ , H ₅ , I ₃ , J ₅ , K ₇	--	A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A14, A15, A16, A18, A19, A20, A21 T= 18	A2, A3, A4*, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21 T= 19	A4, A5, A6, A7, A9, A10, A11, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21 T= 15	A2*, A3, A4*, A5, A6, A7*, A8, A9, A10, A11, A12, A14, A15*, A16, A17*, A18, A19*, A20, A21* T= 19	A2*, A3, A4*, A5*, A6, A7*, A8*, A9*, A10*, A11, A12, A14, A15, A16, A17*, A18*, A19*, A20*, A21* T=18	A6, A11, A12, A18, A20 T=5	A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A14, A16, A18, A19, A20, A21 T= 17	A2, A6, A7, A9, A10, A11, A12, A14, A15, A17, A18, A19, A20 T=14	A6, A7, A9, A10, A11, A12, A14, A15, A16, A18 T=10	A6, A11, A12, A14, A16, A18 T=6

Fonte: Autora (2020)

¹ O som é uma onda; ² O som é uma onda mecânica; ³ O som é uma onda do tipo longitudinal; ⁴ Relação da velocidade com o meio de propagação; ⁵ Altura; ⁶ Intensidade; ⁷ Timbre; ⁸ Reflexão; ⁹ Difração; ¹⁰ Ressonância; ¹¹ Interferência; ¹² Número total de alunos.

Salientamos que os alunos que são acompanhados de um asterisco no passo 7 do quadro 17, responderam, para um mesmo conceito, quando este possuía mais de uma questão, apenas uma ou outra questão corretamente. Já aqueles alunos que não possuem nenhuma observação, significa que responderam corretamente todas as questões do passo 7, sobre um determinado conceito.

A seguir apresentamos como foi feita a categorização sobre o enriquecimento da estrutura cognitiva para três alunos em cada grupo de conceitos, sendo que cada aluno pode ser classificado em um tipo de enriquecimento da estrutura cognitiva, os quais podem ser: insatisfatório, parcialmente satisfatório e satisfatório. Todos os alunos foram categorizados utilizando-se os mesmos critérios.

Tabela 9 - Classificação de todos estudantes de acordo com as categorias para cada um dos tópicos

Tópico	Enriquecimento Satisfatório da Estrutura Cognitiva	Enriquecimento Parcialmente Satisfatório da Estrutura Cognitiva	Enriquecimento Insatisfatório da Estrutura Cognitiva
Características das ondas sonoras	A5, A10, A14, A15, A16, A18, A20	A2, A3, A4, A6, A7, A8, A9, A11, A12, A19, A21	A1, A17
Qualidades fisiológicas do som	A6, A11, A12, A18, A20	A2, A3, A4, A5, A8, A9, A10, A14, A15, A16, A21	A1, A7, A17, A19
Propriedades de propagação do som	A6, A11, A12, A14, A16, A18	A2, A4, A5, A7, A8, A9, A10, A15, A19, A20, A21	A1, A3, A17

Fonte: Autora (2020)

5.3.1 Quanto às características das ondas sonoras

Com relação às características das ondas sonoras, que corresponde aos primeiros quatro conceitos estudados, verificamos que o Aluno 17 apresentou um enriquecimento insatisfatório da estrutura cognitiva no decorrer da implementação das atividades da UEPS, pois, embora tenha demonstrado, na avaliação somativa individual, compreender corretamente a velocidade de propagação do som, observamos que com relação ao som ser

uma onda do tipo longitudinal não há uma compreensão totalmente adequada, visto que em uma das questões responde corretamente e outra não, o que contradiz sua compreensão sobre esse conceito. Já sobre o som ser uma onda e de natureza mecânica, constatamos que o aluno não demonstrou avanço considerável sobre as suas próprias compreensões iniciais, pois respondeu de modo inadequado, ficando aquém do esperado, assim como, também foi evidenciado na análise do mapa conceitual.

Já o Aluno 12 demonstrou enriquecimento parcial, ao passo que, conforme pode ser verificado no Quadro 17, inicialmente não possuía compreensões relevantes sobre os conceitos abordados e ao final das atividades, apesar de não ser na sua totalidade, o aluno desenvolveu um entendimento mais adequado sobre o que é o som e suas características, demonstrando que houve certa interação entre conceitos, visto que atribuiu novos significados para eles.

E por fim, apontamos o Aluno 14, que assim como o Aluno 12, praticamente não apresentava subsunções relevantes sobre o som e as ondas sonoras no início das atividades, porém ao final delas apresentou compreensão adequada sobre os quatro conceitos envolvidos, bem como, apresentou informações relevantes em seu mapa conceitual. Isso é um indício de que houve interação entre o novo conhecimento e aqueles já existentes na estrutura cognitiva do aluno, de modo que ele os aprimorou. Observamos ainda, que esse aluno indica possuir os significados claros, precisos e diferenciados, ao passo que apresenta detalhes e especificidades dos conceitos.

Esses argumentos são indícios de aprendizagem significativa, pois o estudante estendeu e qualificou o conceito, além de fazer uso de significados claros para responder corretamente as situações propostas.

5.3.2 Quanto às qualidades fisiológicas do som

Sobre os conceitos relacionados as qualidades fisiológicas do som, apresentamos, nesse primeiro momento, o Aluno 19, que demonstrou poucos avanços conceituais ao longo das atividades. Esse aluno, inicialmente, possuía algumas percepções importantes sobre as qualidades do som, mas que precisavam ser trabalhadas e aprimoradas. Entretanto, verificamos que exceto para o conceito de altura, ele manteve suas concepções iniciais, apontando um enriquecimento insatisfatório da estrutura cognitiva, ao passo apresentou poucos indícios de aprendizagem significativa sobre a maior parte dos conceitos abordados.

Já, para exemplificar um enriquecimento parcialmente satisfatório da estrutura cognitiva sobre esse bloco de conceitos, apresentamos o Aluno 9. Esse aluno, apesar de externalizar suas ideias iniciais sobre as qualidades fisiológicas do som de maneira adequada, não as modificou e aprimorou cientificamente para todos os conceitos. No quadro verificamos que com relação ao conceito de altura e intensidade há avanços explícitos, demonstrando que suas compreensões ficaram mais sólidas, indicando qualificação e enriquecimento dos conceitos, a medida que também teve a aquisição de novos significados, porém isso não se observa para o conceito de timbre, pois ele não dá indícios de aprendizagem significativa, o que justifica que os avanços por ele apresentados são parciais.

Para finalizar as observações a respeito da evolução dos estudantes sobre as qualidades fisiológicas do som, apresentamos o Aluno 11, que nos dá indícios de aprendizagem significativa dos conceitos envolvidos, o que indica um enriquecimento satisfatório da estrutura cognitiva. Conforme se observa no quadro, verificamos, inicialmente, que esse aluno apresentava visões ingênuas sobre essas qualidades do som e por fim, compreendeu corretamente os conceitos de altura, intensidade e timbre, demonstrando aquisição, elaboração e qualificação dos conceitos, a medida que atribui detalhes e especificidades para eles, bem como, dá indícios de que promoveu a diferenciação entre os conhecimentos novos e suas ideias já estabelecidas, pois relaciona corretamente as propriedades das ondas as suas qualidades.

5.3.3 Quanto às propriedades de propagação do som

Com relação ao último bloco de conceitos, o qual refere-se as propriedades da propagação do som, destacamos os alunos 3, 10 e 6 em que cada um deles corresponde a uma categoria de enriquecimento da estrutura cognitiva. Para exemplificar a evolução insatisfatória, apontamos o Aluno 3, que inicialmente deu a impressão de que possuía subsunções adequados sobre as propriedades da propagação do som, entretanto, no final das atividades demonstrou poucos indícios de aprendizagem significativa referente a elas.

Na sequência, demonstrando um enriquecimento parcialmente satisfatório da estrutura cognitiva, apresentamos o Aluno 10, que por meio das questões iniciais, apresentava ideias relevantes sobre os conceitos e ao final da implementação enriqueceu essas ideias para quase todos eles, exceto para o de interferência. Isso demonstra que o aluno teve avanços significativos em parte dos conceitos desse bloco, pois diferenciou os novos conceitos e ideias já estabelecidas na sua estrutura cognitiva, proporcionando a aquisição de novos significados.

E, por último, como exemplo de avanços satisfatórios do ponto de vista conceitual, destacamos o Aluno 6, que inicialmente externalizou poucos conhecimentos relevantes sobre o assunto, porém, ao final, compreendeu os quatro conceitos desse bloco adequadamente, o que significa que incorporou novos conhecimentos a sua estrutura cognitiva. Isso reflete na aquisição de novos significados e indica que o novo conhecimento, recém apresentado, interagiu com aquelas informações relevantes já existentes para esse estudo.

Nesse sentido, observamos pelo quadro, que de modo geral os estudantes apresentaram avanços conceituais significativos no decorrer das atividades sobre o conteúdo de ondas sonoras, o que fornece evidências de aprendizagem significativa, resultado esse que corrobora com Moreira (2011) quando apresenta a UEPS como um material potencialmente significativo e sua utilização se configura como uma importante metodologia que favorece esse tipo de aprendizagem.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Destacamos que a UEPS desenvolvida e implementada foi composta por um conjunto de atividades, as quais contaram com recursos didáticos diversificados, além de estarem baseadas nos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. A partir da análise desse conjunto de atividades, buscamos encontrar elementos que pudessem contribuir para responder a nossa questão de pesquisa: *De que forma a implementação de UEPS favorece a aprendizagem significativa de conceitos de Acústica de estudantes do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública da cidade de Santa Maria/RS?*

Com a intenção de respondê-la, ressaltamos que a utilização da metodologia de UEPS propiciou um ambiente favorável em que o processo de ocorrência da aprendizagem significativa dos conceitos abordados foi facilitado, visto que, seu planejamento se deu partindo dos conhecimentos prévios dos alunos, os quais possibilitaram, num primeiro momento, identificar as concepções iniciais deles sobre o som, bem como, posteriormente, no processo de análise, identificar indícios de possíveis evoluções da compreensão sobre o conteúdo explorado. Na sequência, a UEPS contou com atividades que permitiram a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora dos conceitos, pois de acordo com os argumentos de Ausubel (MOREIRA e MASINI, 1982), são esses os dois processos cognitivos necessários para que a aprendizagem significativa de fato ocorra.

Com relação à implementação, a utilização de diferentes recursos didáticos proporcionou maior envolvimento entre os alunos, a pesquisadora e o material utilizado. Esse envolvimento pode ser atribuído também a boa receptividade dos estudantes para o desenvolvimento das atividades propostas e ao comprometimento e interesse que progressivamente foram apresentando para realizá-las.

Observamos que além do interesse e comprometimento, os estudantes também demonstraram, ao longo das atividades, enriquecimento da estrutura cognitiva, pois conforme os resultados obtidos, apresentavam em suas ideias iniciais noção sobre determinados conceitos da acústica, entretanto, muito superficiais, ingênuas e simplistas do ponto de vista conceitual. A medida que as atividades planejadas para cada passo da UEPS foram sendo realizadas, obtivemos indícios de que essas compreensões foram se tornando mais sólidas e coerentes o que indica a ocorrência de aprendizagem significativa, mesmo que em alguns conceitos ela seja parcial.

Os desafios que se apresentaram ao longo da implementação, estão relacionados à dificuldade dos estudantes com o vocabulário e com a aplicação correta dos termos (por

exemplo, altura, volume, intensidade, timbre, amplitude, frequência) às situações propostas. Sobre isso, acreditamos que uma melhor compreensão e diferenciação entre os conceitos demanda um tempo maior do que o disponível para a implementação da pesquisa (dois meses), que foi feita em situação real de sala de aula. De qualquer forma, a abordagem propiciou aos alunos conhecimentos sobre conceitos básicos e introdutórios que lhes permitem dar continuidade ao estudo da acústica, seja de maneira formal ou informal, além de permitir a formação do cidadão de modo integral, pois as atividades contextualizadas, que fazem sentido para o aluno, possibilitam um aprendizado mais eficiente e auxiliam os estudantes a ter uma visão de mundo mais articulada a realidade, de modo que compreendam o mundo em que vivem e, desse modo, alcancem a aprendizagem significativa crítica (MOREIRA, 2000).

Além disso, nas atividades propostas buscamos sempre valorizar o processo de construção do conhecimento, e por isso, a abordagem dos conteúdos se distanciou da forma tradicional (apresentação da definição e exemplos). Optamos por uma forma que buscasse fomentar sua construção a partir das atividades propostas, desde a explicitação das ideias prévias e elaboração de hipóteses explicativas, até das atividades práticas e experimentais, sempre pautadas no diálogo e na interação entre a professora pesquisadora e os estudantes, o que também serviu para evidenciar o enriquecimento da estrutura cognitiva dos estudantes, através de suas falas. Essa postura frente aos alunos e na condução das atividades são justificadas pelos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, os quais nortearam o nosso trabalho.

Ainda sobre os avanços demonstrados pelos estudantes nas atividades da UEPS, constatamos que pela análise da avaliação somativa individual, os conceitos em que eles apresentaram maiores dificuldades de compreensão foram os de *timbre* e *interferência*, provavelmente por serem conceitos relacionados a situações mais abstratas e não tão “visíveis” no nosso dia a dia, apesar de ocorrerem de forma abundante. Por outro lado, os conceitos de que *o som é uma onda do tipo longitudinal* e de *altura* foram aqueles em que os alunos apresentaram ter maior entendimento e isso pode ser atribuído ao conjunto de atividades implementadas, assim como as discussões realizadas que proporcionaram a construção de conhecimentos, baseado na negociação de significados e na (re)significação de conceitos.

Estes resultados têm grande importância no processo de ensino aprendizagem, visto que em casos em que o professor assume o papel de mediador da construção do conhecimento, com ênfase no diálogo e na interação entre alunos e professor, estimula a

criticidade e reflexividade dos alunos, assim como delega a responsabilidade para que eles assumam uma postura ativa de construtores do seu próprio conhecimento.

Isso é bem evidenciado na atividade de construção dos aparatos musicais, pois levou os alunos a desenvolverem muito mais do que conceitos. Essa atividade colaborativa propiciou o desenvolvimento de capacidades como a responsabilidade e o engajamento de todos os participantes, visto que foi realizada em grupo, e além disso os estimulou e entusiasmou para o desenvolvimento da tarefa.

Com relação aos mapas conceituais elaborados, observamos que os estudantes apresentaram relações adequadas entre os conceitos, bem como articulações e integrações entre eles, demonstrando que a maior parte deles qualificou os conhecimentos já existentes em sua estrutura cognitiva no início das atividades, assim como, muitos deles adquiriram novos conceitos.

Já a análise das questões da avaliação somativa individual, convergindo com os resultados dos demais instrumentos já mencionados aqui, forneceu indícios de aprendizagem significativa por parte dos estudantes sobre os conceitos abordados, considerando que, na análise dos questionários iniciais, verificamos que a compreensão sobre os mesmos era inadequada ou insuficiente.

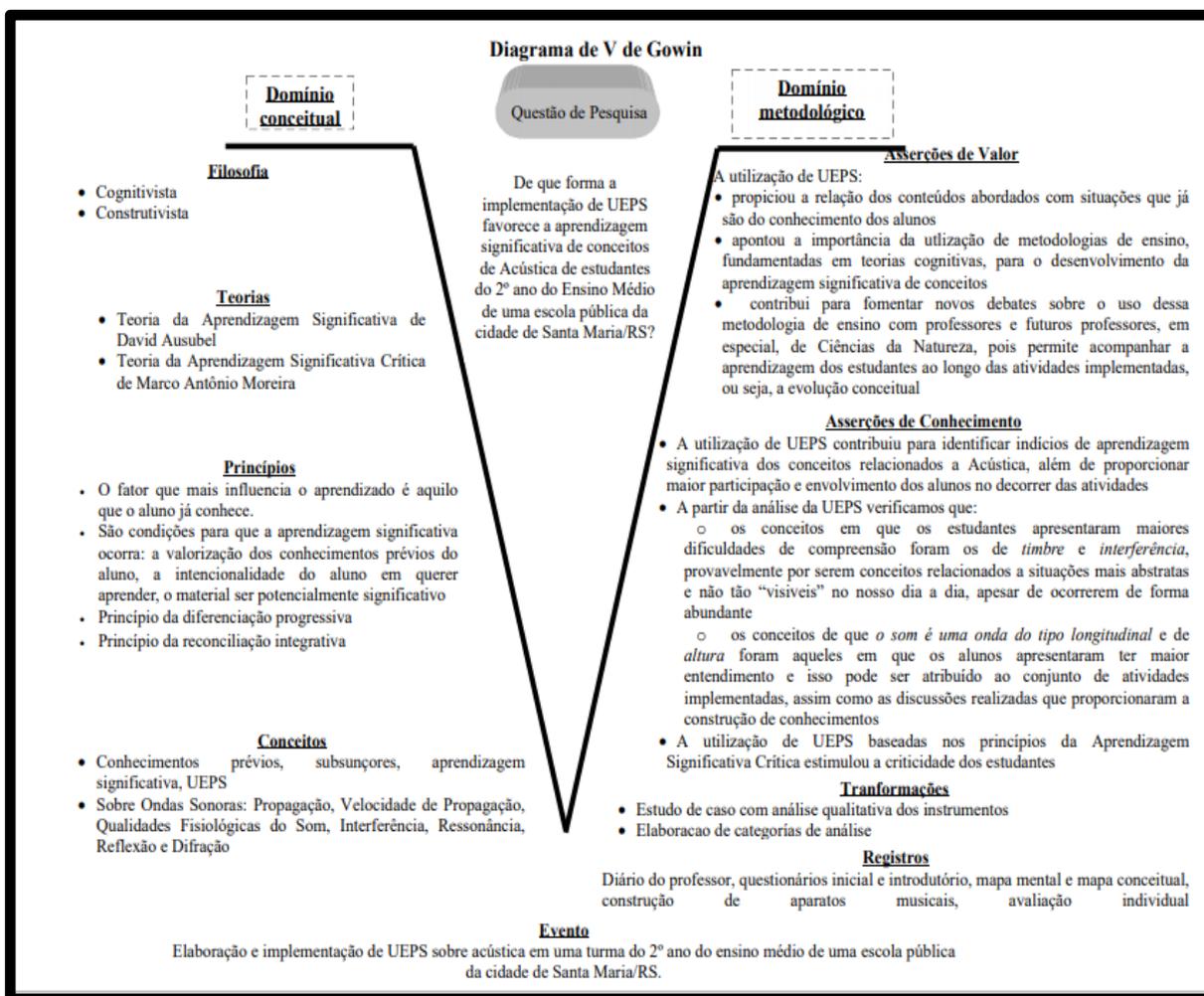
Por fim, a partir dos resultados alcançados podemos afirmar que no desenvolvimento do presente estudo, respondemos ao problema da pesquisa, visto que a utilização de UEPS facilitou a aprendizagem significativa dos alunos sobre os conteúdos relacionados a acústica e permitiu que os mesmos aperfeiçoassem/modificassem suas concepções iniciais e, além disso, aponta que essa é uma importante estratégia didática que pode servir de incentivo para sua mais frequente utilização tanto no ensino da física, como também de outras disciplinas.

Nessa perspectiva, entendemos que os resultados consistentes obtidos na pesquisa, envolvendo a utilização de UEPS, contribuem significativamente para fomentar novos debates sobre o uso dessa metodologia de ensino com professores e futuros professores, pois tal metodologia permite acompanhar a aprendizagem dos estudantes no decorrer da implementação, o que significa dizer que permite acompanhar o processo de aprendizagem, ou seja, o enriquecimento da estrutura cognitiva do aluno ao longo do processo de construção do conhecimento.

Como desdobramento da pesquisa, serão apresentados os resultados obtidos com a implementação das UEPS ao grupo de professores da escola, a pedido da direção, como forma de divulgar essa metodologia, bem como para dar um retorno sobre o que foi produzido. Além disso, enfatizamos que este trabalho teve ênfase na busca de indícios de aprendizagem

conceitual, sendo assim, como encaminhamentos para uma pesquisa futura pode-se analisar os resultados obtidos na perspectiva da aprendizagem representacional.

Figura 27 - Diagrama V de Gowin da pesquisa



Fonte: Autora (2020)

REFERÊNCIAS

- AIZICZON, B.; CUDMANI, L. Evaluación de un taller para la enseñanza aprendizaje de temas de biofísica. In: ENCONTRO NACIONAL DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, 3, 2010. **Anais...** São Paulo, 2010.
- ÁLVARES, B. A.; LUZ, A. M. R. **Curso de física**. São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1979.
- ÁLVARES, B. A.; LUZ, A. M. R. **Física (Ensino Médio)**. São Paulo: Scipione, 2013.
- AMALDI, U. **Imagens da física**. São Paulo: Editora Scipione, 1995.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Tradução Ligia Teopisto. 1. ed. Portugal: Editora Plátano, 2003.
- AUSUBEL, D. P. et al. **Psicologia educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BARAÚNA, F.; FURTADO, J.; PEREZ, S. Medindo a velocidade do som utilizando figuras de Lissajous. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 3, p. 3310, 2015.
- BARROS, C.; PAULINO, W. R. **Ciências: o corpo humano**. São Paulo: Ática, 2010.
- BARROS, E.; SOUTO, C. A.; CAMARGO, L. R.; MATHIAS, M. H. Application of a computer sound card for measurement of mechanical vibrations. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 4, p. 4313, 2015.
- BERNARDES NETO, P.; MOURA, D. A. Ensino de física e música: uma proposta para o ensino de acústica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 20, 2013. **Anais...** São Paulo: Universidade do Estado de São Paulo, 2013.
- BERNARDES NETO, P.; MOURA, D. A. O ensino de acústica no ensino médio por meio de instrumentos musicais de baixo custo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 19, 2011. **Anais...** Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2011.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (Ensino Médio)**. Brasília: MEC, 2017.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília, 2006. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf> Acesso em: abril/2019.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)**. Brasília: MEC, 2000.
- CALHEIRO, L. B. **Inserção de tópicos de física de partículas de forma integrada aos conteúdos tradicionalmente abordados no ensino médio**. 2014. 186p. Dissertação

(Mestrado em Educação em Ciências: química da vida e saúde) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2014.

CASTRO, J. W. P.; LIBARDI, H. Inclusão no ensino de física: ensino das qualidades fisiológicas do som para alunos com deficiência auditiva. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21, 2015. **Anais...** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2015.

CAVALCANTE, M. A. Novas tecnologias no estudo de ondas sonoras. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, p. 579-613, 2013.

CHIZZOTTI, A. **A pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais**. 2. ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2008.

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, 18, 2009. **Anais...** Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2009.

CORREIA, D., BOLFE, M., 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.

COSTA, J. F.; CAMARGO, S.; GIOPPO, C. Ensino de ondas sonoras/poluição sonora utilizando o aparelho celular como ferramenta de apoio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21, 2015. **Anais...** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2015.

COSTA, J. F.; CAMARGO, S.; GIOPPO, C. Uso do aparelho celular por estudantes do ensino médio para ouvir música: um prazer perigoso. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9, 2013. **Anais...** Águas de Lindóia, 2013.

COSTA, S. N.; GRILLO, M. L. N.; BAPTISTA, L. R. P. L. A física no violoncelo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017. **Anais...** São Carlos: Universidade do Estado de São Paulo, 2017.

DANTAS, J. D.; CRUZ, S. S. Um olhar físico sobre a teoria musical. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 1, p. e20180099, 2019.

DIAS, M. a. Medindo a velocidade de um fórmula 1 com o efeito doppler. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18, 2009. **Anais...** Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2009.

DIOGO, R. C.; GOBARA, S. T. Um ambiente virtual para introduzir conceitos sobre ondas sonoras: o desafio “abaixe o volume”. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18, 2009. **Anais...** Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2009.

DONOSO, et al. A física do violino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p. 2305, 2008.

ERROBIDART, H. A.; ERROBIDART, N. C. G. Elaboração de um aparato experimental para explorar conceitos de vibração, fonte sonora e propagação de ondas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18, 2009. **Anais...** Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2009.

ERROBIDART, H. A.; GOBARA, S. T.; ERROBIDART, N. C. G. Levantamento dos trabalhos que descrevem a utilização da experimentação como estratégia para o ensino de ondas (2002-2007). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18, 2009. **Anais...** Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2009.

ERROBIDART, N. C. G.; GOBARA, S. t. A descontextualização das experiências de tiros alternados em livros didáticos de física. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8, 2011. **Anais...** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2011.

ERROBIDART, N. C. G.; GOBARA, S. T. Aspectos da transposição didática de ondas sonoras em livros didáticos de física (PNLEM). In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8, 2011. **Anais...** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2011.

FERNANDES, R. A.; ALMEIDA, E. L.; HORA, N. N. Oficina pedagógica sobre física e meio ambiente: aplicando a teoria da aprendizagem significativa. In: ENCONTRO NACIONAL DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, 5, 2014. **Anais...** Belém: Universidade do Estado do Pará, 2014.

FERNANDES, R. J.; AUTH, M. A. uma sequência didática no ensino médio de física: rádio de galena e o ensino de ondas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017. **Anais...** São Carlos: Universidade do Estado de São Paulo, 2017.

FREITAS, D. S.; SANTOS, N. S.; ARANTES, E. A. S.; USTRA, S. R. V. Reflexões sobre a implementação de um planejamento didático envolvendo a física dos instrumentos musicais no ensino médio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 20, 2013. **Anais...** São Paulo: Universidade do Estado de São Paulo, 2013.

FREITAS, T. C.; FERREIRA, A. L.; BARROS, T. G. Sinos: Física e música fundidas em bronze. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, p. 2303, 2015.

GARAGNANI, P. V.; RÜDIGER, G. T.; ARCANJO, V. S.; LENZ, J. A.; BEZERRA JUNIOR, A. G. Investigando o som em taças de cristal - uma experiência interdisciplinar. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 19, 2011. **Anais...** Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2011.

GASPAR, A. **Compreendendo a física**. 2. ed. São Paulo: Ática, 2013.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GODOY JUNIOR, et al. Concepções de estudantes a respeito de ondas sonoras e instrumentos musicais: subsídios para a elaboração de uma oficina pedagógica. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 20., 2013, São Paulo/SP. **Anais...** São Paulo/SP: Universidade de São Paulo, 2013.

GOUVÊA, S. M. O., ERROBIDART, N. C. G. Estudando ondas em quadrinhos. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11, 2017. **Anais...** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.

GROSSI, M. C. A. J.; LIBARDI, H. Ensino de ondas para estudantes com e sem deficiência visual da educação de jovens e adultos - EJA - com materiais concretos e de baixo custo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017. **Anais...** São Carlos: Universidade do Estado de São Paulo, 2017.

GUIMARÃES, Z.; ANDRADE, M.; WERNECK, L.; MARIANO, L. Determinação da velocidade do som com computadores e celulares. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017. **Anais...** São Carlos: Universidade do Estado de São Paulo, 2017.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

HINRICHSEN, H. Entropy-based tuning of musical instruments. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, p. 2301, 2012.

JARDIM, M. I. A.; ERROBIDART, N. C. G.; GOBARA, S. T. Transposição didática e ondas sonoras como objeto de estudo. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2009. **Anais...** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

JESUS, W. A. P.; BARROS, P. B.; SILVA, V. A.; CARDOSO, G. M. Usando software de edição de audio na compreensão da acústica: o audacity como ferramenta didática. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21, 2015. **Anais...** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2015.

LIMA JUNIOR, P.; RODRIGUES, L. G. P.; SILVA, M. T. X. Sobre a não-linearidade de fenômenos acústicos e o funcionamento da flauta transversa: uma incursão pela acústica musical. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 1: p. 156-179, 2012.

LIMA, J. M.; GERMANO, M. G. “Pitelim e o estudo das ondas”: uma tentativa de aproximar a física da literatura de cordel: um estudo de caso realizado na cidade de boqueirão-PB. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 20, 2013. **Anais...** São Paulo: Universidade do Estado de São Paulo, 2013.

LIMA, N. F.; SILVA, J. H. S. Determinação experimental da velocidade do som pela observação dos modos normais de ressonância num tubo de ar. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017. **Anais...** São Carlos: Universidade do Estado de São Paulo, 2017.

LUDKE, E.; CAUDURO, P. J.; VIEIRA, A. M.; ADORNES, R. B. Velocidade do som no ar e efeito Doppler em um único experimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p.1702, 2012.

MACIEL, R. R.; OLIVEIRA, J. S.; LOURENÇO, R. M.; SILVA, D. R.; FELIPE, F. P.; RAMOS, D. R. O osciloscópio como instrumento didático para atividades potencialmente significativas no ensino de mecânica. In: ENCONTRO NACIONAL DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, 4, 2012. **Anais...** Garanhuns: Universidade de Pernambuco, 2012.

MAEOCA, G. S.; GOBARA, S. T. Construção de um instrumento musical de sopro para auxiliar na aprendizagem de conceitos físicos relacionados às ondas sonoras. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 19, 2011. **Anais...** Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2011.

MAGALHÃES, A. A.; ARANTES, A. R. Perspectivas tecnológicas para o tema ondas na proposta dos cadernos do estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21, 2015. **Anais...** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2015.

MAGALHÃES, D. A.; ALVES FILHO, J. P. Por que é mais difícil escutar os sons graves do que os sons médios e agudos? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 331-338, 2017.

MAGALHÃES, R.; FONSECA, W.; ALEIXO, V. Construção do protótipo tubo de rubens como objeto de aplicação de conceitos de acústica na diversificação do ensino de física. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017. **Anais...** São Carlos: Universidade do Estado de São Paulo, 2017.

MATIUCCI, A. C.; SANTOS, Z. T. S. Oficinas de som: relações entre física e música nas séries iniciais. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 20, 2013. **Anais...** São Paulo: Universidade do Estado de São Paulo, 2013.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Curso de física**. São Paulo: Scipione, 2006.

MAZETI, L. J. B.; SILVA, F. K. M.; BRANDI, A. L. Sala de aula de ciências: o que um simples debate em sala de aula pode dizer do ensino de física? In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017. **Anais...** São Carlos: Universidade do Estado de São Paulo, 2017.

MOREIRA, J.; MORAIS, M.; QUEIROZ, G. Diálogos interdisciplinares entre física e artes: o som e a escuta do entorno escolar. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21, 2015. **Anais...** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2015.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal Aprendizagem significativa?** Aula Inaugural do Programa de PósGraduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2012. Aceito para publicação, *Qurrriculum*, La Laguna, Espanha, 2012.

_____. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

_____. Aprendizagem significativa crítica. **Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**, Lisboa (Peniche), 2000.

_____. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas- UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v.1, n.2, p.43-63, 2011. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf/>. Acesso em: maio/2019.

_____. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2002.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. A. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

NASCIMENTO, C. S.; GOBARA, S. T. A contextualização do ensino de ondas sonoras por meio do corpo humano. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2009. **Anais...** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

PAVAN, T. Z. Entendendo as limitações do uso das figuras de Lissajous para medir a velocidade do som. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, nº 1, p. e1701, 2017.

PEREIRA, B. et al. A Experimentação Aliada à Inter/Transdisciplinaridade como Alternativa para o Ensino de Física nas Universidades: uma Experiência nas Ciências Agrárias. **CALIBRE-Revista Brasileira de Engenharia e Física Aplicada**, v. 2, n. 2, p. 39-47, 2017.

PINTO, M. M. **A utilização de instrumentos musicais e aparatos computacionais como estratégia de promoção da aprendizagem significativa no campo conceitual da Física ondulatória, na educação de jovens e adultos**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2010.

PIZETTA, D. C.; WANDERLEY, A. B.; MASTELARO, V. R.; PAIVA, F. F. Uma avaliação experimental do tubo de ondas sonoras estacionárias. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 3, p. e3301, 2017.

RIBEIRO, J. L. P. Por que a percussão de uma mola produz o mesmo som de “pistolas laser” do filme Star Wars? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 2, p. 385-399, 2014.

RODRIGUES, E. V.; CAMILETTI, G. Levantamento de concepções e atitudes dos alunos em acústica. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10, 2015. **Anais...** Águas de Lindóia, 2015.

ROSA, L. F. M.; OLIVEIRA, L. D. Avaliação da evolução das ideias dos alunos sobre o som a partir do uso de uma UEPS. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017. **Anais...** São Carlos: Universidade do Estado de São Paulo, 2017.

SACRISTÁN, J. G. **O currículo**: uma reflexão sobre a prática. Porto Alegre: Artmed, 2000.

SANTAROSA, M. C. **Investigação da aprendizagem em física básica universitária a partir de um ensino que integra situações e conceitos das disciplinas de cálculo I e de física I**. 2013. 382p. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2013.

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.

SANTOS, J. L.; CRUZ, F. A. O. Escuta que isso aqui é física! In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21, 2015. **Anais...** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2015.

SANTOS, José Rafael dos. **Aprendizagem ativa: uma proposta para o ensino de luz e som.** 2016. 89 p. Dissertação (Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2016.

SANTOS, R. S.; CAMARGO FILHO, P. S.; ROCHA, Z. F. D. Descobertas sobre a teoria do som: a história dos padrões de Chladni e sua contribuição para o campo da acústica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 2, p. e2602, 2018.

SEABRA, M. E. F.; MACIEL, A. M. M. Música como tema para o ensino de física por projeto. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21, 2015. **Anais...** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2015.

SÉCOLO, M. S. B.; SILVA, F. R.; VIEIRA, R.; OLIVEIRA, T. R.; LIMA, D. G. Um tubo de ressonância para o ensino de ondas sonoras estacionárias no ensino médio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 20, 2013. **Anais...** São Paulo: Universidade do Estado de São Paulo, 2013.

SILVA, A. B. S. M.; AZEVEDO, R. O. M.; RIVERA, J. A. Elaboração de uma metodologia para o ensino de ondas sonoras no ensino fundamental. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 20, 2013. **Anais...** São Paulo: Universidade do Estado de São Paulo, 2013.

SILVA, A. C.; SANTOS, C. A. Lâminas em alto-relevo para ensinar fenômenos ondulatórios a deficientes visuais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 40, n. 4, p. e5406, 2018.

SILVA, A. E.; COSTA, J. F.; CAMARGO, S.; HILGER, T. R.; SAMOJEDEN, L. L. Ensino de ondas sonoras e saúde auditiva na perspectiva dos 3MP e no enfoque CTS. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11, 2017. **Anais...** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.

SILVA, M. R.; BERNARDO, R. V.; OLIVEIRA, N. S. M. Ensinando ondas sonoras para pessoas cegas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 19, 2011. **Anais...** Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2011.

SILVA, S. T.; AGUIAR, C. E. Propagação do som: conceitos e experimentos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 19, 2011. **Anais...** Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2011.

SILVEIRA, M. V.; BARTHEM, R. B.; SANTOS, A. C. Proposta didático experimental para o ensino inclusivo de ondas no ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 1, 2019.

SIMÕES FILHO, M. A. B.; SANTOS, C. D. F.; SILVA, E. T. Música: teoria e experimentação na acústica e no eletromagnetismo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21, 2015. **Anais...** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2015.

SOBIECZIAK, S. **História da física e natureza da ciência em Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS).** 2017. 314 p. Dissertação (Mestrado em Educação

Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2017.

SOUZA FILHO, N. E.; GONÇALVES, B.A.; OLIVEIRA, V.T. Música para estudantes de engenharia: Síntese sonora de tema de jazz. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, p. 2313, 2015.

SOUZA FILHO, N.; ROSA, J. J.; SILVA, D. M.; ASTRATH, N. G. C. Hill and Dale: A técnica de Edison e a transcrição de registros fonográficos de cilindros. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 40, n. 3, p. e3601, 2018.

SOUZA, A. R.; AGUIAR, C. E. Pressão e deslocamento nas ondas sonoras. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 19, 2011. **Anais...** Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2011.

SOUZA, H. M.; PIRES, M. O. C. Proposta de uma UEPS para o ensino do ultrassom no ensino médio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017. **Anais...** São Carlos: Universidade do Estado de São Paulo, 2017.

SOUZA, R. A. Como observar ondas sonoras. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18, 2009. **anais...** Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2009.

STEFFANI, M. H. et al. “Vendo o som” com o uso das Novas Tecnologias de Informática e Comunicação. **ResearchGate**, 2014. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/producao/WIE2002Som.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2019.

TORRES, C. M. A.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. **Física: ciência e tecnologia**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2010.

VILLAS BÔAS, N.; DOCA, R. H.; BISCUOLA, G., J. **Física**. São Paulo: Editora Saraiva, 2010.

VILLELA, G. C.; OLIVEIRA, S. Flauta de comprimento ajustável: uma proposta de atividade experimental. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 23, 2019. **Anais...** Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2019.

VIVAS, D. B. P.; TEIXEIRA, E. S.; CRUZ, J. A. L. Ensino de Física para surdos: um experimento mecânico e um eletrônico para o ensino de ondas sonoras. **Caderno Brasileiro de Ensino de física**, v. 34, n. 1, p. 197-215, 2017.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Título do estudo: “O estudo da acústica a partir de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas: contribuições para uma aprendizagem significativa”

Pesquisador responsável: Prof. Dra. Isabel Krey Garcia (ikrey69@gmail.com)

Aluna do Programa de Pós- Graduação a nível de Mestrado: Emanoela Decian (emanoeladecian@gmail.com)

Endereço postal completo e telefone: Avenida Roraima, 1000, prédio 13, sala 1220, Santa Maria/RS – Cep 97105-900. Telefone (55) 3220 6163.

Local da coleta de dados: Escola Estadual de Educação Básica Augusto Ruschi, Rua Dr. Paulo Silva e Souza, s/n, Bairro JK, Cohab Santa Marta, Santa Maria, RS, Brasil.

Eu, Emanoela Decian, responsável pela pesquisa “O estudo da acústica a partir de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas: contribuições para uma aprendizagem significativa”, o convido a participar como voluntário desse estudo.

Esta pesquisa pretende avaliar uma sequência didática utilizando diversos recursos na construção da Aprendizagem Significativa. Acreditamos que ela seja importante pelos seguintes motivos: 1) procura relacionar a Física com a vivência do cotidiano; 2) desenvolve capacidades de trabalho em grupo; 3) estimula a elaboração de hipóteses e de explicações para as situações apresentadas, colocando o centro da aprendizagem no aluno, ou seja, que ele seja participante ativo no processo de ensino/aprendizagem.

Durante todo o período da pesquisa você terá a possibilidade de tirar qualquer dúvida ou pedir qualquer outro esclarecimento. Para isso, fique a vontade para entrar em contato com os pesquisadores.

As informações desta pesquisa serão confidenciais e poderão ser divulgadas, apenas, em eventos ou publicações, sem a identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre sua participação.

Autorização

Eu, _____ RG _____
_____, permito que a professora Emanoela Decian utilize as informações obtidas do aluno
(a) _____ para fins de pesquisa
científica/ educacional. Concordo que o material e as informações obtidas possam ser
publicados em aulas, congressos, eventos científicos, palestras ou periódicos científicos.

Assinatura do responsável

Assinatura da mestranda

Santa Maria, 10 de maio de 2019.

APÊNDICE B – CARTA DE APRESENTAÇÃO PARA CONCESSÃO DE PESQUISA

CARTA DE APRESENTAÇÃO PARA CONCESSÃO DE PESQUISA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E ENSINO DE FÍSICA

CARTA DE APRESENTAÇÃO PARA CONCESSÃO DE PESQUISA

À Professora Diretora da Escola Estadual de Educação Básica Augusto Ruschi

Prezado Diretor Danclar Jesus Rossato

Vimos, por meio desta, solicitar a concessão para a implementação do projeto de pesquisa, intitulado “O estudo da Acústica a partir de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas: contribuições para uma Aprendizagem Significativa” que gostaríamos de realizar nesta instituição de ensino. Para tanto faremos uma breve descrição do que consiste o trabalho, seus objetivos, procedimentos e possível participação de alunos e familiares, para sua apreciação.

Desde já agradecemos pela colaboração e atenção.

Pesquisadora Responsável: Mestranda Emanoela Decian

Contato: 55- 99946 8730 **E-mail:** emanoeladecian@gmail.com

Orientação: Professora Dra. Isabel Krey Garcia

Os objetivos desta pesquisa consistem na elaboração e estruturação de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas que abordam conceitos da Ondas Sonoras, bem como a implementação destas Unidades de Ensino e posterior avaliação das mesmas para identificar e analisar indícios de Aprendizagem Significativa.

Os benefícios consistem em desenvolver no Ensino Médio, Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, procurando relacionar a Física com a vivência do cotidiano e, do ponto de vista de competências e habilidades, desenvolver capacidades de trabalho em grupo, elaboração de hipóteses e de explicações para as situações apresentadas, colocando o centro da aprendizagem no aluno, ou seja, que ele seja participante ativo no processo de ensino/aprendizagem.

Acreditamos que esse trabalho trará contribuições importantes para o Ensino de Física e para a aprendizagem dos estudantes desta escola.

Atenciosamente,

Mestranda Emanoela Decian

Orientadora Isabel Krey Garcia

APÊNDICE C – QUADRO DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA NOS PAC

N.	Ano/Vol/Nº	Revista	Título	Foco
1	2016/33/2	CBEF	O estudo das ondas sonoras por meio de uma atividade didática envolvendo leitura de um texto de divulgação científica	Implementação de uma atividade didática com texto de divulgação científica sobre ondas sonoras
2	2017/34/1	CBEF	Ensino de Física para surdos: um experimento mecânico e um eletrônico para o ensino de ondas sonoras	Proposta de um experimento sobre ondas sonoras voltado para alunos surdos
3	2013/30/3	CBEF	Novas tecnologias no estudo de ondas sonoras	Proposta de um experimento sobre ondas sonoras utilizando o arduíno
4	2014/31/2	CBEF	Por que a percussão de uma mola produz o mesmo som de “pistolas laser” do filme Star Wars?	Proposta de um experimento para a dispersão do som
5	2017/34/1	CBEF	Por que é mais difícil escutar os sons graves do que os sons médios e agudos?	Abordagem conceitual sobre a audibilidade do som
6	2012/29/1	CBEF	Sobre a não-linearidade de fenômenos acústicos e o funcionamento da flauta transversa: uma incursão pela acústica musical	Abordagem de fenômenos acústicos no ensino de Física, a partir de um instrumento específico: a flauta transversa
8	2015/32/1	CBEF	Acústica e música: uma abordagem metodológica para explorar sons emitidos por tubos sonoros	Implementação de uma oficina realizada com alunos do Curso de Física para montagem de um móbile com tubos sonoros
9	2018/35/2	CBEF	“É só para ver ou pode mexer?” Abordagem hands-on numa sala de Acústica e feedback	Implementação de oficina sobre as características hands-on de um grupo de experimentos em acústica, construídos para uma sala temática

			dos visitantes	numa mostra científica universitária
10	2013/35/2	RBEF	Violão e guitarra como ferramentas para o ensino de física	Proposta de atividade experimental demonstrativa utilizando violão e guitarra sobre ondas sonoras
11	2015/37/2	RBEF	Sinos: Física e música fundidas em bronze	Abordagem histórica do sino e descrição da produção do som
12	2015/37/2	RBEF	Música para estudantes de engenharia: Síntese sonora de tema de jazz	Implementação de atividade utilizando um clássico do jazz para ensinar música para estudantes de engenharia acústica
13	2015/37/4	RBEF	Application of a computer sound card for measurement of mechanical vibrations	Proposta de uma ferramenta de aquisição e análise de dados baseada na placa de som do computador para amostragem de sinais aleatórios de vibração em frequência constante.
14	2017/39/1	RBEF	Entendendo as limitações do uso das figuras de Lissajous para medir a velocidade do som	Abordagem conceitual para aperfeiçoar aspectos teóricos sobre o método para determinar a situação de ressonância em uma coluna de ar, para o cálculo da velocidade do som, usando a técnica de obtenção de fase por curvas de Lissajous
15	2017/39/3	RBEF	Uma avaliação experimental do tubo de ondas sonoras estacionárias	Proposta de um aparato experimental automatizado para a aquisição do sinal para o estudo de ondas estacionárias
16	2018/40/2	RBEF	Descobertas sobre a teoria do som: a história dos padrões de Chladni e sua contribuição para o campo da acústica	Biografia do Físico Ernst Florens Friedrich Chladni, e sua contribuição para o campo da acústica para o fenômeno da formação de figuras em placas ressoantes
17	2018/40/3	RBEF	Hill and Dale: A técnica de Edison e a transcrição de registros fonográficos de cilindros	Abordagem dos conceitos sobre a primeira técnica de gravação/reprodução de som e exemplos de transcrições dos principais tipos de suporte físico de gravação fabricados comercialmente entre 1889 e 1929
18	2019/41/1	RBEF	Proposta didático	Proposta de experimentos sobre

			experimental para o ensino inclusivo de ondas no ensino médio	ondas para alunos com deficiência visual e auditiva
19	2019/41/1	RBEF	Um olhar físico sobre a teoria musical	Abordagem conceitual sobre conceitos e fenômenos físicos presentes no contexto da teoria musical
20	2008/30/2	RBEF	A física do violino	Abordagem conceitual dos aspectos físicos de ondas sonoras que podem ser discutidos a partir do violino
21	2012/34/1	RBEF	Velocidade do som no ar e efeito Doppler em um único experimento	Proposta de experimento utilizando circuitos de produção e captação de sinais de ultra-sons em 40 kHz que permitem, além de determinar vs com melhor precisão, explorar o efeito Doppler-Fizeau quantitativamente, o que não pode ser feito com ondas sonoras audíveis
22	2015/37/3	RBEF	Medindo a velocidade do som utilizando figuras de Lissajous	Proposta de um aparato experimental de baixo custo para medir a velocidade do som no ar a temperatura ambiente que envolve figuras de Lissajous e tubos ressonantes
23	2012/34/2	RBEF	Entropy-based tuning of musical instruments	Abordagem conceitual de afinação de instrumentos pela minimização da entropia
24	2015/37/2	RBEF	Levitação Acústica	Abordagem conceitual sobre o princípio básico de funcionamento de um levitador acústico
25	2018/40/4	RBEF	O arco de violino	Abordagem conceitual sobre os principais aspectos do arco de violino. Descrevem sua evolução histórica, que justifica a sua atual forma geométrica e estabelecem relações entre conceitos físicos e a sua aplicação no arco de violino
26	2009/31/3	RBEF	A utilização de diagramas conceituais no ensino de física em nível médio: um estudo em conteúdos	Implementação de atividades desenvolvidas com alunos do Ensino Médio e que utilizaram como recursos didáticos diagramas conceituais para tratar dos conceitos

			de ondulatória, acústica e óptica	relacionados a ondas sonoras
	2018/40/1	RBEF	Violão: aspectos acústicos, estruturais e históricos	Abordagem conceitual sobre alguns aspectos de funcionamento do violão, apresentando um breve histórico sobre as mudanças pelas quais o instrumento passou ao longo dos séculos
27	2018/23/2	IENCI	Análise estrutural de redes semânticas: um estudo exploratório das relações entre representações proposicionais e evolução conceitual em um tópico da física	Implementação de atividades desenvolvidas com alunos do Ensino Médio e que utilizaram como recursos didáticos texto de divulgação científica, mapas mentais e redes semânticas

APÊNDICE D – QUADRO DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA NOS EVENTOS

N.	Ano	Evento	Título	Foco
1	2009	ENPEC	A contextualização do ensino de ondas sonoras por meio do corpo humano	Implementação de atividade para os alunos manipular alguns objetos que emitem som e observar seu próprio corpo, para explicarem sobre o processo de emissão de som em cada situação proposta e construir o conceito de som por meio de sua produção
2	2009	ENPEC	Transposição didática e ondas sonoras como objeto de estudo	Levantamento bibliográfico para identificar tendências teóricas e metodológicas e obter informações sobre instrumentos de coleta e tratamento de dados, utilizados em trabalhos cujo objeto de estudo está relacionado com transposição didática e ondas sonoras.
3	2011	ENPEC	Aspectos da transposição didática de ondas sonoras em livros didáticos de física (PNLEM)	Abordagem conceitual sobre a transformação do saber sobre ondas sonoras, desde sua produção na esfera científica até sua inserção em sala de aula
4	2011	ENPEC	A descontextualização das experiências de tiros alternados em livros didáticos de física	Abordagem conceitual para caracterizar as transformações do saber sobre ondas sonoras a partir da análise de aspectos apontados por Chevallard (1991) como norteadores da transposição didática
5	2013	ENPEC	Uso do aparelho celular por estudantes do ensino médio para ouvir música: um prazer perigoso	Implementação para identificar que usos os estudantes de Ensino Médio fazem do Celular quando ouvem música e investigar as intensidades de decibéis (dB), relacionando com conteúdo de ondas sonoras
6	2015	ENPEC	Levantamento de concepções e atitudes dos alunos em acústica	Implementação de um questionário Likert para levantamento de concepções e de atitudes de um grupo de estudantes do ensino médio, afim de orientar a elaboração de um Material Instrucional em Acústica,

				que estimule uma intenção comportamental mais positiva em relação ao tópico
7	2017	ENPEC	Ensino de ondas sonoras e saúde auditiva na perspectiva dos 3MP e no enfoque CTS	Implementação de uma sequência didática para o ensino de ondas sonoras por meio de um tema significativo para os estudantes, pautada no referencial dos Três Momentos Pedagógicos e no Enfoque CTSA, para explorar a saúde auditiva, de forma que os estudantes compreendessem a propagação do som, as características e os efeitos das ondas sonoras, relacionando-as com as músicas que ouvem no fone de ouvido
8	2017	ENPEC	Estudando ondas em quadrinhos	Implementação de atividades, como o objetivo elaborar um objeto pedagógico midiático “Estudando ondas em quadrinhos”, planejando e desenvolvendo atividades colaborativas voltadas para a inclusão de novas tecnologias no ensino de física
9	2009	SNEF	Medindo a velocidade de um fórmula 1 com o efeito doppler	Proposta para calcular a velocidade de um carro de fórmula 1 usando as relações matemáticas do efeito Doppler
10	2009	SNEF	Como observar ondas sonoras	Proposta de uma abordagem experimental para o estudo das ondas sonoras no Ensino Médio, usando softwares gratuitos para geração e gravação dos sons
11	2009	SNEF	Um ambiente virtual para introduzir conceitos sobre ondas sonoras: o desafio “abaixe o volume”	Implementação de atividades com tecnologias da informação e comunicação para o ensino introdutório de conceitos fundamentais da Física do Som
12	2009	SNEF	Uma proposta de utilização da acústica musical no ensino de física	Proposta interdisciplinar entre Física-Música, para abordar conceitos relacionados à Física Ondulatória, como a reflexão, a interferência e outros que poderiam ser associados à geração e propagação do som por

				instrumentos musicais
13	2009	SNEF	Levantamento dos trabalhos que descrevem a utilização da experimentação como estratégia para o ensino de ondas (2002-2007)	Levantamento bibliográfico sobre os conceitos de ondas e ondas sonoras
14	2009	SNEF	Elaboração de um aparato experimental para explorar conceitos de vibração, fonte sonora e propagação de ondas	Proposta para a construção de um aparato experimental e a elaboração de uma proposta que envolva os alunos em atividades planejadas, onde possam interagir com um material para observar e compreender a propagação ondulatória, a necessidade de uma fonte vibratória e a produção de frentes de onda
15	2011	SNEF	Investigando o som em taças de cristal - uma experiência interdisciplinar	Implementação de um projeto de pesquisa interdisciplinar envolvendo professores e estudantes de cursos de Licenciatura em Física e de Engenharia de Computação. O objetivo é a investigação experimental de fenômenos físicos com auxílio de programas computacionais de código aberto que permitam o estudo de efeitos físicos não-triviais, mas que, ao serem estudados, podem ser valiosos na elaboração e no desenvolvimento do pensamento científico
16	2011	SNEF	Ensinando ondas sonoras para pessoas cegas	Implementação de atividades para desenvolver a inclusão do aluno com Deficiência Visual na sala de aula regular, com enfoque na disciplina de Física
17	2011	SNEF	O ensino de acústica no ensino médio por meio de instrumentos musicais de baixo custo	Implementação de uma experiência didática para a montagem de dois instrumentos musicais de baixo custo (violão de caixa de sapato e flauta d'água) em 3 aulas de física na rede estadual de São Paulo
18	2011	SNEF	Propagação do som:	Proposta de uma sequência de

			conceitos e experimentos	ensino/aprendizagem sobre a propagação do som
19	2011	SNEF	Pressão e deslocamento nas ondas sonoras	Proposta de uma experiência simples que permite mapear a intensidade sonora no interior de um tubo ressonante
20	2011	SNEF	Construção de um instrumento musical de sopro para auxiliar na aprendizagem de conceitos físicos relacionados às ondas sonoras	Proposta de uma seqüência didática contextualizada com a construção de um instrumento musical de sopro, para o ensino de conceitos sobre ondas sonoras, como frequência, amplitude e comprimento de onda
21	2013	SNEF	Concepções de estudantes a respeito de ondas sonoras e instrumentos musicais: subsídios para a elaboração de uma oficina pedagógica	Implementação de atividades para investigar o conhecimento inicial de alunos do Ensino Médio a respeito de som e ondas sonoras como subsídio para a elaboração de uma oficina temática abordando som e instrumentos musicais
22	2013	SNEF	Reflexões sobre a implementação de um planejamento didático envolvendo a física dos instrumentos musicais no ensino médio	Implementação de uma experiência didática desenvolvida no Estágio Supervisionado, relativa ao tema Física dos Instrumentos Musicais
23	2013	SNEF	Oficinas de som: relações entre física e música nas séries iniciais	Implementação de oficinas realizadas no Ensino Fundamental de uma escola, com o objetivo de mostrar que é possível ensinar física nas séries iniciais. As oficinas tiveram como tema, o som
24	2013	SNEF	Um tubo de ressonância para o ensino de ondas sonoras estacionárias no ensino médio	Implementação de uma atividade de ensino experimental relacionada ao ensino de ondas mecânicas, visando oferecer aos alunos uma discussão pautada na experimentação sobre esse tema, envolvendo materiais de simples acesso e alternativos
25	2013	SNEF	“Pitelim e o estudo das	Implementação de atividades com o

			ondas”: uma tentativa de aproximar a física da literatura de cordel: um estudo de caso realizado na cidade de boqueirão-PB	intuito de popularizar alguns conceitos relacionados às ondas mecânicas, tais como comprimento de onda e frequência. Para atingir os objetivos utilizamos o folheto da Literatura de Cordel intitulado: Pitelim e o estudo das ondas
26	2013	SNEF	Ensino de física e música: uma proposta para o ensino de acústica	Implementação para construção e criação de instrumentos musicais, a partir de materiais de baixo custo, na qual o aluno participa de maneira ativa no processo de ensino. O intuito é oferecer ao professor de física mais uma ferramenta para tratar a acústica em sala de aula
27	2013	SNEF	Elaboração de uma metodologia para o ensino de ondas sonoras no ensino fundamental	Proposta de uma metodologia para o ensino de ondas no Ensino Fundamental, procurando abranger três dimensões do processo ensino/aprendizagem em Ciências: conceitual, procedimental e atitudinal
28	2015	SNEF	Usando software de edição de audio na compreensão da acústica: o audacity como ferramenta didática	Proposta para desenvolver uma ferramenta pedagógica para auxiliar o professor de Física no ensino de acústica, levando o seu aluno a compreender e identificar em gráficos de um software de edição de áudio propriedades como frequência, timbre, intensidade sonoras e harmônicos
29	2015	SNEF	Ensino de ondas sonoras/poluição sonora utilizando o aparelho celular como ferramenta de apoio	Implementação de uma sequência didática sobre ondas sonoras com objetivo de apresentar os efeitos destas ondas no meio em que se propaga relacionando com poluição sonora e saúde auditiva
30	2015	SNEF	Diálogos interdisciplinares entre física e artes: o som e a escuta do entorno	Implementação do projeto interdisciplinar “Diálogos interdisciplinares entre física e artes:

			escolar	o som e a escuta do entorno ao cinema”, desenvolvido numa parceria entre alunos da UERJ dos cursos de Licenciatura em Física e o de Licenciatura em Artes Visuais, tendo por motivação inicial despertar o interesse dos alunos nas aulas de Física, de Ciências e de Artes dos Ensinos Médio e Fundamental e do Programa de Educação de Jovens e Adultos (PEJA) de uma escola pública, a partir da escuta do entorno escolar como disparador de questionamentos sociais
31	2015	SNEF	Música: teoria e experimentação na acústica e no eletromagnetismo	Proposta de utilização do violão acústico e a guitarra para a análise e explanação de conteúdos de Física do Ensino Médio como a Acústica e o Eletromagnetismo
32	2015	SNEF	Música como tema para o ensino de física por projeto	Implementação de atividades fundamentadas na metodologia de uso de Projetos para o ensino de Física, uma das ações do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação a Docência (PIBID), na área de Física, da Universidade Federal de Lavras (UFLA). O tema desenvolvido foi Música e Emoção e teve duração de aproximadamente 4 meses.
33	2015	SNEF	Inclusão no ensino de física: ensino das qualidades fisiológicas do som para alunos com deficiência auditiva	Proposta de uma sequência didática para promover a inclusão de alunos com deficiência auditiva no Ensino de Física através do ensino de Acústica: Qualidades Fisiológicas do Som
34	2015	SNEF	Perspectivas tecnológicas para o tema ondas na proposta dos cadernos do estado de São Paulo	Implementação de atividades que tiveram como objetivo a produção de conteúdos digitais para o tema Ondulatória, a partir dos cadernos do Estado de São Paulo

35	2015	SNEF	Escuta que isso aqui é física!	Proposta para apresentar os conceitos de timbre, comprimento de onda, frequência e período. Para tal, foram utilizados três softwares gratuitos (TuxGuitar, Format Factory e Audacity) e de fácil obtenção em páginas de conteúdos de softwares gratuitos
36	2017	SNEF	Determinação experimental da velocidade do som pela observação dos modos normais de ressonância num tubo de ar	Proposta de atividade experimental simples e barata que proporciona uma clara demonstração do fenômeno da ressonância numa coluna de ar, usando um fone de ouvido e um microfone de computador comuns inseridos nos extremos de uma mangueira plástica de comprimento conhecido para obter a curva de ressonância da mangueira e assim determinar as frequências dos modos normais e a velocidade do som
37	2017	SNEF	Sala de aula de ciências: o que um simples debate em sala de aula pode dizer do ensino de física?	Implementação de atividade num abordagem dialogada acerca da poluição sonora possibilitando uma reflexão sobre metodologia de sala de aula através das discussões realizadas pelos alunos no decorrer da leitura guiada de um artigo de divulgação científica
38	2017	SNEF	A física no violoncelo	Abordagem conceitual sobre a física presente no violoncelo
39	2017	SNEF	Proposta de uma UEPS para o ensino do ultrassom no ensino médio	Proposta de uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS) associada a: um vídeo sobre a utilização do ultrassom para detecção de falhas estruturais de objetos; e a um experimento para detectar o intervalo de tempo de um pulso ultrassônico refletido por um obstáculo
40	2017	SNEF	Determinação da velocidade do som com computadores e	Implementação de atividade experimental para medir a velocidade de propagação do som no ar com o

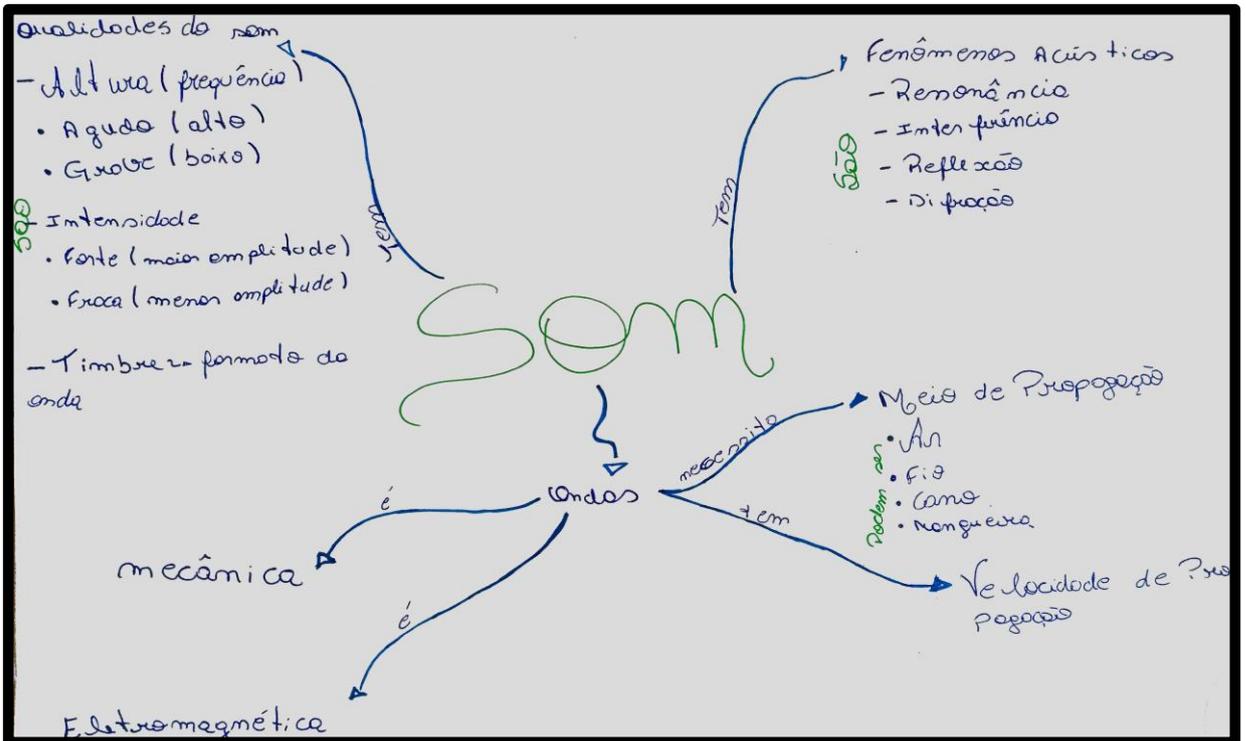
			celulares	uso de computadores ou celulares, que dispensa o uso de circuitos elétricos auxiliares
41	2017	SNEF	Avaliação da evolução das ideias dos alunos sobre o som a partir do uso de uma UEPS	Implementação de de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o ensino de conceitos de ondulatória e acústica. Durante o trabalho emergiram categorias que auxiliaram na análise dos dados, em especial, da eficácia das atividades para o propósito de promover a evolução conceitual sobre o conceito de som
42	2017	SNEF	Construção do protótipo tubo de rubens como objeto de aplicação de conceitos de acústica na diversificação do ensino de física	Implementação de atividade para a construção do protótipo Tubo de Rubens que se trata de um tubo com vários furos em linha na parte superior, com uma caixa acústica em uma extremidade e na outra, gás de cozinha que quando inflamado através dos furos permite a visualização e estudo de ondas estacionárias
43	2017	SNEF	Ensino de ondas para estudantes com e sem deficiência visual da educação de jovens e adultos - EJA - com materiais concretos e de baixo custo	Implementação de atividade que teve como objetivo saber dos estudantes com deficiência visual que técnicas, materiais, tecnologias e atividades podiam ser usadas para a melhoria da sua aprendizagem nos conteúdos estudados no curso de EJA; desenvolver estratégias que facilitem a compreensão dos conceitos físicos pelo estudante com deficiência visual e elaborar um material didático (unidade didática), em Braille e em tinta, que atenda aos estudantes com e sem deficiência visual da escola
44	2017	SNEF	Uma sequência didática no ensino médio de física: rádio de galena e	Implementação de atividade para a elaboração do equipamento gerador Rádio de Galena

			o ensino de ondas	
45	2019	SNEF	Flauta de comprimento ajustável: uma proposta de atividade experimental	Proposta para construção de uma flauta com o comprimento ajustável com materiais de baixo custo, para facilitar o processo de aprendizagem de determinados conteúdos, como no ensino de ondulatória, por exemplo, quando se estende para o estudo de ondas sonoras
46	2010	ENAS	Evaluación de un taller para la enseñanza aprendizaje de temas de biofísica	Implementação de uma proposta didática para o ensino da biofísica em Ciências da Saúde, enquadrada no modelo da aprendizagem significativa de Ausubel e na aprendizagem baseada em problemas
47	2012	ENAS	O osciloscópio como instrumento didático para atividades potencialmente significativas no ensino de mecânica	Implementação de um projeto desenvolvido por bolsistas de iniciação à docência e implantado em uma escola de Ensino Médio que tinha como objetivo o ensino de Mecânica. Para tanto se construiu três atividades potencialmente significativas com o auxílio de osciloscópio usado em experimentos que prestavam o papel de organizador prévio, sendo que uma delas era sobre a velocidade do som
48	2014	ENAS	Oficina pedagógica sobre física e meio ambiente: aplicando a teoria da aprendizagem significativa	Implementação de uma oficina “Entendendo Física no meio ambiente”, baseada na teoria na Teoria da Aprendizagem Significativa e no conceito de alfabetização científica, executada no Núcleo de Estudos em Educação Científica, Ambiental e Práticas Sociais – Necaps

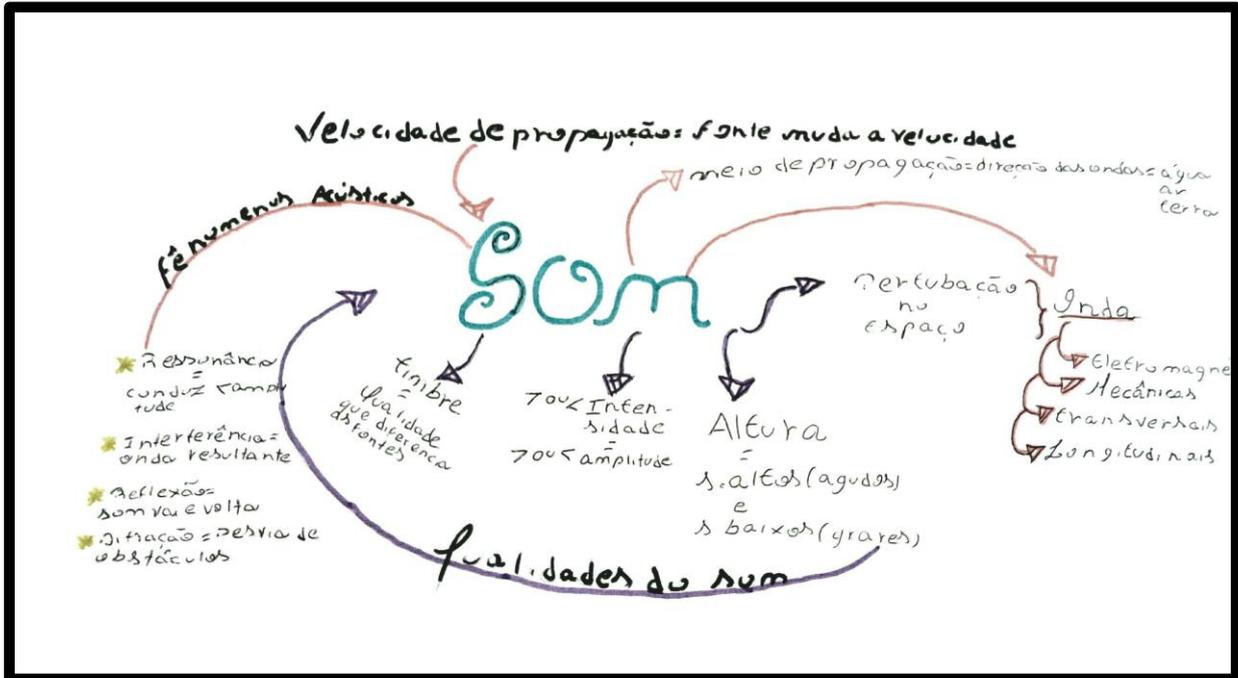
APÊNDICE E – QUADRO DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA NA BDBTD

N.	Ano	Tipo	Título	Foco
1	2016	Dissertação	Aprendizagem ativa: uma proposta para o ensino de luz e som	Implementação de uma unidade de ensino, desenvolvida como forma de produto educacional, para auxiliar professores da educação básica no ensino de conceitos de ondulatória. Os resultados apresentaram uma melhoria na quantidade de acertos das questões com a interação entre os alunos, assim como ao comparar as respostas satisfatórias do pré-teste e do pós-teste.

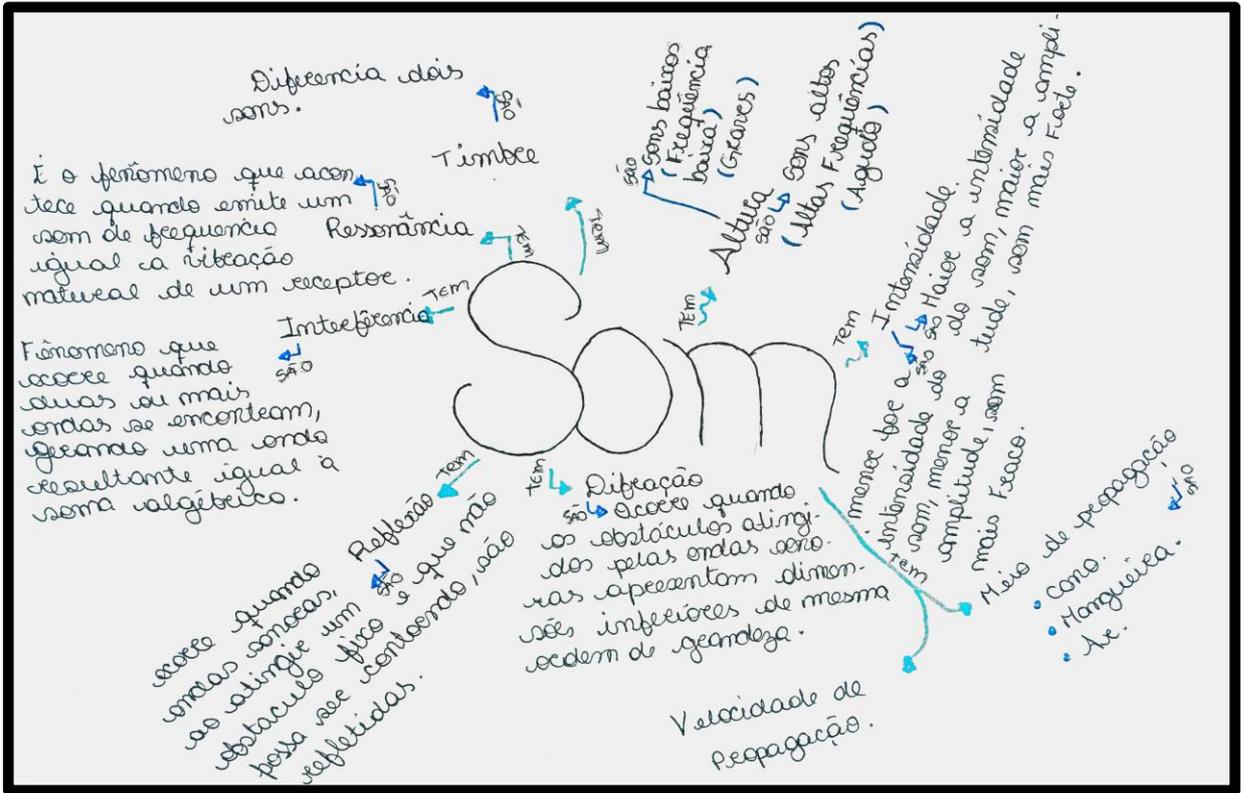
ANEXO A – MAPA CONCEITUAL ALUNO 2



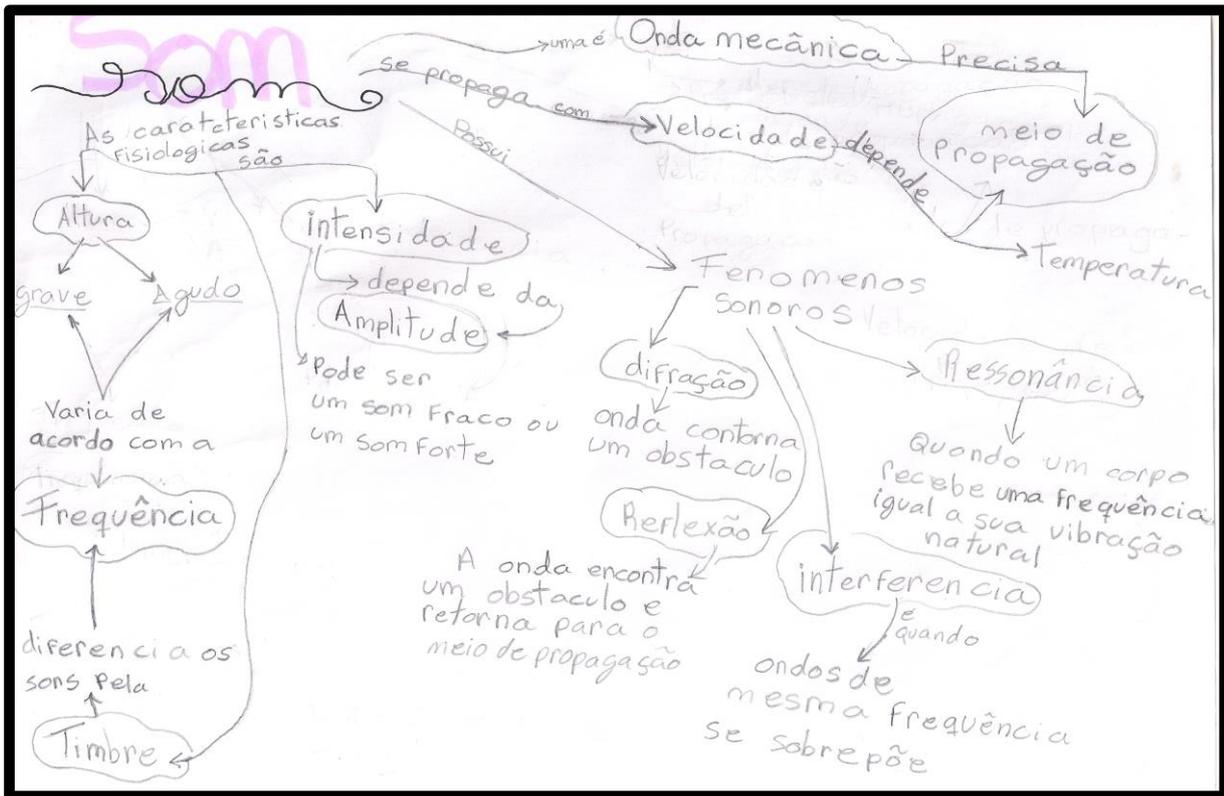
ANEXO B – MAPA CONCEITUAL ALUNO 3



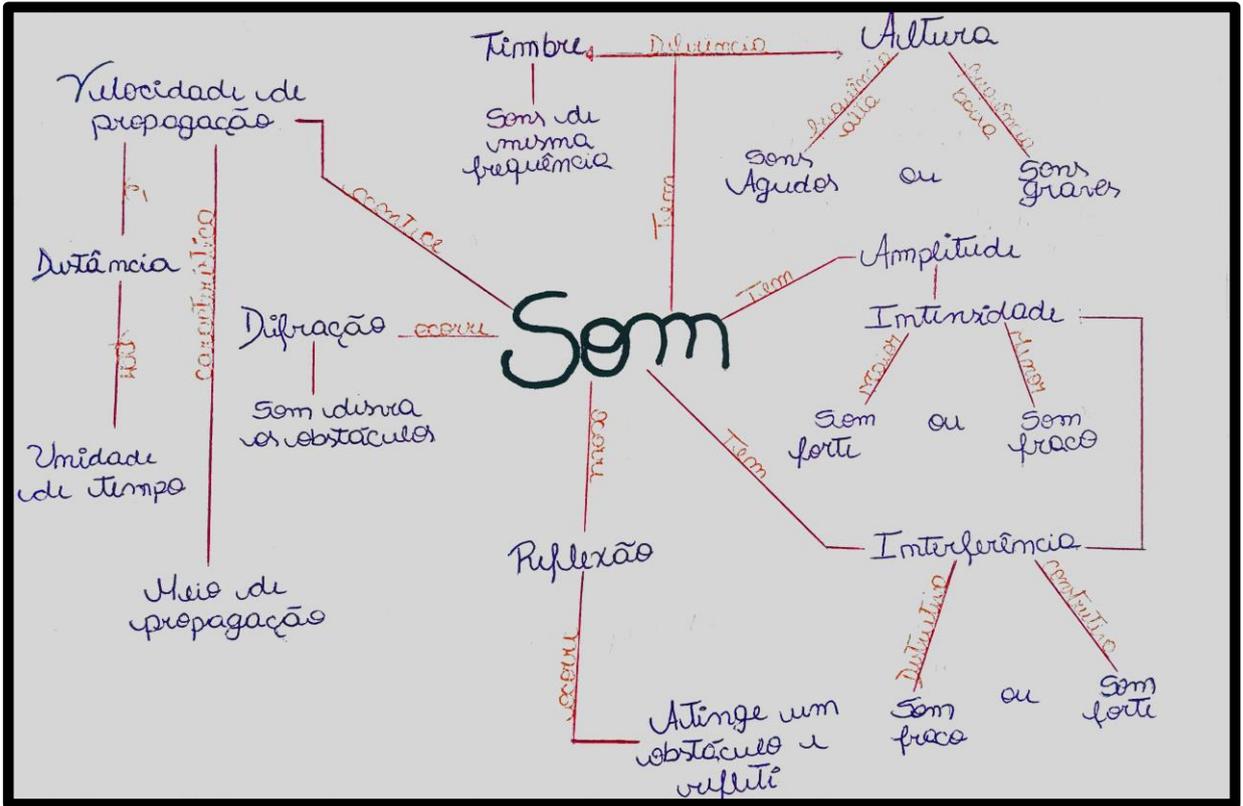
ANEXO C – MAPA CONCEITUAL ALUNO 4



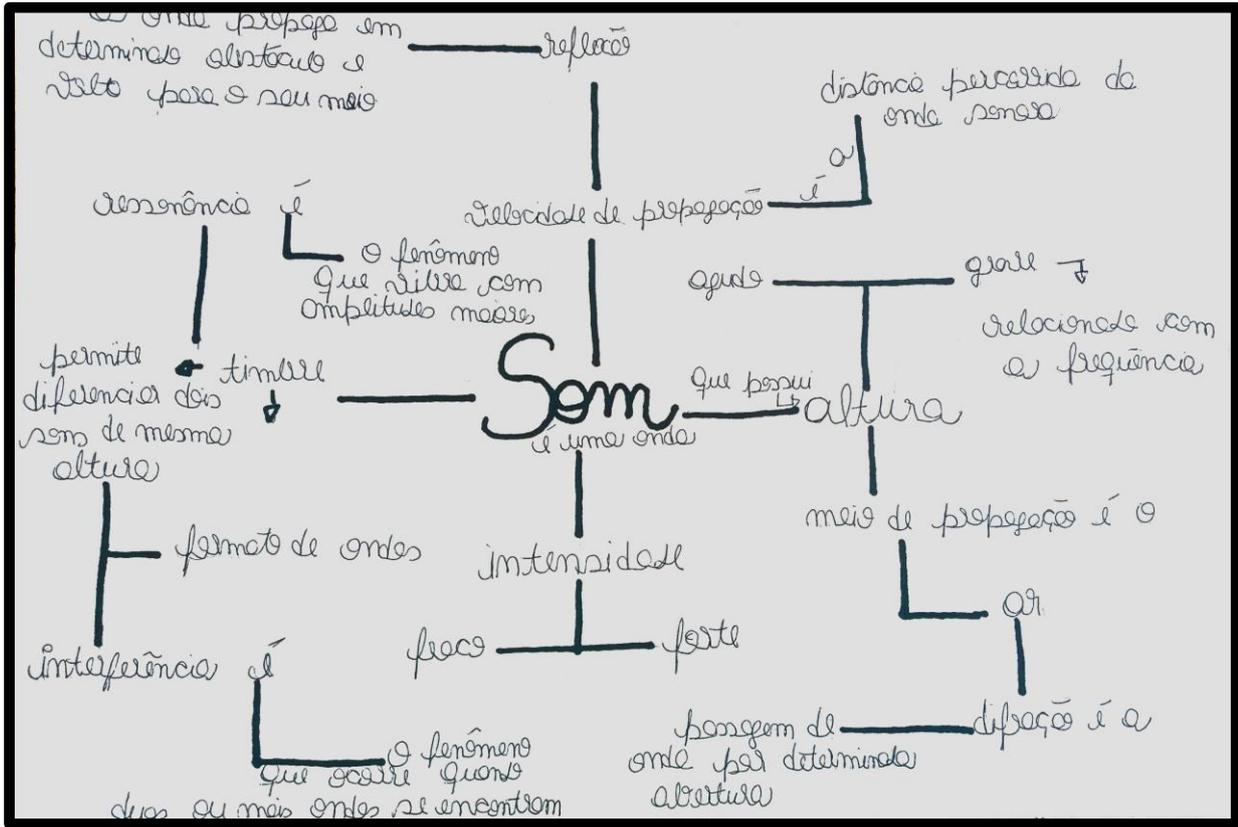
ANEXO D – MAPA CONCEITUAL ALUNO 5



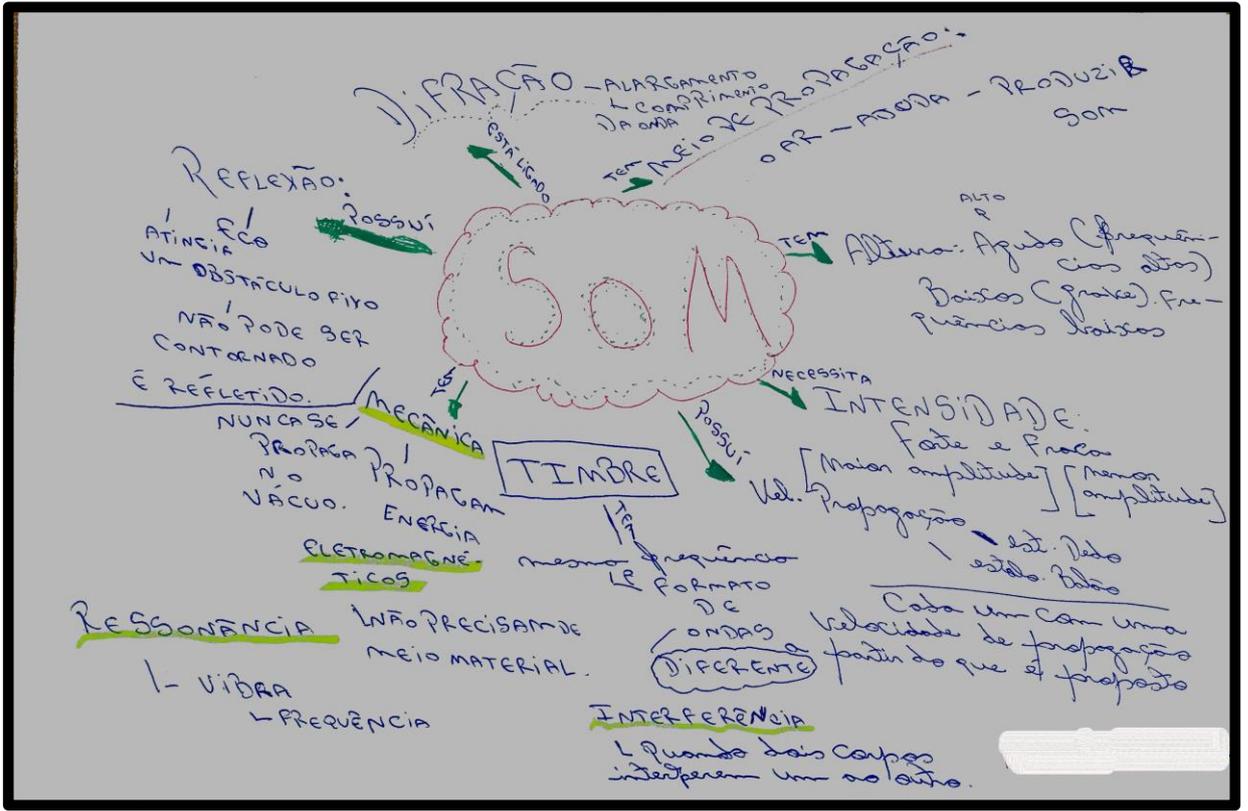
ANEXO E – MAPA CONCEITUAL ALUNO 6



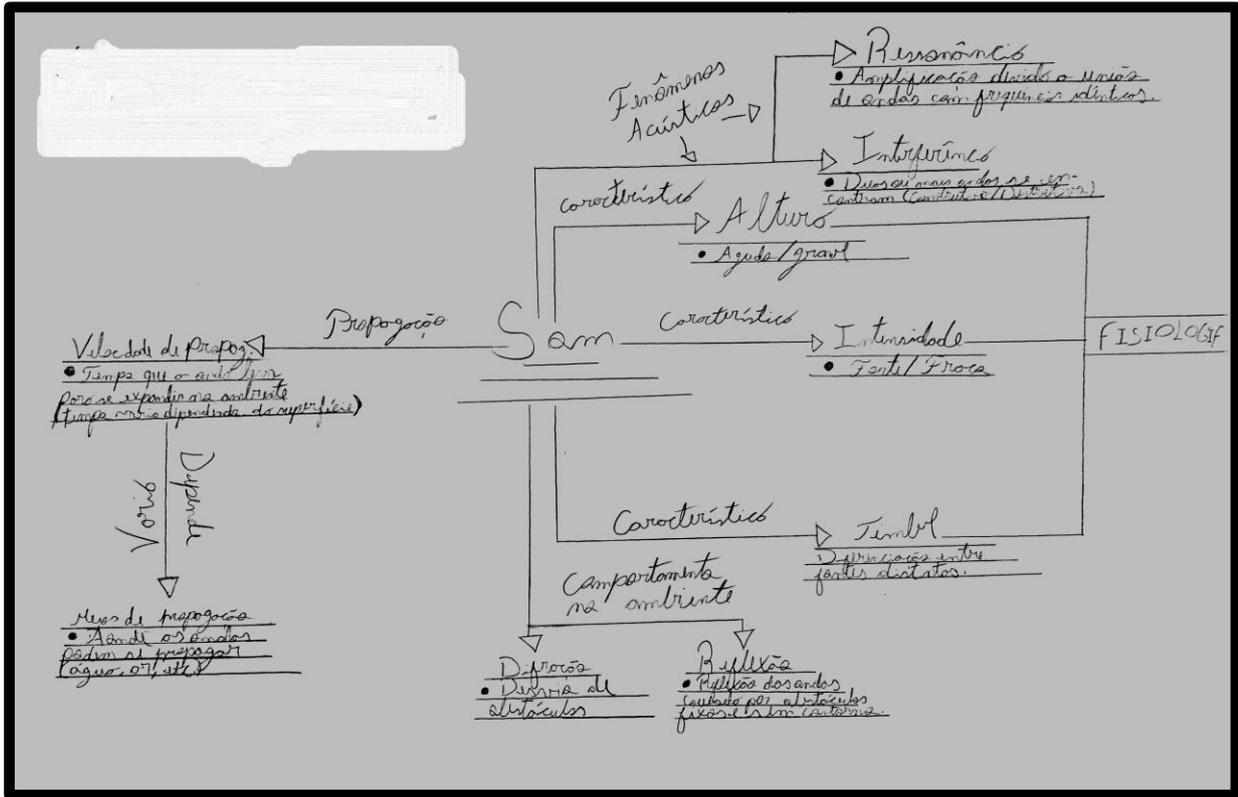
ANEXO F – MAPA CONCEITUAL ALUNO 7



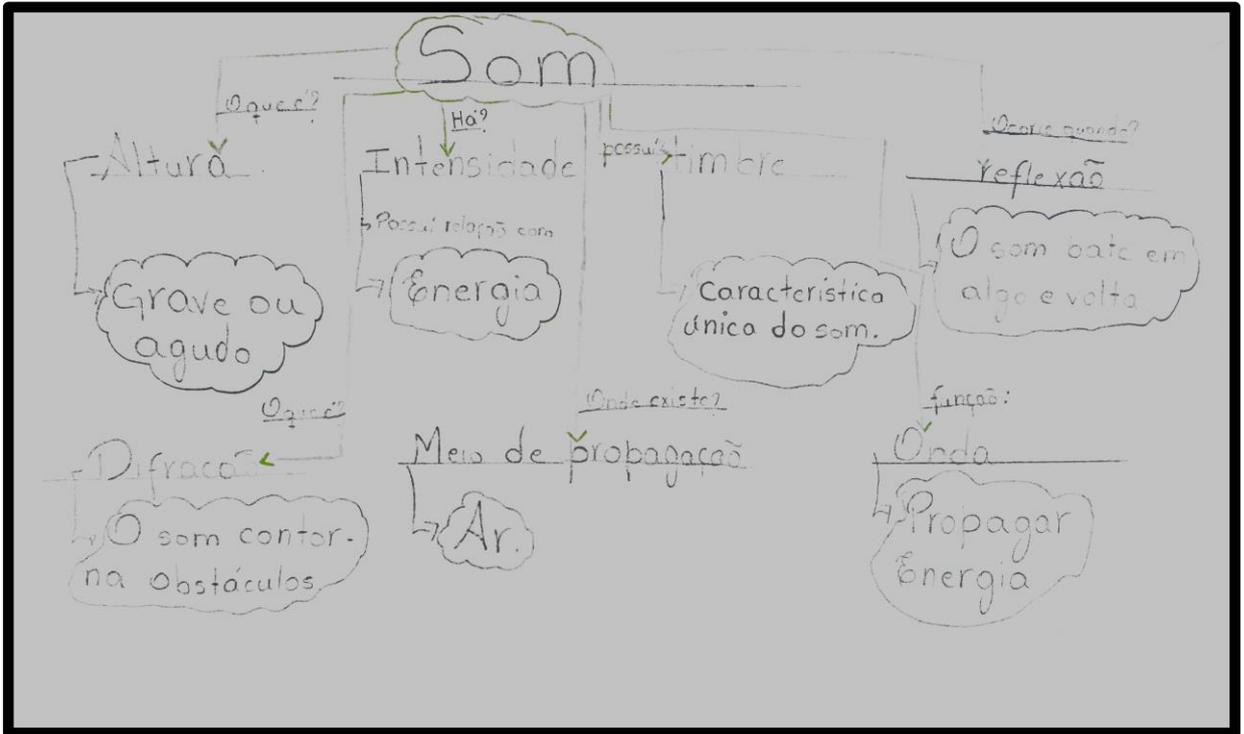
ANEXO G - MAPA CONCEITUAL ALUNO 8



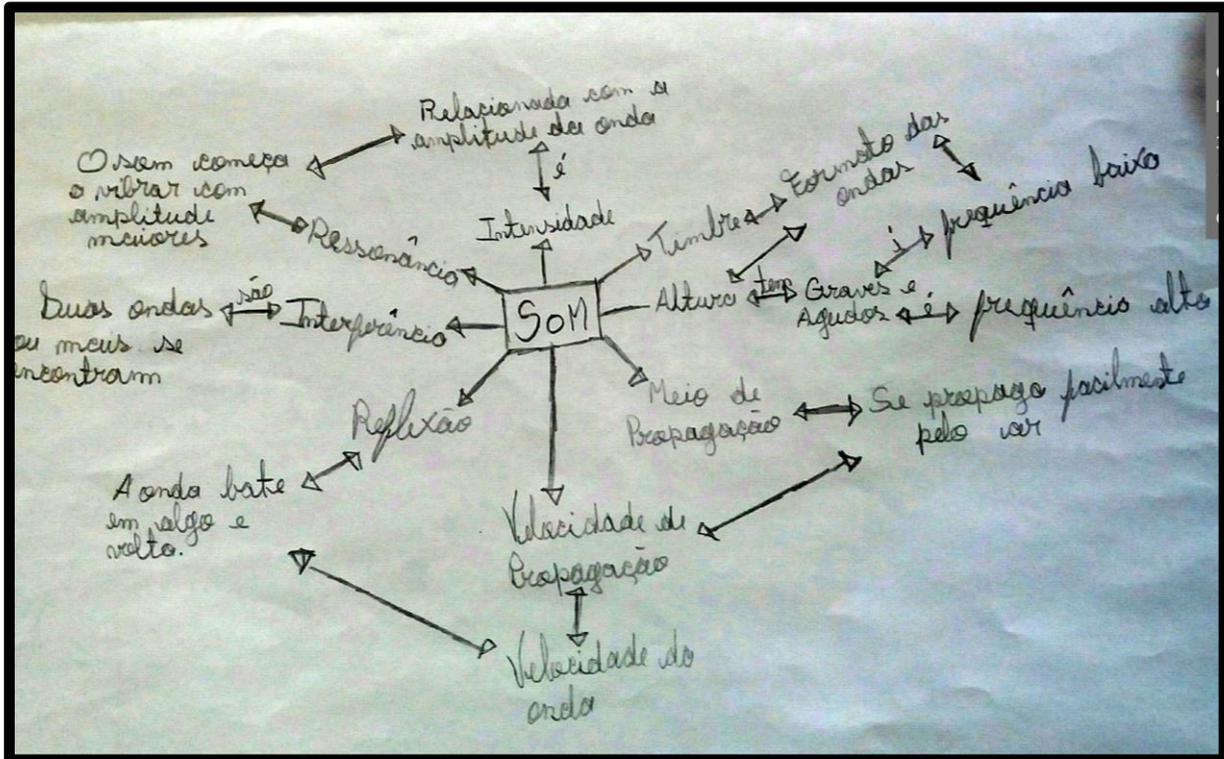
ANEXO H – MAPA CONCEITUAL ALUNO 9



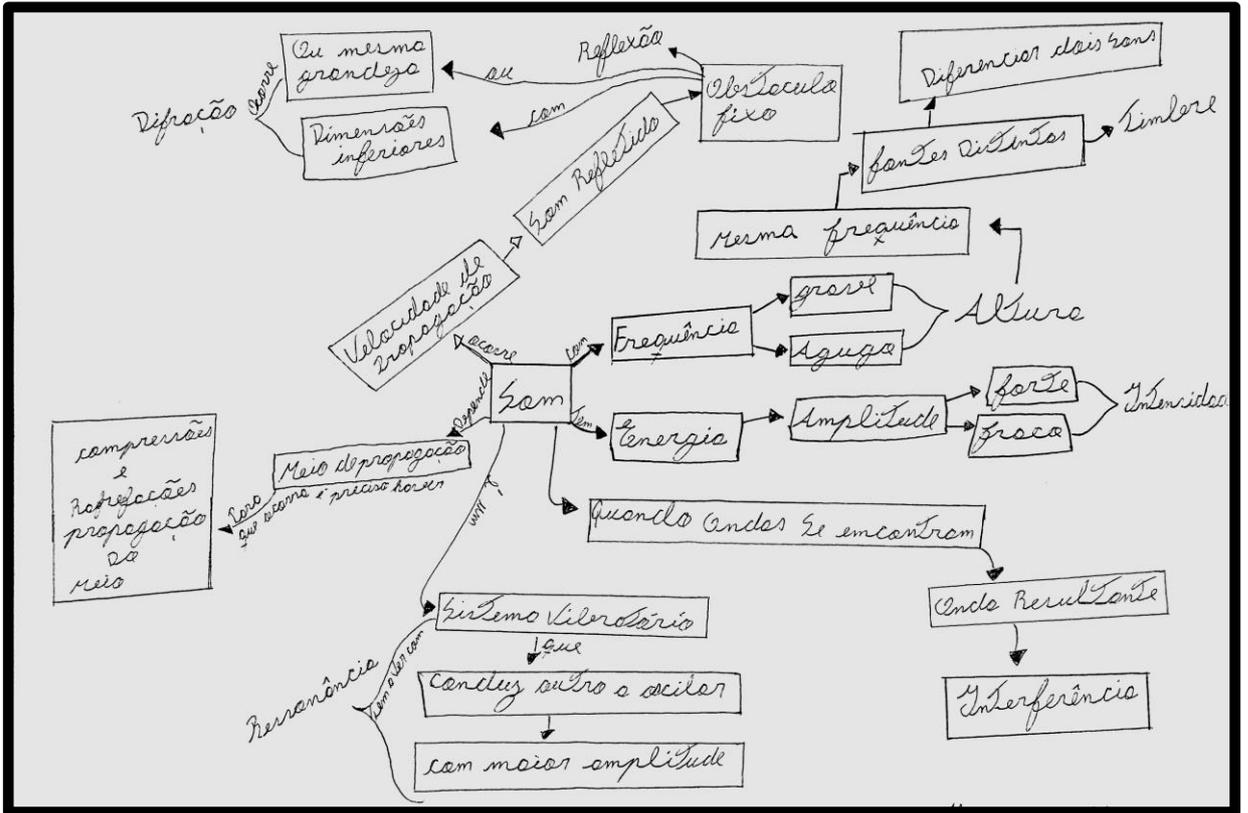
ANEXO I – MAPA CONCEITUAL ALUNO 10



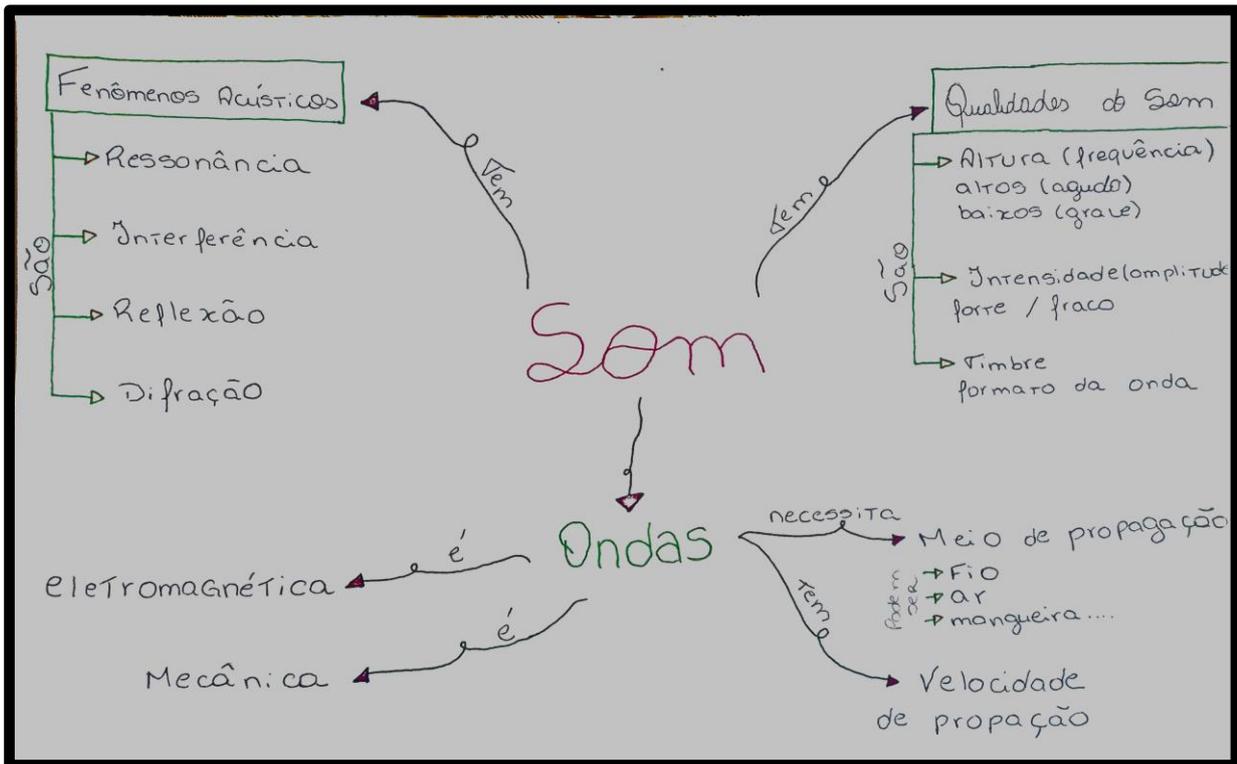
ANEXO J – MAPA CONCEITUAL ALUNO 11



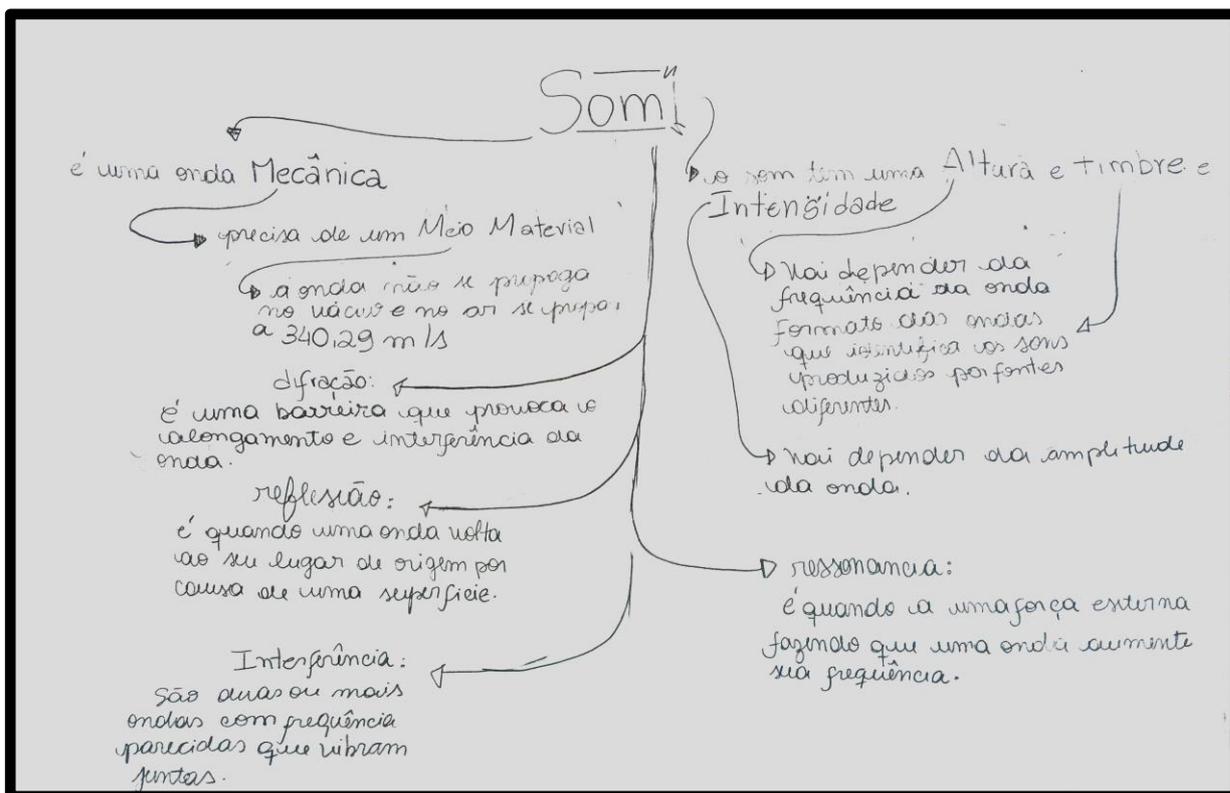
ANEXO K - MAPA CONCEITUAL ALUNO 12



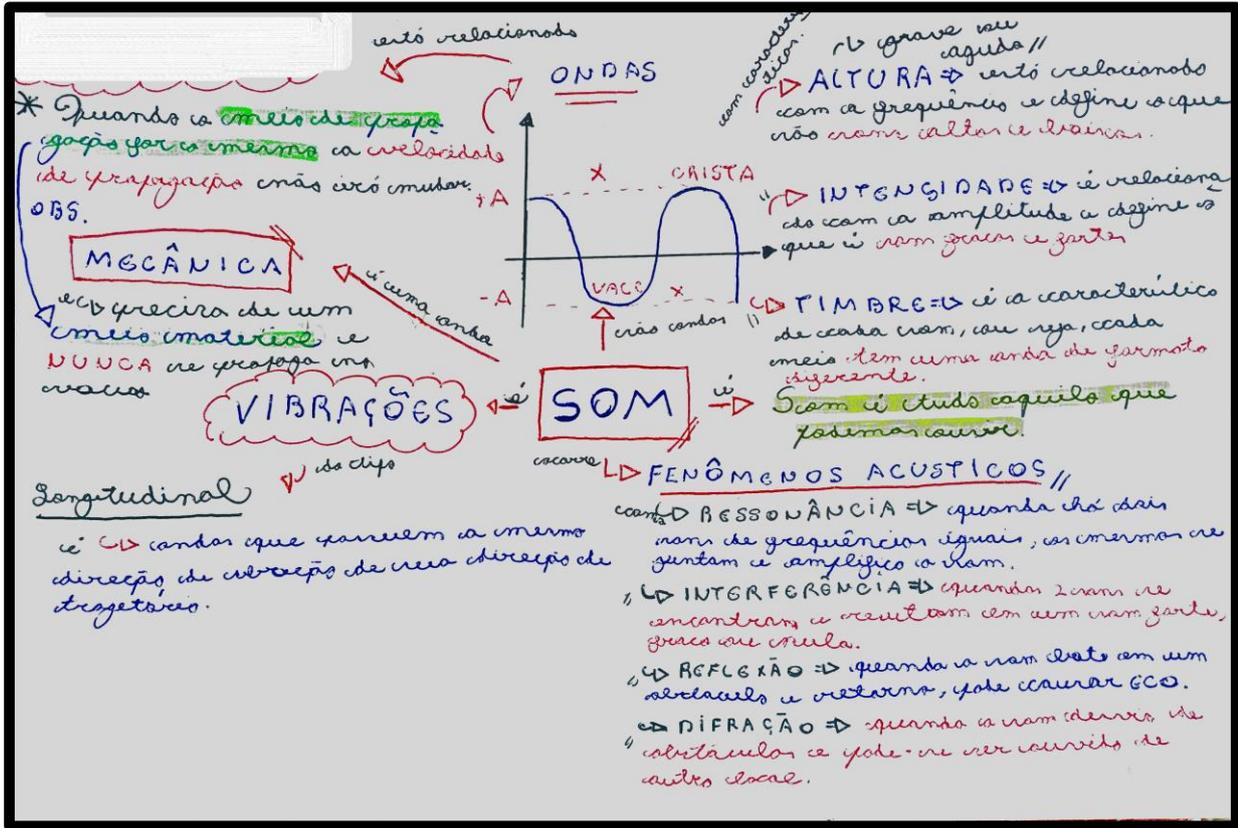
ANEXO L – MAPA CONCEITUAL ALUNO 14



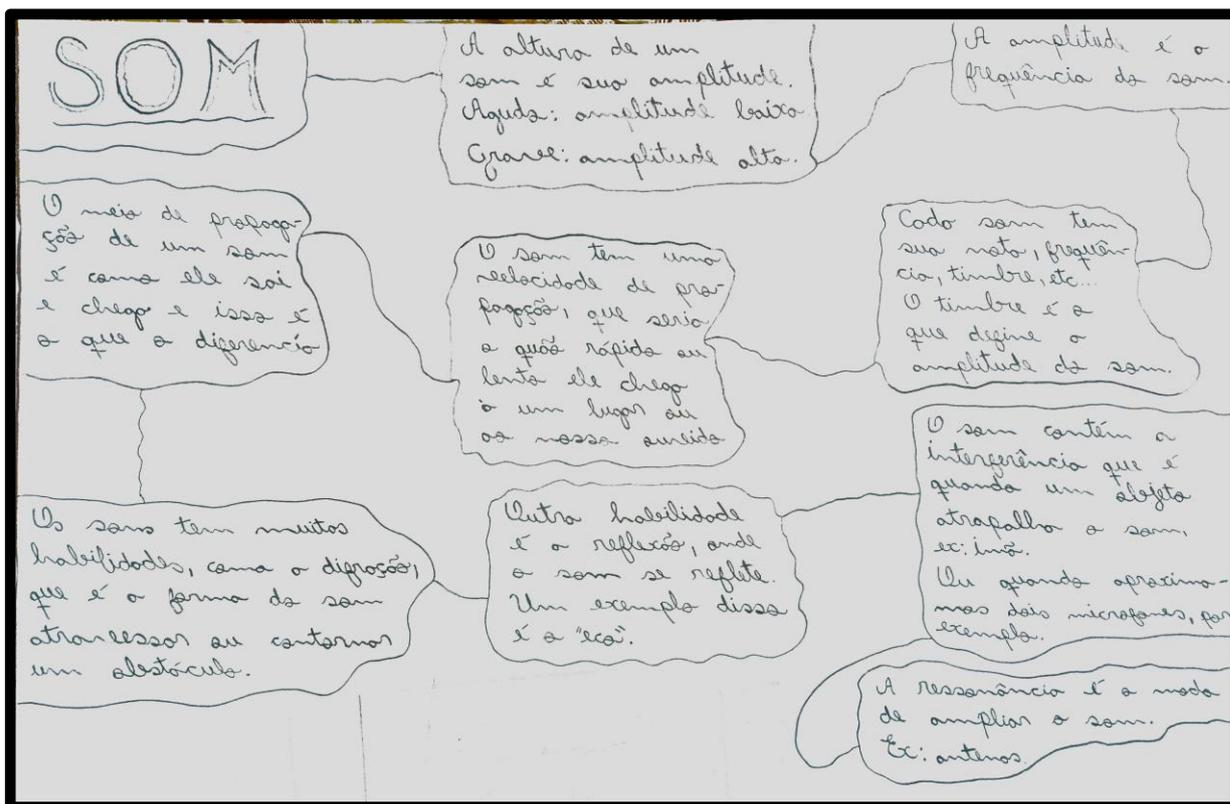
ANEXO M – MAPA CONCEITUAL ALUNO 15



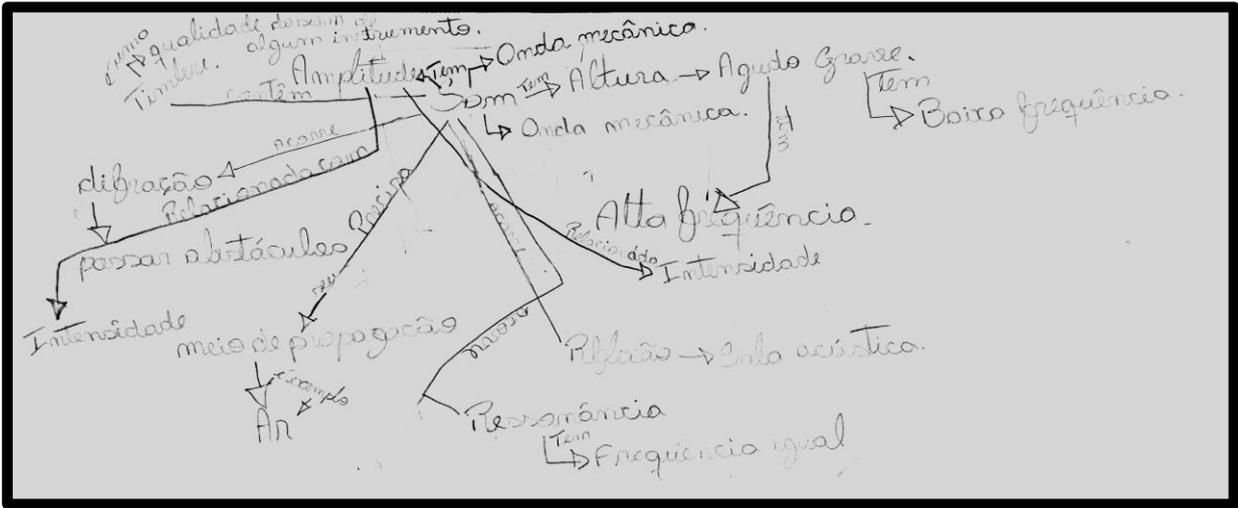
ANEXO N – MAPA CONCEITUAL ALUNO 16



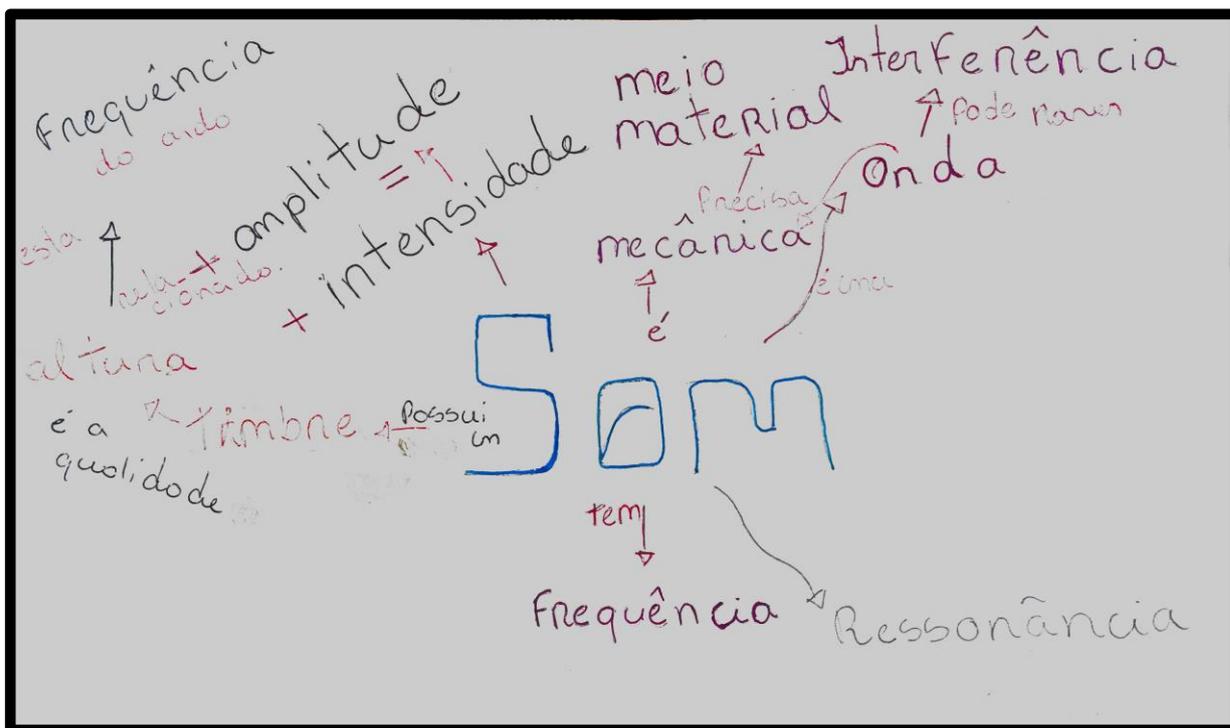
ANEXO O – MAPA CONCEITUAL ALUNO 17



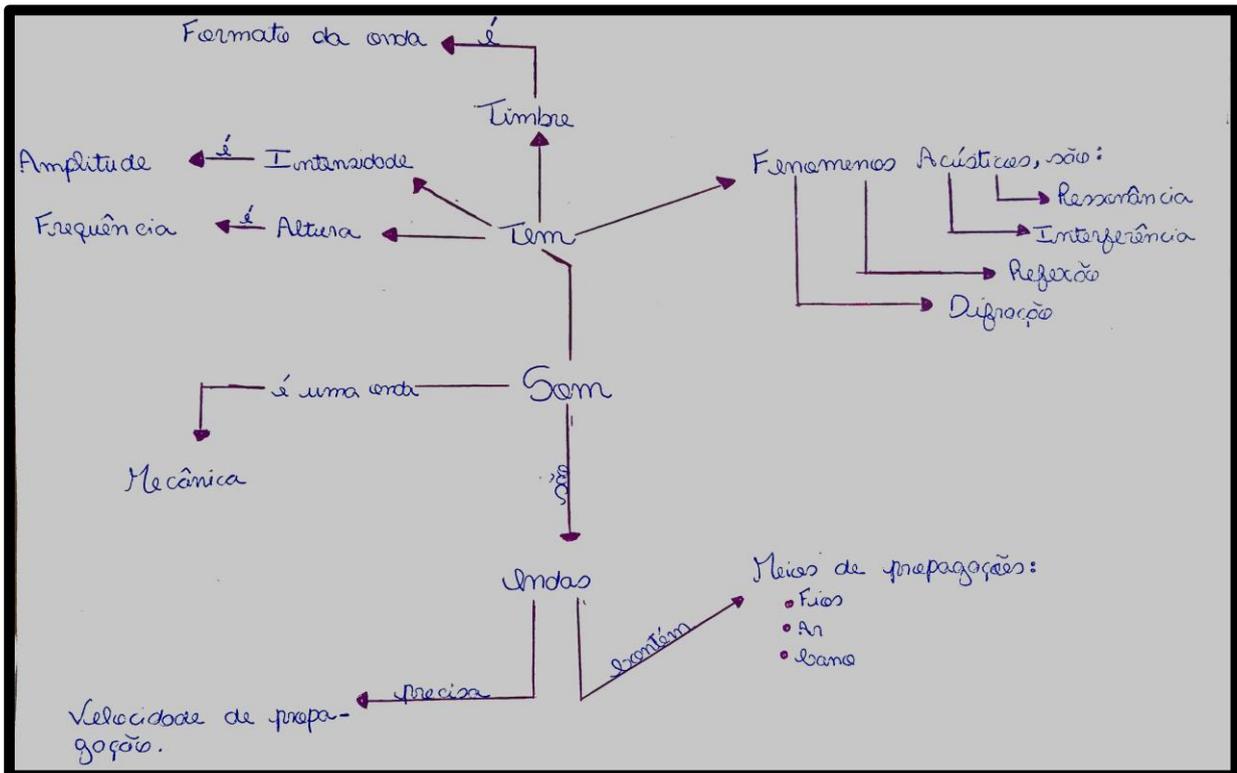
ANEXO P – MAPA CONCEITUAL ALUNO 18



ANEXO Q – MAPA CONCEITUAL ALUNO 19



ANEXO R – MAPA CONCEITUAL ALUNO 20



ANEXO S – MAPA CONCEITUAL ALUNO 21

