

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO ACADÊMICO AGRESTE

NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE

CURSO DE FÍSICA LICENCIATURA

LUCAS JOSÉ DA SILVA FILHO

**A MÚSICA E A APRENDIZAGEM DOS CONCEITOS DE ONDAS
SONORAS**

VIRTUS IMPAVIDA

CARUARU
2016

LUCAS JOSÉ DA SILVA FILHO

**A MÚSICA E A APRENDIZAGEM DOS CONCEITOS DE ONDAS
SONORAS**

Monografia apresentada ao
Curso de Física Licenciatura
da Universidade Federal de
Pernambuco – Centro
Acadêmico do Agreste, como
requisito parcial à obtenção do
título de graduado.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Kátia Silva Cunha

Co-Orientador: Prof. Dr. Augusto César Lima Moreira

CARUARU
2016

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier CRB/4 - 1242

S586m Silva Filho, Lucas José da.
 A música e a aprendizagem dos conceitos de ondas sonoras. / Lucas José da Silva Filho. – 2016.
 45f. il. ; 30 cm.

 Orientadora: Kátia Silva Cunha
 Coorientador: Augusto César Lima Moreira
 Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Licenciatura em Física, 2016.
 Inclui Referências.

 1. Física – Estudo e ensino. 2. Música. 3. Ondas sonoras. 4. Aprendizagem. I. Cunha, Katia Silva (Orientadora). II. Moreira, Augusto César Lima (Coorientador). III. Título.

371.12 CDD (23. ed.)

UFPE (CAA 2016-383)

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA NA
DISCIPLINA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

LUCAS JOSÉ DA SILVA FILHO

Título

*“A Música e a aprendizagem dos conceitos de Ondas
Sonoras”*

A comissão examinadora composta pelos professores: **KATIA SILVA CUNHA**, NFD/UFPE; **AUGUSTO CÉSAR LIMA MOREIRA** NICIT/UFPE e **KATIA CALLIGARIS RODRIGUES**, NFD/UFPE sob a presidência do primeiro, consideram o graduando **LUCAS JOSÉ DA SILVA FILHO**
APROVADO.

PAULO HENRIQUE RIBEIRO PEIXOTO
Coordenador do curso de Física - Licenciatura.

KATIA SILVA CUNHA
Orientador e 1º Examinador

AUGUSTO CÉSAR LIMA MOREIRA
Co-orientador e 2º Examinador

KATIA CALLIGARIS RODRIGUES
3º Examinador

Caruaru, 15 de dezembro de 2016.

Dedico,

À minha querida e amada
esposa, Raiane Géssica, por
está sempre ao meu lado,
minha grande companheira.

AGRADECIMENTOS

À Deus que iluminou o meu caminho durante esta caminhada.

Aos meus pais, Lucas José e Maria do Socorro, e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu pudesse concluir mais esta etapa em minha vida.

À minha Professora orientadora, Kátia Cunha, pela disposição, dedicação e colaboração desde o início do trabalho e principalmente pela sincera amizade.

Ao meu co-orientador, Augusto César, pelas dicas e conselhos durante a realização deste trabalho.

Ao professor, Paulo Davi, “in Memoriam”, a quem desejo expressar meu carinhoso agradecimento pelos ensinamentos. Ele que era uma pessoa generosa, que tinha o dom de ensinar com simplicidade.

Ao meu amigo, Pe. José Marcos, pela amizade e apoio durante o início da minha vida de estudos.

À Pedro Mota, Diretor Regional dos Correios em Pernambuco, pela ajuda no pleito, concessão de férias, por mim solicitado. Graças a sua assistência foi possível concluir meu trabalho.

Ao professor, José Arnaldo, pela disponibilidade e apoio durante a realização das intervenções na escola.

À todos os meus professores, que foram tão importantes na minha vida acadêmica.

Aos meus amigos e colegas, pelo incentivo e apoio constante.

RESUMO

Uma grande dificuldade enfrentada por professores de Física é a falta de motivação e interesse de seus alunos, para quem a disciplina parece muito distante do cotidiano. O tema desse trabalho vem trazer a relação entre a Física e a Música, como uma forma de contornar essa dificuldade acerca da aprendizagem de ondas sonoras. Para além disso busca-se compreender as contribuições que essa relação proporciona para a aprendizagem do conceito de onda sonora fazendo uso da interdisciplinaridade Física-Música. A inter-relação foi possível ser identificada em vários conceitos, entre eles, o de altura, intensidade e timbre na Música, e os de frequência, amplitude e superposição de ondas (forma da onda) na Física. Para a realização da pesquisa, foi realizado inicialmente um Minicurso de Introdução à Música com alunos do 2º ano C, grupo experimental, e posteriormente foram ministradas aulas de ondas sonoras para o grupo experimental e para o 2º ano D, grupo controle. Durante todas as intervenções houve observações e discussões com os alunos tanto do grupo controle como do grupo experimental. Por fim, foi aplicada uma entrevista semiestrutura para cinco alunos de cada grupo. Na análise das respostas dos participantes investigados foi possível verificar que houve um maior aprendizado por parte do grupo experimental em relação ao grupo controle, que não teve um trabalho introdutório com a Música.

Palavras chave: Física-Música, Ondas sonoras, Aprendizagem significativa.

ABSTRACT

A major difficulty faced by physics teachers is the lack of motivation and interest of their students, for whom discipline seems very distant from everyday life. The theme of this work is to bring the relationship between Physics and Music as a way to overcome this difficulty about the learning of sound waves. In addition, it seeks to understand the contributions that this relationship provides to the learning of the concept of sound wave making use of the interdisciplinary Physics-Music. The interrelationship was possible to be identified in several concepts, among them, the one of height, intensity and timbre in Music, and those of frequency, amplitude and superposition of waves (wave form) in Physics. To perform the research, a mini-course of Introduction to Music with students of the 2nd year C, experimental group, was conducted initially and later classes of sound waves were given for the experimental group and for the second year D, control group. During all the interventions there were observations and discussions with the students of both the control group and the experimental group. Finally, a semistructure interview was applied to five students from each group. In the analysis of the answers of the investigated participants it was possible to verify that there was a greater learning by the experimental group in relation to the control group, that did not have an introductory work with the Music.

Key words: Physical-Music, Sound waves, Significant learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – O espectro eletromagnético	14
Figura 2 –Curva senoidal movendo se horizontalmente com velocidade constante.....	15
Figura 3 – As formas de onda (a) um oboé, (b) uma clarineta.....	21
Figura 4 – O Som Composto.....	22
Figura 5 – Estrutura do ouvido com a cóclea desenrolada.....	23
Tabela 1 - Alguns níveis Sonoros (dB).....	20
Quadro 1- Última pergunta norteadora para a entrevista dirigida ao grupo experimental.....	39
Quadro 2- Última pergunta norteadora para a entrevista dirigida ao grupo controle.....	39

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
1.1 ONDAS	13
1.2 ONDAS SONORAS	16
1.3 AUDIÇÃO	22
1.4 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	24
1.5 APRENDIZAGEM DA FÍSICA	26
1.6 MÚSICA E FÍSICA	27
2 METODOLOGIA	29
2.1 MINICURSO DE INTRODUÇÃO À MÚSICA	31
2.2 AULAS MINISTRADAS	33
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
REFERÊNCIAS	43
APÊNDICE A – ENTREVISTA SEMIESTRUTURA DIRIGIDA AOS ALUNOS	45

INTRODUÇÃO

A Música está presente entre os mais diversos espaços e fases da nossa vida, diante disto nos questionamos sobre a possibilidade de utilizá-la como ferramenta de motivação e aprendizagem para os conceitos de ondas sonoras. O trabalho com a música possibilita ainda que os sujeitos façam importantes relações entre a arte e a ciência, como pode ser visto em Conceição *et al* (2009, p.1) ao pontuar que “A relação Física-Música é bastante rica no sentido de poder explorar vários conceitos importantes da física através do estudo da música.”.

Há conceitos da música que são familiares aos da física, como o som, a intensidade, a altura, o timbre, entre outros, os quais compreendem uma vasta área de conhecimento. Estes conceitos podem servir de subsunçores que segundo Ausubel *et al* (1980) seriam um conhecimento pré-existente na estrutura cognitiva do aluno. Desse modo, inferimos que seria possível, tendo o discente conhecimento em música, relacionar um novo conhecimento da física ao conhecimento pré-existente. Dessa forma, acreditamos que as possibilidades do discente apreender de forma significativa são ampliadas, pois a interação entre o conhecimento anterior e o novo conhecimento é fortemente notada.

Nessa perspectiva, Ausubel *et al* (1980), demarca que a aprendizagem significativa ocorre quando um novo conhecimento relaciona-se de modo não aleatório com outro conhecimento pré-existente na estrutura cognitiva do educando.

Dessa forma, além de utilizar a Música como ancoradouro para o aprendizado da física, enfatizar esta proximidade e estudar essas relações pode motivar o estudo pela ciência podendo ajudar os alunos a uma deslocação do gosto musical para os conteúdos da acústica trazendo assim grandes benefícios para as aulas de física, pois acreditamos que poderia haver estudantes mais motivados e curiosos em descobrir a física do cotidiano e a física que os rodeiam.

Para orientar o rumo da pesquisa, formulamos a seguinte questão, que permitiu-nos uma visão mais desafiadora da relação entre Física-Música: Quais as

contribuições que a utilização da música pode trazer para a aprendizagem do conceito de ondas sonoras?

Essa questão nos coloca a problemática da construção do conhecimento escolar. No processo de construção do conhecimento na escola, o conhecimento conceitual ao passar dos anos letivos, vai ganhando mais relevância, se sobrepondo aos processos perceptivos chegando ao ponto de quase o mesmo se extinguir no ensino médio. Tendo como “penalidade” para o ensino um conhecimento na maioria das vezes artificial e sem sentido, justamente o que é notado nas aulas de física e em particular, com o conteúdo ondas sonoras, o qual é objeto deste presente trabalho.

As atividades perceptivas vão sendo gradualmente substituídas por atividades de interpretação e sistematização conceitual. E nas séries mais avançadas, a dimensão perceptiva do conhecimento é praticamente ignorada, como se nesse estágio do desenvolvimento ela já estivesse plenamente desenvolvida. É como se o desenvolvimento perceptivo fosse importante somente no âmbito das atividades infantis, sendo desnecessário na formação posterior do aluno. (GRANJA, 2006, p.16).

Para suprir essa lacuna é proposto um ensino que relacione Física-Música, já que a Música é por natureza um conhecimento em que a percepção desempenha um papel central. Por isso, nos questionamos se sua adição junto às aulas de física poderia contribuir para proporcionar um maior desenvolvimento perceptivo dos alunos, afinal “A música é uma linguagem que fala diretamente aos sentidos e, por essa razão, está intimamente ligada à percepção” (GRANJA, 2006, p.16).

Sendo assim, definimos como objetivo geral do nosso trabalho:

- Compreender quais as contribuições da música para a aprendizagem do conceito de ondas sonoras.

E como objetivos específicos:

- Relacionar a Física à Música identificando os vários conceitos importantes desta relação;
- Utilizar a Música como subsunçor para aprendizagem significativa em ondas sonoras verificando seu uso para a compreensão e visualização dos fenômenos físicos.

Dessa forma, o presente trabalho foi assim organizado: no primeiro capítulo trataremos da fundamentação teórica abordando os conteúdos de onda, ondas sonoras e sobre o aparelho auditivo humano. Além de conteúdos sobre a aprendizagem, aprendizagem em física e sobre a relação Física-Música. No segundo capítulo trataremos da metodologia, portando a forma como foi respondido o objetivo geral e objetivos específicos e por fim no capítulo 3 a análise e discussão dos resultados onde iremos discutir os dados da pesquisa.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 ONDAS

As ondas fazem parte de uma importante área da Física que se ocupa em estudar tanto a sua formação como a sua propagação por diferentes meios ou até mesmo no vácuo. Entende-se como sendo a onda um abalo ou perturbação que se propaga no vácuo ou em um meio qualquer. Sendo a mesma ao se propagar por um meio uma energia que é transferida através das partículas da matéria sem, no entanto, ocorrer o próprio deslocamento efetivo do material. Isso pode ser visto na afirmação de Nussenzveig (2002, p.98) ao pontuar que “Em geral, fala-se de onda quando a transmissão do sinal entre dois pontos distantes ocorre sem que haja transporte direto de matéria de um desses pontos ao outro”.

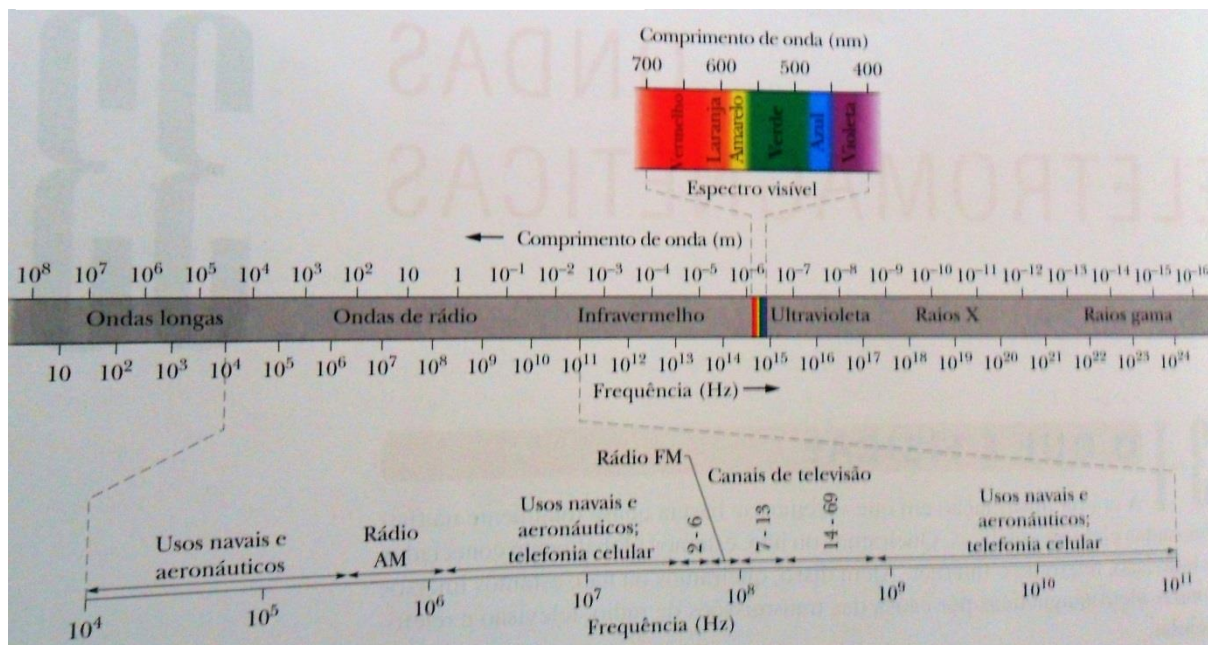
Em relação à direção de propagação da onda, pode-se classificá-la em: transversal na qual os pontos do meio oscilam perpendicularmente a propagação da onda ou longitudinais. Nessa, os pontos do meio oscilam na mesma direção, paralela à propagação da onda. Lembrando sempre que é a onda que se locomove e não o meio material.

Pode-se também classificar as ondas quanto a sua natureza pela qual teremos a onda mecânica e a onda eletromagnética. A primeira trata-se de ondas que necessitam de um meio material para a sua propagação sendo exemplos disso a água, o ar, o solo dentre outros. Ao considerar que as ondas mecânicas são as mais conhecidas em nosso dia-a-dia, podemos encontrá-las, por exemplo, no pulso da corda ou em uma mola, nas ondas do mar e nas ondas sonoras. A segunda se refere as ondas que não necessitam de um meio material para se propagar correspondendo a variações no campo elétrico e no campo magnético, podendo assim inclusive se propagar no vácuo. É o caso das ondas de rádio, ondas caloríficas, raios x e a luz, conforme podemos visualizar na figura 1.

Quanto ao seu grau de liberdade para propagação, podemos classificar a onda em: unidimensional, bidimensional e tridimensional. Na unidimensional a onda se propaga em uma única dimensão (1D). Já na bidimensional se propagam em

duas dimensões (2D), ou seja, em uma superfície. Na tridimensional, as ondas se propagam em três dimensões (3D) que é justamente a propagação do som no ar.

Figura 1 – O espectro eletromagnético



Fonte: HALLIDAY, 2013, p.02.

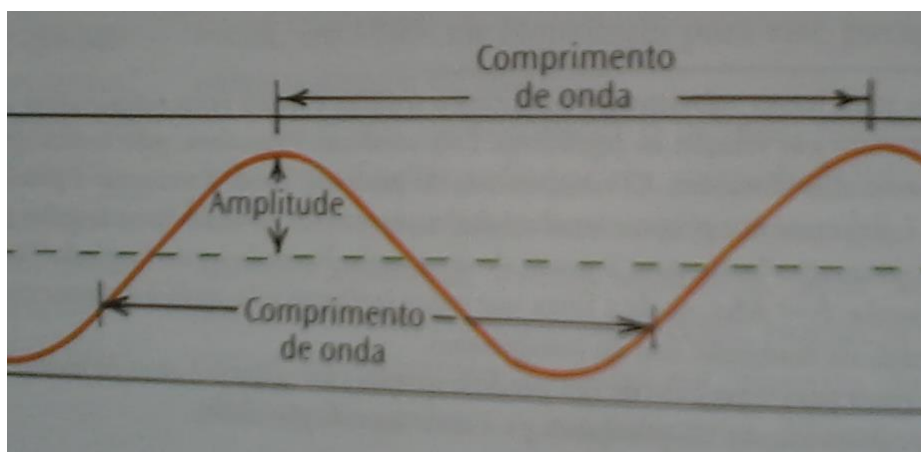
Para efeitos de estudo, a onda vai ser considerada como um pulso de mesmo tipo, possuindo assim a mesma velocidade de propagação, considerando para isso o meio não dispersivo, no qual toda a energia da onda seria conservada. Sendo assim segundo Mario Bunge nosso objeto-modelo, uma forma de representar parcialmente a realidade. Depois de feitas estas observações os elementos da onda podem ser definidos em *período* (τ); *frequência* (f); *comprimento de onda* (λ); *amplitude* (A) e *velocidade de propagação* (v).

O período (τ) seria o intervalo de tempo para a repetição de um mesmo fenômeno, enquanto a frequência (f) representa o número de repetição por unidade de tempo, podendo a frequência ser relacionada com o período pela seguinte expressão:

$$f = \frac{1}{\tau} \quad (I)$$

O comprimento de onda (λ), outro importante elemento das ondas, pode ser definido como a distância (paralela à direção de propagação da onda) percorrida quando o intervalo de tempo decorrido é o período, conforme pode ser visto na figura 1, considerando que a velocidade é constante. A elongação seria o afastamento de um ponto qualquer em relação ao ponto de equilíbrio, sendo assim a amplitude (A) a elongação máxima ocorrida pela onda também denominada de crista da onda, como pode ser visto na figura 2.

Figura 2 – Curva senoidal movendo se horizontalmente com velocidade constante



Fonte: HEWITT, 2011, p. 340.

A velocidade de propagação (v) ao considerar o meio não dispersivo a velocidade de propagação é constante. Seu deslocamento acontece a uma distância igual ao comprimento de onda (λ) em um período de oscilação (τ) podendo a eq. II demonstrar essa relação. Sabendo ainda que a equação II é válida para todos os tipos de ondas independente do meio que a onda se propague.

$$v = \frac{\lambda}{\tau} = \lambda \cdot f \quad (II)$$

A velocidade de propagação é característica do meio, como afirma Nussenzveig (2002, p.105) “A velocidade de onda é tanto maior quanto maior a tensão e menor a inércia (massa por unidade de comprimento) como seria de esperar”. Aprofundando mais um pouco essa relação, pode-se dizer que a onda é inversamente proporcional a raiz quadrada da inércia (μ), massa específica linear, e diretamente proporcional a raiz quadrada da força tensora (F_t), assim, foi formulada a equação III das cordas vibrantes, obtida por Euler e D'Alembert.

$$v = \sqrt{\frac{F_t}{\mu}} \quad (\text{III})$$

1.2 ONDAS SONORAS

As ondas sonoras estão intimamente relacionadas com as pessoas através dos sons percebidos em sua volta (sons da natureza, sons urbanos, sons de utensílios domésticos, aparelhos eletrônicos e todos os outros sons que nos rodeiam). Para fazer o estudo científico dos sons utiliza-se a acústica que é um ramo da física que se ocupa em estudar o som.

O som é uma onda mecânica que se propaga por um meio material elástico, podendo ser líquido, sólido ou gasoso que tem o poder de sensibilizar nossa audição. Sabendo também que o som é uma onda longitudinal e suas vibrações ocasionam uma série de compressões e rarefações no meio por onde se deslocam.

Em relação às propriedades da onda sonora, a velocidade de propagação depende do meio se comportando de forma particular em cada um deles. Nos sólidos pelo fato das partículas se encontrarem mais próximas umas das outras a onda se desloca com uma velocidade mais elevada se comparada ao deslocamento nos líquidos que por sua vez se deslocam mais rapidamente que nos gases pelo mesmo motivo anteriormente mencionado. Assim, para a onda sonora $V_{\text{Sólidos}} > V_{\text{Líquidos}} > V_{\text{gases}}$ não se propagando no vácuo como observado por Robert Boyle em

1660 ao fazer um experimento no qual o som de uma campainha era tocada dentro de um recipiente no qual se produz vácuo e ela deixa de ser ouvida.

Sendo a velocidade do som no fluido, dada pela equação IV escrita logo abaixo:

$$V = \sqrt{\left(\frac{\partial P}{\partial \rho}\right)_0} \quad (\text{IV})$$

Sendo P e ρ os valores da pressão e da densidade respectivamente na presença da onda. E 0 na equação IV indica que a derivada é calculada em torno dos valores de equilíbrio. Conforme Nussenzveig (2002, p.124) “Numa onda, as variações de pressão e densidade são extremamente pequenas em relação aos valores de equilíbrio dessas grandezas, ou seja, a onda constitui uma pequena perturbação”.

Em 1816, Laplace explicou corretamente a velocidade do som em um gás (V_g). Para ele “as Compressões e expansões numa onda sonora são tão rápidas que não dá tempo para que a temperatura se uniformize: não chega a haver trocas de calor, ou seja, o processo é adiabático.” (NUSSENZVEIG, 2002, p.128).

Como sabemos em um processo adiabático,

$$V_g = \sqrt{\left(\frac{\partial P}{\partial \rho}\right)_{S,0}} = \sqrt{\gamma \frac{P_0}{\rho_0}} \quad (\text{V})$$

Sendo, P_0 e ρ_0 os valores não perturbados (de equilíbrio) da pressão e da densidade respectivamente. E γ a razão do calor específico do gás a pressão constante ao seu calor específico a volume constante. Significando S que o processo é adiabático e reversível.

Se recorrermos à lei dos gases perfeitos, mesmo tendo em vista que se trata de aproximação e não da descrição da realidade,

$$PV = nRT \quad (\text{VI})$$

Sendo n o número de moles e R a constante universal dos gases. Sabendo que o número n de moles é $n = M/m$, de modo que M é a massa de gás e m é a massa molecular do gás. Ficaremos com a seguinte expressão:

$$PV = \frac{M}{m}RT \Rightarrow P = \frac{M}{\underbrace{V}_{\rho}} \frac{RT}{m} \Rightarrow \frac{P}{\rho} = \frac{RT}{m} \quad (\text{VII})$$

Substituindo a equação VII em V ficaremos com a seguinte expressão,

$$V_g = \sqrt{\frac{\gamma RT}{m}} \quad (\text{VIII})$$

podendo perceber que a velocidade de propagação da onda nos gases cresce com a raiz da temperatura absoluta (T) sendo ela também inversamente proporcional a raiz quadrada da massa molecular do gás (m).

Outra importante característica da onda sonora é a sua reflexão ocorrendo quando a onda bate em um obstáculo e retorna ao meio de origem. Podendo originar dois interessantes fenômenos chamados eco e reverberação. O primeiro consiste de uma repetição do som percebido pelos nossos ouvidos como mostra o seguinte exemplo: imaginemos um observador estando junto a uma fonte sonora e esta emite um som e o mesmo reflete em um obstáculo a uma distância aproximadamente igual ou maior que 12 m, valor obtido por Costa (2003) levando em conta que o som permanece em nossos ouvidos 1/15 s, escutaremos assim uma repetição do mesmo som como afirma Costa (2003, p.43) “Esse fenômeno deve-se ao fato de que o órgão auditivo humano tem capacidade integradora, dando uma sensação auditiva definida para os sons que atingem o ouvido durante o intervalo de tempo de 1/15 de segundo”. O segundo fenômeno, portanto é evidenciado quando o intervalo de tempo entre o som direto e o som refletido é menor que 1/15 segundos causando assim um aumento na duração do som escutado. Sabendo que a velocidade de propagação do som no ar, à temperatura de 20°, é aproximadamente 340 m/s.

Outra interessante característica da onda sonora é a refração que ocorre quando o som passa de um meio de propagação para outro ou no mesmo meio quando há uma diferença de temperatura, mudando assim a sua velocidade e a sua direção. Já a difração é ocasionada quando a onda sonora contorna obstáculos e fendas e consegue atingir regiões onde não seria possível alcançar caso se propagasse apenas em linha reta. Quanto à polarização, ela não é uma característica de onda sonora, pois a onda sonora é uma onda longitudinal e as únicas ondas polarizadas são as ondas transversais.

No tocante às qualidades fisiológicas da onda sonora, a altura é aquela que está relacionada à frequência da onda permitindo distinguir o som alto, aquele em que a frequência é maior e é conhecido como agudo, do som baixo no qual a frequência é menor e é conhecido como grave. A relação entre altura e frequência foi comprovada experimentalmente por Hooke em 1681, apertando um cartão contra os dentes de uma roda dentada em rotação. Com isso, chegou-se a conclusão de que quanto mais rápido a rotação, mais agudo seria o som produzido.

Ainda em relação à altura ou frequência existem as notas musicais que possuem frequências constantes o qual afirma Nussenzveig (2002, p.132) “As notas musicais correspondem a sons com certas frequências bem determinadas, obedecendo a convenções estabelecidas no decurso da história.”. Em contra partida temos o ruído, sons com frequências variáveis, sendo assim um padrão irregular de ondas sonoras. A execução de alturas diferentes no transcorrer de um tempo é o que chamamos de melodia é como levar o som “a um passeio em um balanço” variando assim a sua altura.

É constatado ainda que o ser humano apenas consegue ouvir em uma determinada faixa do espectro sonoro variando de pessoa pra pessoa e para a mesma pessoa varia com a idade. A essa determinada faixa do espectro chamamos de sons audíveis que está compreendida entre os 20 Hz (som muito grave) e os 2×10^4 Hz (som muito agudo). Abaixo de 20 Hz chamamos de infrassons e acima de 2×10^4 Hz chamamos de Ultrassons.

Outra considerável qualidade fisiológica da onda sonora é a Intensidade (I), a ela está relacionada à amplitude (A) que é o principal determinador para o volume do som permitindo distinguir assim se o som é forte ou fraco, embora seja muito particular do ouvinte. Conforme podemos visualizar na equação IX, no qual a intensidade (I) da onda é proporcional ao quadrado da amplitude (A), mas também dependendo do quadrado da frequência (ω) e da velocidade (V).

$$I = \frac{1}{2} \mu V \omega^2 A^2 \quad (\text{IX})$$

A intensidade (I) se trata da energia que atravessa uma área unitária, perpendicular à direção de propagação, por unidade de tempo, dependendo não só da amplitude da sua onda mais também da sua frequência. Outra particularidade

percebida é que a intensidade do som varia com a distância de uma forma bastante complexa. Para efeito de estudos podemos utilizar o objeto modelo, como forma de representar o objeto-real de forma bastante simplória em casos particulares, no qual a intensidade do som será emitida por uma fonte pontual isotrópica, ou seja, que emite o som com a mesma intensidade em todas as direções formando assim uma esfera imaginária de raio r . Sendo assim a intensidade I da onda sonora é dada por

$$I = \frac{P_s}{4\pi r^2} \quad (X)$$

Onde P_s é a potência da fonte e $4\pi r^2$ é a área da esfera imaginária.

Cotidianamente é muito mais comum utilizarmos ao invés da intensidade (I) o nível sonoro (β) que é medido em decibéis (dB) em homenagem a Alexander Graham Bell, definido através da equação X.

$$\beta = (10 \text{ dB}) \log \frac{I}{I_0} \quad (XI)$$

Sendo I_0 uma intensidade de referência (10^{-12} W/m^2).

Logo a seguir na tabela 1 será possível visualizar os níveis sonoros medidos em decibéis com situações do cotidiano da maioria das pessoas.

Tabela 1 - Alguns níveis Sonoros (dB)

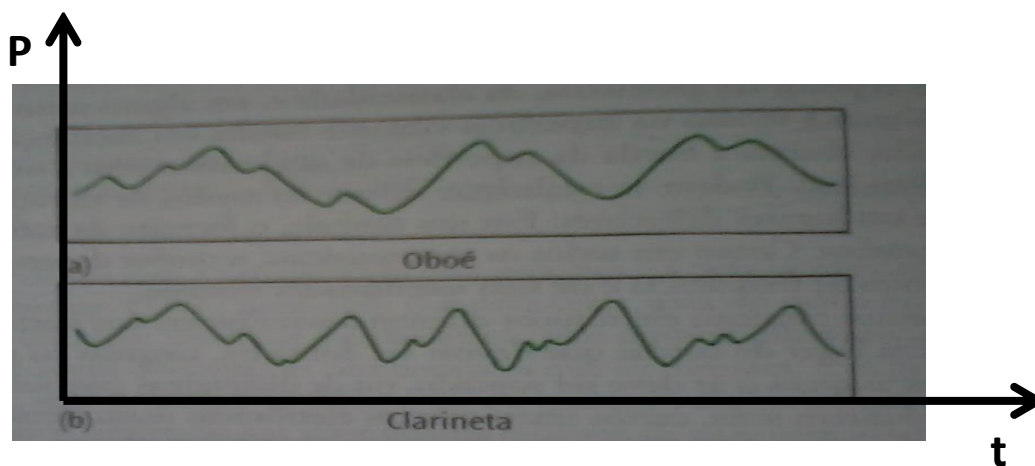
Limiar de audição	0
Farfalhar de folhas	10
Conversa	60
Show de rock	110
Limiar de dor	120
Turbina a jato	130

Fonte: HALLIDAY, 2013, p. 160.

Por fim, temos uma intrigante característica das ondas sonoras que nos faz distinguir dois sons de mesma intensidade e altura, sendo emitidos por fontes

diferentes. Devido à qualidade da onda sonora ao qual se denomina de timbre que mesmo não vendo o instrumento podemos reconhecer o som de uma clarineta de um som de um oboé, por exemplo. É como se cada instrumento possuísse uma “cor” própria, ou no caso físico um formato diferente de onda como pode ser visto na figura 3.

Figura 3 – As formas de onda (a) um oboé, (b) uma clarineta.

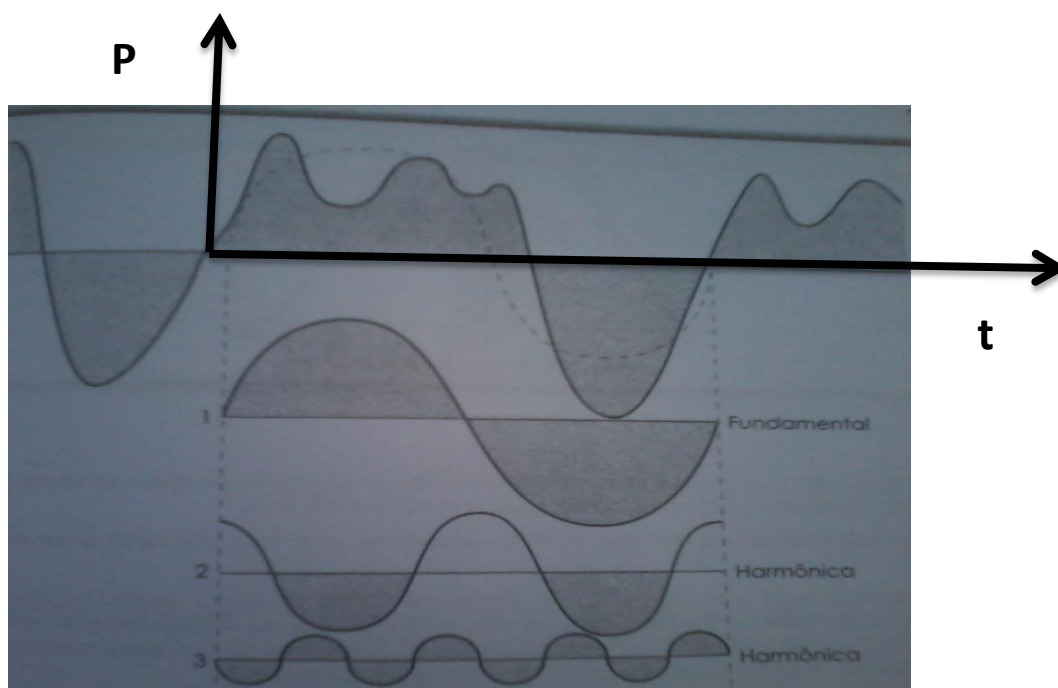


Fonte: HEWITT, 2011, p. 378.

O timbre se relaciona diretamente com a composição harmônica da onda sonora, pois junto com o som fundamental cada instrumento ou fonte sonora emite ao mesmo tempo vários harmônicos diferentes conforme podemos visualizar na figura 4. Assim, o que difere um timbre do outro são os diferentes componentes de Fourier, isto é, superposição de ondas com frequências múltiplas da fundamental, distribuídos com diferentes amplitudes. Seria como decompor sons complexos em simples, baseado no teorema de Fourier, o qual nos assegura que:

Qualquer movimento periódico independentemente de sua forma, de sua natureza específica ou do modo pelo qual teve origem, pode ser reproduzido exatamente, compondo-se um certo número de movimentos simples, cujas relações de frequências são números inteiros. (COSTA, 2003, p.07).

Figura 4 – O Som Composto



Fonte: COSTA, 2003, p.07.

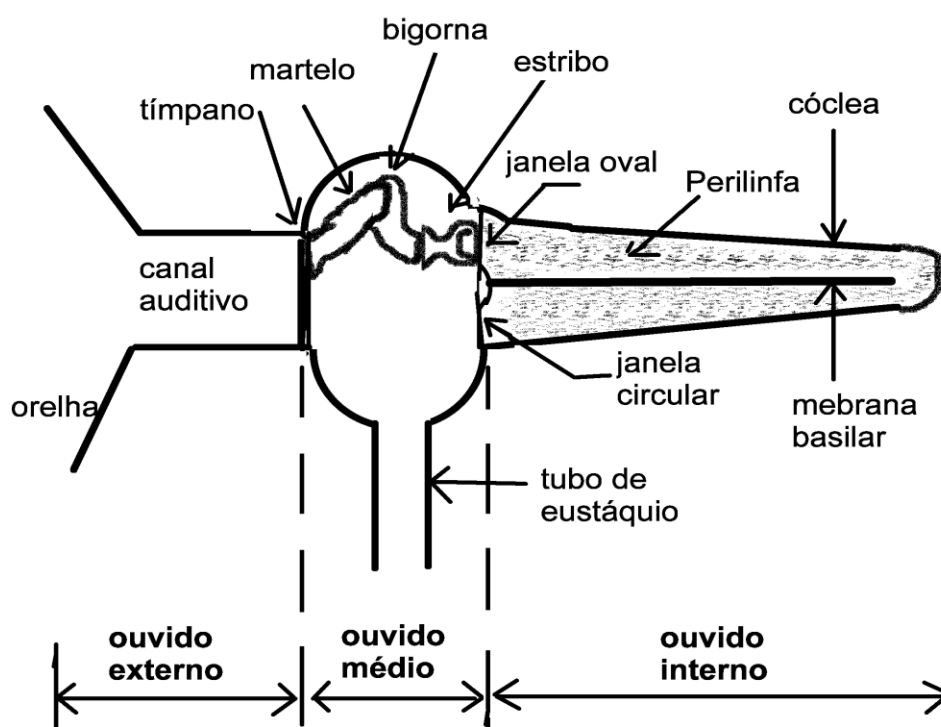
1.3 AUDIÇÃO

As ondas sonoras penetram no *ouvido externo* através da orelha e do canal auditivo em direção à parte interna onde colidem com o tímpano, membrana que separa o ouvido externo do ouvido médio, pondo-a a vibrar de forma semelhante à membrana do alto-falante. As vibrações do tímpano são então transmitidas ao sistema de alavancas do ouvido médio composta pelos três ossículos: martelo, bigorna e o estribo. O tímpano está conectado ao martelo e este a bigorna e que sua vez se conecta ao estribo interligando por fim a outra membrana chamada de janela oval. É importante dizer que estas conexões não são rígidas, fazendo assim propagar as vibrações do tímpano, de forma mecânica, até a janela oval.

Desta forma, as vibrações sentidas pela janela oval são transmitidas ao ouvido interno mais precisamente a cóclea, cuja forma lembra um caracol mostrado na fig. 5 de forma estendida para melhor visualização, composta “[...] por um fluido incompressível chamado perilinfa, e dividida ao meio em sua largura por uma repartição chamada membrana basilar” (LAZZARINI, 1998, p. 33). Em relação à

membrana basilar sabemos que são sensíveis a diferentes frequências puras, funcionando assim como um mecanismo seletivo ao nível de frequências devido à variação de sua espessura. Sendo a extremidade, próxima à base da cóclea, mais fina e sensível a sons mais agudos, já ao longo de sua extensão ela vai se tornando mais espessa e mais sensível a sons mais graves. Mencionando ainda que a membrana basilar também é responsável, através de suas milhares de conexões nervosas que se conectam ao nervo auditivo, por transmitir, na forma de impulso elétrico, a informação ao cérebro.

Figura 5 – Estrutura do ouvido com a cóclea desenrolada



Fonte: LAZZARINI, 1998, p.34

Tendo apresentando de forma não exaustiva o conteúdo sobre ondas, abordaremos nesse momento a segunda categoria de nossos estudos: A Aprendizagem Significativa, a fim de estabelecermos a sua relação com a aprendizagem em física.

1.4. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Cotidianamente, é visto o emprego do termo *aprendizagem significativa* sem nenhuma ou quase nenhuma menção ou reflexão acerca da teoria proposta inicialmente por David Ausubel (1963) que posteriormente agregou contribuições de Novak, Gowin, Moreira, dentre outros.

Assim, partimos do princípio que a teoria da aprendizagem significativa tem suas raízes fincadas no solo cognitivista, pois para além da busca por explicações sobre o processo de aprendizagem, a referida teoria reconhece, como aponta Moreira (2011, p.15), a importância da “[...] atribuição de significados, da compreensão, transformação, armazenamento e uso da informação envolvida na cognição.”.

Estabelecidas suas origens, é possível conhecer o ímo dessa teoria, sabendo que para Ausubel (1980) a aprendizagem significativa se dá quando o aprendiz relaciona de maneira não arbitrária e substantiva o novo conhecimento com o existente na sua estrutura cognitiva. Desse modo, respectivamente essa relação se dá com determinados conceitos importantes para a aprendizagem e não com qualquer termo, relacionando-se com o significado das palavras com o que ela representa para o sujeito e não com a literalidade da mesma. Essa relação se configura com aspectos relevantes, uma vez que “[...] a estrutura cognitiva considerada como uma estrutura de subsunções inter-relacionados, hierarquicamente organizados e uma estrutura dinâmica” (MOREIRA, 2012, p.20).

Na teoria cognitivista de David Ausubel os subsunções tem um lugar ímpar sendo por ele considerado como o fator mais importante para a aprendizagem. Nessa perspectiva, esse teórico afirma que “[...] se tivéssemos que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio diríamos que o fator singular mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe, descubra

isso e baseie nisso seus ensinamentos” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 137). Portanto se para Ausubel toda aprendizagem para ser significativa necessita da preexistência de subsunçores na estrutura cognitiva do aluno, caso eles não existam é proposto por Ausubel, que sejam utilizados organizadores prévios, que segundo Moreira (1999), são ferramentas que têm por objetivo preencher uma lacuna existente entre o que o aluno já sabe e o que ele precisa saber.

Contrário à aprendizagem significativa temos a aprendizagem mecânica na qual há também uma relação com elementos da estrutura cognitiva do aprendiz, mas esta relação se dá de forma arbitrária e literal,

o que não significa que esse conhecimento seja armazenado em um vácuo cognitivo, mas sim que ele não interage significativamente com a estrutura cognitiva preexistente, não adquire significados. Durante um certo período de tempo, a pessoa é inclusive capaz de reproduzir o que foi aprendido mecanicamente, mas não significa nada para ela (MOREIRA, 1998, p. 7).

Portanto, o que os diferencia é justamente a interação e não a importância social deste conhecimento. Assim é possível aprender de forma significativa um conceito cientificamente não relevante e aprender de forma mecânica um conhecimento com uma grande relevância científica.

A Teoria da Aprendizagem Significativa, doravante TAS, é uma relação no qual tanto o aprendiz tem seu papel como também o professor. Nesse sentido, para a ocorrência de uma verdadeira aprendizagem segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980) o professor precisa elaborar um material potencialmente significativo e o aprendiz necessita de uma predisposição para relacionar de forma não arbitrária e substantiva os novos conceitos com os subsunçores presentes na sua estrutura cognitiva. Portanto, tanto um como o outro são fatores indispensáveis na teoria Ausubeliana.

A fim de promover a aprendizagem significativa, Ausubel propõe que as relações entre os subsunçores e o novo conhecimento obedeçam basicamente a dois princípios básicos: A diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. Em relação à diferenciação progressiva afirma Moreira (1999, p.160) que é “O princípio segundo o qual as ideias mais gerais e mais inclusivas da matéria de ensino devem ser apresentadas no início do ensino para, somente então, serem progressivamente

diferenciadas em seus pormenores e em suas especificidades”. Já a reconciliação integrativa seria uma correlação entre conceitos já existentes ocorrendo assim a partir da modificação dos subsunçores.

1.5 APRENDIZAGEM DA FÍSICA

A atualidade, acompanhada dos avanços tecnológicos, das redes sociais, da mídia, dos jogos online dentre outros, contribuem na construção de realidades cada vez mais atrativas e interessantes nas quais os alunos estão acostumados com uma vivência diferenciada. De forma contrária encontram-se, muitas vezes, as aulas de física ministradas em sua maioria nas escolas e universidades do Brasil. Ou seja, em diversos casos, as aulas de física, não estão sendo atraentes o suficiente, para manter a atenção dos alunos, levando ao desinteresse pelas aulas dessa área. Nessa direção, esse estudo manifesta o interesse em inserir a Música no ensino de física com vistas a contribuir com a superação desta lacuna, podendo trazer para os alunos mais predisposição e motivação pelas aulas de física e pela ciência como um todo.

Para além dessa questão, é visto constantemente no ensino de física uma preocupação exagerada de muitos docentes com um ensino voltado para a resolução de cálculos e problemas, não tendo a preocupação com a compreensão dos fenômenos dessa área, pelo contrário matematizando toda a física mesmo sabendo que “o sucesso nos cálculos em exercícios numéricos não garante a compreensão das leis quantitativas” (POZO, 2009, p.231). Indo mais além no debate, Pozo vai dizer que:

Em suma, os problemas de aprendizagem relacionados com a quantificação podem ser muito numerosos no estudo da física, uma disciplina que baseia sua potência e grande parte de seu desenvolvimento justamente no estudo quantitativo das leis da natureza. Mas, em qualquer caso, esses problemas não devem nos levar a esquecer que o sentido da física, para além da quantificação, é ajudar a compreender as leis que regem a natureza. (POZO, 2009, p.222).

Encontramos ainda, em nossa escola da educação básica, no Brasil, outros problemas que dificultam a aprendizagem dos alunos como a ênfase exagerada dada à memorização de fatos, fórmulas, equações, teorias e modelos que ao final do

processo de ensino ficam parecendo não ter qualquer relação entre si. Nessa perspectiva, passa a existir uma desvinculação entre o conhecimento físico e a vida cotidiana vivenciada pelo estudante, fazendo assim com que o mesmo não consiga perceber as relações entre os conhecimentos estudados em sala de aula, a natureza e o que é vivenciado no cotidiano.

Em suma, ensinar e aprender ciência (física, química, biologia, etc.) envolve uma relação especial ou específica com o conhecimento ou com o próprio objeto de estudo, mas ao mesmo tempo compartilha com outras disciplinas os formatos culturais da aprendizagem escolar, que exigem dos alunos capacidades, procedimentos, atitudes, etc. Que são comuns a essas diversas disciplinas e cuja mudança requer, também, uma mudança conjunta, ou pelo menos coordenada. A necessidade de situar o ensino da ciência no contexto da cultura educacional que o torna necessário é uma característica que diferencia alguns dos enfoques para a educação científica que foram desenvolvidos nas últimas décadas (POZO, 2009, p.241).

1.6 MÚSICA E FÍSICA

A relação Física-Música agrega uma riqueza de possibilidades de exploração de vários conceitos importantes da física através da aproximação com a Música. Sendo algumas destas relações: os conceitos de frequência, amplitude e timbre. A frequência, que corresponde às alturas das notas musicais; a amplitude da onda responsável principalmente pela intensidade do som e as diferentes formas das ondas que equivale ao timbre, importante característica do som que nos faz distinguir um instrumento do outro, por exemplo, mesmo que ambos estejam entoando a mesma nota.

A inter-relação entre essas duas disciplinas pode contribuir para o alcance de uma aprendizagem significativa por parte dos alunos de conteúdos comuns ou complementares de cada campo. Trazendo assim um trabalho que pode ser caracterizado enquanto interdisciplinar, compreendendo que a interdisciplinaridade “[...] não se limita a uma “mistura” de áreas ou ao “uso” de outra área, mas se define por um real estabelecimento de relações mais ou menos profundas entre aspectos e procedimentos de diferentes áreas, que superem a fragmentação do conhecimento” (SALLES, 2012, p. 196).

Tanto a arte, no nosso caso a Música, como a ciência, neste trabalho a física, nos possibilitam uma compreensão de mundo, embora que de formas diferentes, mas não contraditórias. Portanto, uma educação voltada para ampliar os sentidos e a percepção pode possibilitar uma clareza, mais intensa das coisas, ou seja,

A arte e a ciência, como faces do conhecimento, ajustam-se e complementam-se perante o desejo de obter entendimento profundo. Não existe a suplantação de uma forma em detrimento da outra, existem formas complementares do conhecimento, regidas pelo funcionamento das diversas partes de um cérebro humano e único (ZAMBONI, 2012, p.21).

Tamanha a importância dessa relação que o próprio PCN+ (2002, p.18) nos seus temas estruturadores para o ensino de física vem ratificar nossa discussão apresentando que “[...] o estudo do som pode ainda permitir uma interface importante com as artes, a música em particular, ou ainda, o reconhecimento dos vários instrumentos associados a diferentes culturas”. Sabendo que os PCN+’s são orientações educacionais complementares aos próprios PCN’ s - Parâmetros Curriculares Nacionais- no qual trazem nas suas competências gerais um dos interesses almejados para os educandos ao final do nosso trabalho que é

Compreender a Física como parte integrante da cultura contemporânea, identificando sua presença em diferentes âmbitos e setores, como, por exemplo, nas manifestações artísticas ou literárias, em peças de teatro, letras de músicas etc., estando atento à contribuição da ciência para a cultura humana (BRASIL, PCN+, 2002, p.15).

CAPÍTULO 2

METODOLOGIA

O presente trabalho parte da inquietação por uma resposta aos questionamentos acerca da aprendizagem dos conceitos de ondas sonoras. Como esclarece Zamboni (2012, p.43) “Pesquisa é a busca sistemática de soluções, com fim de descobrir ou estabelecer fatos ou princípios relativos a qualquer área do conhecimento humano.”

A organização metodológica desse estudo apresentará inicialmente a abordagem de pesquisa utilizada: pesquisa qualitativa, pela qual se ocupa em procurar significados aos fatos observados. Na pesquisa qualitativa o pesquisador se propõe a participar, a compreender e a interpretar as informações por ele coletadas a partir do estudo realizado, estando o mesmo inserido no íntimo do ambiente de estudo.

A pesquisa qualitativa não se ocupa em atender a perspectiva dos números, pois está voltada a compreensão de uma organização, grupo social, dentre outros. Esse tipo de pesquisa está atenta aos elementos da realidade que não são possíveis de ser quantificados, de modo que se busca explicar e entender as relações sociais (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Ao prosseguir com a organização metodológica apresentaremos os elementos constituintes do presente estudo: os procedimentos de coleta de dados, o campo de investigação e os participantes da pesquisa. Como procedimentos de coleta foram utilizados a observação acompanhada de registros escritos que contribuíram na atribuição de significados aos fenômenos observados.

O delineamento dessa pesquisa foi compreendido enquanto um “conjunto composto pelo plano de trabalho do pesquisador, a maneira como este seleciona as suas amostras e analisa os seus dados” (MOREIRA, 2008, p. 41). Nessa dimensão, foi proposto um delineamento quase-experimental com observações ao longo de toda a proposta, intercalado de intervenções feitas em sala de aula.

Para atender aos objetivos específicos dessa pesquisa:

- Relacionar a Física à música identificando os vários conceitos importantes desta relação;
- Utilizar a música como subsunçor para aprendizagem significativa em ondas sonoras verificando seu uso para a compreensão e visualização dos fenômenos físicos.

Utilizamos a entrevista semiestruturada como outra forma de obtenção de dados, com vistas a responder a nossas inquietações sobre a percepção dos participantes acerca da contribuição da música de forma significativa para a aprendizagem de ondas sonoras. De acordo com Minayo (2009) a entrevista semiestruturada permite que o entrevistado fale sobre o tema proposto podendo ir além do que lhes for perguntado. Podemos complementar essa discussão com Ludke, (1986, p.34) ao trazer que a entrevista semiestruturada “[...] se desenrola a partir de um esquema básico, porém não aplicado rigidamente, permitindo que o entrevistador faça as necessárias adaptações”.

A entrevista semiestruturada (apêndice A) foi realizada, depois das aulas sobre ondas sonoras do dia 26/10/2016, que será detalhada posteriormente, para 5 alunos do grupo controle e 5 alunos do grupo experimental. Obedecendo como forma de escolha desses sujeitos a critérios como: a presença em todas as intervenções realizadas e um mínimo de atenção em sala de aula, tendo como exceção um componente de cada grupo de entrevistados que aparentemente se mostrou mais disperso nas intervenções.

O campo de investigação do estudo aqui proposto foi uma Escola estadual do município de Caruaru – PE. Nesse campo realizamos a pesquisa com duas turmas do 2º Ano do Ensino Médio (2º Ano C e 2º ano D), portanto os alunos de ambas as turmas foram os participantes de nossa pesquisa. Tais alunos foram divididos em dois grupos: grupo experimental e grupo controle. O primeiro, composto pelos alunos do 2º Ano C, trata-se do grupo que participou do Minicurso de Introdução à Música desenvolvido nesse trabalho, o qual será detalhado posteriormente. O segundo, grupo controle, formado pelo 2º Ano D, não participou das vivências do

referido minicurso. Após a realização do Minicurso foram ministradas duas aulas de física para cada grupo, uma sobre ondas e outra sobre ondas sonoras.

Para analisar os dados obtidos através da entrevista semiestruturada foi empregada a Análise do Discurso (Doravante AD).

A análise do discurso, como seu próprio nome indica, não trata da língua, não trata da gramática, embora todas essas coisas lhe interessem. Ela trata do discurso. E a palavra do discurso, etimologicamente, tem em si a ideia de curso, de percurso, de correr por, de movimento. O discurso é assim palavra em movimento, prática de linguagem: com o estudo do discurso observa-se o homem falando (ORLANDI, 2007, p.15).

Com a AD podemos ir além do que foi verbalizado tendo em vista que “o sentido do discurso não está apenas no que é dito, no contexto que o produz, esse vem se revelando muitas vezes pelo que é censurado. Estamos nos referindo ao silêncio” (CUNHA, 2016, p.101). No entanto, não é a AD que atribui o sentido a algo, ela é responsável por “evidenciar os sentidos dos discursos, levando em conta suas condições de produção sociais, históricas e ideológicas” (GONDIM, 2009, p.12). Diante disso, entendemos a partir de Gondim (2009) que é necessário considerarmos quais foram às circunstâncias pelas quais um dado discurso foi produzido para assim entendermos o seu sentido.

A narrativa do sujeito falante é um objeto linguístico, irrigada com um contexto sócio histórico que o produziu, por isso entendê-lo requer a análise desses dois elementos. Nessa dimensão, é “[...] possível também realizarmos uma análise interna (O que este texto diz? Como ele diz?) e uma análise externa (por que esse texto diz o que ele diz?).” (GREGOLIN, 1995, p.17).

2.1 MINICURSO DE INTRODUÇÃO À MÚSICA

Para o desenvolvimento do presente estudo, realizou-se um Minicurso de Introdução à Música na turma do 2ª Ano C do Ensino médio, o qual foi denominado de grupo experimental.

O referido Minicurso de Introdução à Música foi disposto em 5 módulos intitulados de Música, Timbre, Amplitude, Melodia/Harmonia e Ritmo. Seguindo

semelhanças com o curso de música experimental oferecido aos alunos do primeiro ano, na universidade Simon Fraser pelo compositor canadense e artista plástico Murray Schafer escrito no Livro “O ouvido Pensante”, uma das mais importantes obras contemporâneas sobre educação musical. Tratando especificamente da segunda parte intitulado “Limpeza de ouvidos” da referida obra. Além de uma afinidade também com o módulo “Música na Escola” do projeto de extensão “Arte-Educação: da universidade à escola” Ministrada pelo professor Paulo David Braga na UFPE- CAA (ao qual tive o prazer de participar).

Na escola o minicurso se deu da seguinte forma: os módulos de Música, Amplitude e Melodia\Harmonia ficaram em uma única aula de 50 minutos do dia 10/10/2016. Já os módulos de Timbre e Ritmo ficaram em outra aula de igual duração realizada no dia 13/10/2016 ambas as intervenções no período da manhã.

O módulo de música teve o propósito de trazer para os alunos um conceito mais amplo do que seria a música. Para isso inicialmente os alunos puderam escutar, através de uma caixa amplificadora, diferentes estilos como: jazz, forró, instrumental e uma música indígena. Para que eles mesmos pudessem perceber a variedade de estilos musicais presentes no cotidiano e compreender a variedade de produções musicais enquanto produção humana e acervo da humanidade, apesar das diferenças, tudo é música. Por fim, foram apresentadas particularidades do som como o ruído, som indesejado, e o silêncio que seria a ausência do som.

No módulo Timbre foi apresentado para os alunos, de início, um vídeo mostrando os diferentes sons que cada instrumento emite, sons esses particulares de cada instrumento. Com isso, eles mesmos puderam perceber que existe uma característica no som que nos faz distinguir um instrumento do outro. Em seguida foi apresentado que a esse fenômeno chamamos de timbre.

Para o módulo Harmonia\Melodia os alunos puderam escutar, através de um vídeo, os sons de um instrumentista solando uma música, melodia, em seu bombardino e depois sons formando uma harmonia com o intuito de que os mesmos pudessem compreender a diferença entre Harmonia e Melodia. Posteriormente chegamos ao conceito de Melodia como sendo, de forma introdutória, a combinação de sons de forma sucessiva e a Harmonia, também de forma simplória, uma combinação de sons de forma simultânea.

Em relação ao módulo Amplitude foi posto para os alunos ouvirem um som no qual o volume do mesmo aumenta de forma lenta semelhante, ao que na música é chamado de crescente, e depois acontece o contrário, o volume do som diminui, decrescente. Para que com isso os alunos pudessem perceber que existe no som uma característica que nos faz distinguir sons fortes de sons fracos. E através disso sensibilizá-los para situações do seu cotidiano como o aumento ou diminuição do volume de som em aparelhos eletrônicos de áudio e televisores.

No último módulo intitulado Ritmo foi apresentado em forma de vídeos para os alunos alguns andamentos rítmicos como o xote, o samba e o maracatu para que os mesmos pudessem sentir um pouco da variedade de batidas e intervalos que os ritmos regionais podem proporcionar. Para posteriormente, eles entenderem o ritmo como uma variação da duração e acentuação de uma série de sons ou eventos. Configurando de forma rudimentar e lúdica o ritmo como o movimento dos sons.

Salientamos que o Minicurso teve o caráter de construir um Subsunçor inicial, não tivemos a intencionalidade de formar os alunos quanto ao domínio desses conteúdos, antes proporcionar atividades que pudessem experimentar, perceber, distinguir, comparar, testar, construindo cada um/uma “base” ou “bases”, ancoras de conhecimento.

2.2 AULAS MINISTRADAS

Depois de desenvolvido o Minicurso de Introdução à Música para o grupo experimental, foram ministradas duas aulas de física para cada grupo. Cada aula teve uma duração de 50 minutos e foi lecionada separadamente, ou seja, duas aulas ministradas ao grupo experimental e duas aulas ministradas ao grupo controle.

Na quarta-feira (19/10/2016) foi lecionada à primeira aula sobre ondas para ambas as turmas. Inicialmente foi apresentado um vídeo sobre as ondas marítimas com vistas a despertar nos alunos o interesse pelo conteúdo físico que estaria por ser exposto. O conteúdo proposto teve como interesse a compreensão por parte dos alunos do que seria uma onda; a diferenciação entre onda mecânica e onda eletromagnética, transversal ou longitudinal; a identificação de alguns elementos

fundamentais da onda como frequência, período, amplitude e comprimento de onda e uma aproximação acerca da velocidade de propagação da onda.

No último dia de intervenção (26/10/2016) foi ministrada a aula sobre ondas sonoras. De início foram expostos dois vídeos que traziam situações pelas quais nos deparamos com ondas sonoras em nosso dia-a-dia. O primeiro vídeo mostra o som da floresta com o canto dos pássaros e o cair da água na cachoeira. O segundo vem trazer o som do ambiente urbano com os sons do trânsito, das pessoas falando entre outros sons característicos desse ambiente. Tudo isso para mostrar para o aluno que o conhecimento adquirido em sala de aula faz parte da sua realidade.

Com o apoio dos vídeos, fomos conceituando o que seria onda sonora, a partir do que os alunos já sabiam e do que tinham visto de forma geral na aula anterior sobre ondas. Para além dessas questões foram trazidos para eles os conceitos de velocidade da onda sonora em diferentes meios e fenômenos de reflexão da onda sonora, o eco e a reverberação. E por fim, qualidades fisiológicas da mesma como a frequência, intensidade e o timbre.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante todas as intervenções realizadas com os alunos em sala de aula, foram feitas observações que implicou “a existência de um planejamento cuidadoso do trabalho e uma preparação rigorosa do observador” (LUDKE, 1986, p.25). Observações essas realizadas de forma cuidadosa e minuciosa que conforme aponta Ludke (1986, p.26) “[...] possibilita um contato pessoal e estreito do pesquisador com o fenômeno pesquisado [...]”.

No percurso do Minicurso de Introdução Música foi observada uma maior atenção da maioria dos alunos diante do que estava sendo trabalhado enquanto a menor parte da turma demonstrava uma atenção menos intensa. Nesse sentido, percebemos que o conteúdo apresentado dialogou com o cotidiano da turma e por essa razão conseguiu instigar o interesse da mesma.

No decorrer das aulas, de Ondas e Ondas Sonoras, foi permanecido o foco da observação onde se confirmou nossa hipótese pois, constantemente os alunos questionavam e exemplificavam com elementos da música. Nessa direção foi trazido por eles a seguinte afirmação: “*a onda sonora seria o som da música que escutamos*”, do mesmo modo foram levantadas indagações mais aprofundadas como, por exemplo, “*não escutaríamos música no espaço*”.

Como forma de interagir com os alunos e identificar os conhecimentos já existentes em suas estruturas cognitivas, foi dirigida a seguinte pergunta que será aqui apresentada e analisada: “O que seria a música para vocês?”

Aluno A do grupo experimental: “*A Música é algo alegre*”.

Aluno B do grupo experimental: “*A Música é arte*”.

Com esses extratos vemos, principalmente na exposição do aluno B, que este, já traz consigo os subsunçores, conhecimentos prévios, diante da música que a qualificam, dizer que a música é arte é reconhecê-la enquanto conhecimento

produzido. Nessa perspectiva, foi possível inferir que o grupo experimental fez uma relação entre a nova informação, transformando o que já sabia sobre música em um conceito mais robusto e formal.

Por fim, para ambos os grupos, grupo controle e grupo experimental, foi adotada uma “[...] entrevista semiestruturada que se desenrola a partir de um esquema básico, porém não aplicado rigidamente, permitindo que o entrevistador faça as necessárias adaptações” (LUDKE, 1986, p.34). De antemão foi escolhido esse tipo de registro de dados para que pudéssemos ter um contato e uma maior disponibilidade para possíveis dúvidas e esclarecimentos sobre os pontos da entrevista.

Foi necessária, ainda, uma atenção especial às formas e sinais não verbais, expressões, gestos, dentre outros, para poder compreender e validar o que foi dito ou não dito, mas que efetivamente se faz presente no discurso do entrevistado.

Após a realização de todas as intervenções em sala de aula, tanto para o grupo controle quanto para o grupo experimental, foi realizada uma entrevista semiestruturada (apêndice A) com 10 sujeitos. Na entrevista os alunos do grupo experimental foram nomeados de alunos EX, sendo X= (1,2,3,4,5). E os alunos do grupo controle foram nomeados de alunos CX, sendo também X= (1,2,3,4,5).

Como primeira indagação, foi dirigida individualmente a cada aluno a seguinte questão: *“Sabendo que a Física é uma disciplina que estuda os fenômenos que acontecem ao nosso redor, quais os exemplos de ondas que você encontra no seu dia-a-dia?”*

Diante dessa questão, ambos os grupos entrevistados citaram as Ondas Sonoras, entretanto, foi evidenciada nas respostas do grupo experimental uma maior relação com a música. Isso pode ser visualizado nos extratos abaixo:

Aluno E1: *“Onda sonora que sai do carro de som”.*

Aluno E2: *“Ondas sonoras escutadas nas festas”.*

Aluno E3: *“O som que sai do carro de som e do sino da igreja”.*

Aluno E5: *“O som da caixa de som”.*

O grupo controle também trouxe respostas que indicaram uma aproximação com a música, contudo isso foi percebido de forma menos intensa como podemos verificar nas seguintes falas:

Alunos C2 e C3: *“O som do fone de ouvido”*.
Aluna C1: *“Som da buzina e o canto”*.

Inferimos que o exemplo do fone de ouvido citado por C2 e C3 representa uma aproximação dos mesmos com esse objeto, visto que a maioria dos alunos em sala de aula escuta músicas pelo celular com o auxílio dos fones. Despertou-nos a curiosidade acerca da resposta da aluna C1 e com isso dialogamos com a mesma sobre porque o canto, na conversa que tivemos descobrimos que a referida aluna já havia estudado música em outros momentos de sua vida. O que reforça nossa compreensão de que aprender é uma relação que estabelecemos com o mundo, rodeado de significado (CHARLOT, 2000) e não uma exclusividade do espaço escolar. Contudo, ajudar a aprender significativamente deve ser a intencionalidade de cada escola e de cada professor.

A segunda questão realizada na entrevista foi a seguinte: *“Sabe-se que no estudo de ondas sonoras nos deparamos com uma intrigante característica da onda chamada Timbre. Comente com poucas palavras o que seria o timbre para você”*.

Nessa questão os alunos dos dois grupos sentiram mais dificuldade para responder, chegando ao ponto de confundir o timbre com outras características da onda sonora. De tal forma, podemos visualizar essa dificuldade nos extratos abaixo:

Aluno E1: *“Propagação da onda”*.
Aluno E4: *“Intensidade”*.
Aluno C4 e C5: *“Vibração”*.

Apesar das dificuldades, houve alunos que conseguiram demonstrar compreensão acerca do conceito de timbre.

Aluno E3: *“Forma da onda”*.
Aluna C1: *“Define a origem do som”*.

A terceira questão da entrevista se deu da seguinte forma: *“Uma importante característica da onda sonora é a amplitude. Como você explicaria o que é amplitude?”*

Também nesta questão foi visto que o grupo experimental relacionou de forma mais próxima conteúdos da física com a música, ao apresentarem as seguintes falas:

Aluno E2 e E3: *“Tem relação com o volume do som”.*

Aluno E5: *“Volume, som forte de uma balada”.*

Em detrimento ao grupo controle que apesar disso, ainda houve contribuições de alguns alunos onde nas suas falas é possível perceber sua relação com o cotidiano ao pontuarem de forma empírica que a intensidade do som emitido tem relação com a distância.

Aluno C2: *“Alcance do som”.*

Aluno C3: *“Alcance da onda”.*

A quarta pergunta foi estabelecida da seguinte maneira: *“Outra importante característica da onda sonora é a frequência que indica o número de oscilações durante um período de tempo. Qual a relação da frequência com a onda sonora?”*

Nessa questão foi possível perceber que houve uma maior compreensão, por parte dos alunos de ambos os grupos, sobre a relação da frequência com a onda sonora. Foi analisado, entretanto, que o grupo experimental apresentou um maior desempenho quanto à compreensão do significado de ondas sonoras em relação ao grupo controle como podemos visualizar abaixo:

Aluno E1: *“Frequência seria as vibrações do pulso na corda”.*

Aluno E2: *“São as notas musicais”.*

Aluno E5: *“Forma como escutamos, tem relação com o apito para cachorro”.*

O aluno E5 vem fazer a relação da frequência com a onda sonora através de um objeto que seria o apito para cachorro, objeto que emite frequências mais altas

que o ouvido humano não pode captar. Nesse contexto, foi claramente identificado um maior grau de compreensão desse aluno em relação ao assunto abordado.

Por último, foi realizada uma quinta pergunta distinta para cada grupo. Essa pergunta é de caráter mais pessoal e tinha como interesse no que se refere ao grupo experimental identificar as percepções dos alunos acerca do Minicurso Introdutório de Música. Para o grupo controle a preocupação se deu em verificar as dificuldades por eles encontradas para aprender os conceitos de ondas sonoras.

Quadro 1: Última pergunta norteadora para a entrevista dirigida ao grupo experimental.

O curso introdutório de música auxiliou no seu aprendizado sobre ondas sonoras?	
E1	Sim, pois nos trouxe exemplos do cotidiano.
E2	Sim, porque nos trouxe coisas novas que nos auxiliou no aprendizado de ondas sonoras.
E3	Sim, porque nos ajudou a perceber as diferenças entre as características da onda.
E4	Sim, pois nos ajudou a perceber a relação entre a física e a música.
E5	Sim, porque essas aulas não tradicionais, ou seja, dinâmicas melhora no aprendizado.

Fonte: Entrevista elaborada pelo autor desse trabalho.

Quadro 2: Última pergunta norteadora para a entrevista dirigida ao grupo controle.

Quais as dificuldades enfrentadas por você para aprender os conceitos de ondas sonoras?	
C1	Sem dificuldade.
C2	A aula tradicional.
C3	Algumas coisas que não são percebidas pela nossa audição como exemplos, os sons não audíveis.
C4	Falta de interesse por não gostar da área.
C5	Concentração. Não gosto das aulas tradicionais.

Fonte: Entrevista elaborada pelo autor desse trabalho.

No quadro 1, percebemos nas transcrições das respostas dos alunos que a metodologia utilizada no Minicurso de Introdução a Música, trouxe para os mesmos a possibilidade de relacionar os conceitos trabalhados com o seu cotidiano. Isso possibilitou uma atenção e um interesse maior por parte dos mesmos pelo estudo da física, assim como, propiciou-lhes relacionar a Física e a Música de uma forma mais dinâmica.

Com o quadro 2, visualizamos que a principal dificuldade dos alunos entrevistados para aprender os conceitos de ondas sonoras são as aulas tradicionais que segundo os participantes, ocasionam uma falta de interesse e atenção pela física. Na fala do aluno C3 salienta o que “a dificuldade de compreensão está relacionada com o caráter não observável” (POZO, 2009, p.204) das ondas sonoras, salientada por autores, que são justamente os sons não audíveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a realização desse trabalho, foi possível analisar que a relação Física-Música viabilizou uma aprendizagem de ondas sonoras com mais apropriação dos conteúdos por parte dos sujeitos do grupo experimental, tendo em vista a possibilidade de uma melhor compreensão e visualização dos fenômenos físicos sobre o conteúdo onda sonora. Isso decorreu do dinamismo e entusiasmo estabelecidos na metodologia do ensino de Física a partir da Música o que fez constatar nos alunos a predisposição e a motivação pelas aulas de Física e pela ciência como um todo. O grupo controle, por sua vez, demonstrou uma aproximação quanto aos conceitos de ondas sonoras, entretanto não conseguiu relacioná-los com a música presente no seu cotidiano.

Com os estudos realizados no presente trabalho consideramos que a relação Física-Música possibilita uma maior compreensão do mundo. Dessa maneira, é possível que se potencialize um conhecimento mais contextualizado, pelo qual o ensino de Física tome novas dimensões e desenvolvimento em coerência com a visão de ciência que se pretende atualmente.

A interação de elementos do ensino de ciências com outros elementos do currículo além de levar à análise de suas implicações sociais, dá significado aos conceitos apresentados, aos valores discutidos e às habilidades necessárias para um trabalho rigoroso e produtivo. (KRASILCHIK, 2004, p. 43).

Ao longo do trabalho pode ser notado que nós não nos limitamos apenas à melhoria do conhecimento científico, pois buscamos contribuir para a formação social e cultural do aluno, igualmente importante, reforçada com os conhecimentos de acústica.

Concluimos, portanto, que a utilização adequada da música pode possibilitar para os nossos alunos uma valorosa aprendizagem das ondas sonoras, pois de acordo com Gardner (1994) as inteligências não atuam isoladamente, mas em conjunto na realização de qualquer atividade. Proporcionando, assim, aos alunos

aprender os conceitos de ondas sonoras com mais significado e de uma forma mais prazerosa e agradável. Consideramos, portanto, que o emprego da música se faz necessário na escola como um todo por possibilitar o desenvolvimento da percepção dos alunos, entendendo-se “[...] percepção como uma forma de conhecer própria do ser humano.” (GRANJA, 2006, p.18).

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Brasília: MEC, 2002.

CONCEIÇÃO, M. O.T. *et al.* **Uma proposta de utilização da acústica musical no Ensino de Física**. Trabalho apresentado no SNEF XVIII em 2009.

COSTA, Ennio Cruz da. **Acústica Técnica**. São Paulo: Blücher, 2003.

CUNHA, Kátia Silva. **A formação continuada Stricto Sensu**: Sentidos construídos pelos docentes do ensino superior privado face às exigências legais. S.l.: Novas Edições Acadêmicas, 2016.

GARDNER, Howard. Estruturas da mente: a Teoria das Múltiplas Inteligências. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994. Publicado originalmente em inglês com o título: The framsof the mind: the Theory of Multiple Intelligences, 1983.

GERHARDT, T. E; SILVEIRA, T. S. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GONDIM, Sônia M. G; FISCHER, Tânia. O discurso, a análise de discurso e a metodologia do discurso do sujeito coletivo na gestão intercultural. **Revista do Centro Interdisciplinar de Desenvolvimento e Gestão Social**. Bahia, v.2, n. 1, 2009.

GRANJA, Carlos Eduardo de Sousa Campos. **Musicalizando a escola**: música, conhecimento e educação. São Paulo: Escrituras, 2006.

GREGOLIN, M. R. V. **A Análise do Discurso**: Conceitos e aplicações. São Paulo: Alfa, v.39, p.13-21,1995.

HALLIDAY D.; RESNICK R.; WALKER J. **Fundamentos de Física**: Gravitação, ondas e termodinâmica. 8.ed. Rio de Janeiro: LTC, v.2, 2009.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**.11.ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

KRASILCHIK, M.; MARANDINO, M. **Ensino de ciências e cidadania**. São Paulo: Moderna, 2004.

LAZZARINI, Victor E. P. **Elementos de Acústica**. 1998. 47p. Apostila.

LUDKE, Menga. **Pesquisa em educação**: Abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

MINAYO, Cecília de Souza. Trabalho de Campo: contexto de observação, interação e descoberta. In _____. **Pesquisa Social: teoria, método e criatividade**. 28. Ed. Petrópolis: RJ: Vozes, 2009. p. 61-77.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: A teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

_____. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**. Porto Alegre: Instituto de Física, UFRGS, 1998.15p (adaptado e atualizado, em 1997, de MOREIRA, M.A. Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa. O Ensino, Pontevadra/Espanha e Braga/Portugal, n. 23 a 28, 1988, pp. 87-95).

_____. **Teorias da Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, EPU, 1999.

MOREIRA, Marco Antonio; ROSA, Paulo Ricardo da Silva. **Uma introdução à pesquisa quantitativa em ensino**. Porto Alegre/Campo Grande: UFRGS/UFMS, 2008.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de Física Básica 2: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor**. 4.ed. rev. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

ORLANDI, **Análise de Discurso: princípios e procedimentos**. Campinas: Pontes, 2007.

POZO, J. I.; CRESPO, M. Á. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

SALLES, Pedro Paulo. **A Música como instrumento pedagógico: interdisciplinaridade e transversalidade**. In: JORDÃO, Gisele et al (Coor). **A Música na Escola**. São Paulo: Allucci e Associados Comunicações. 2012.

SCHAFER, Robert Murray. **O ouvido pensante**. Tradução de Marisa Fonterrada, Magda Gomes da Silva, Maria Lúcia Pascoal. 2.ed. atual. São Paulo: UNESP, 2011.

ZAMBONI, Silvio. **Pesquisa em Arte: Um paralelo entre arte e ciência**. 4.ed. ver. Campinas, SP: Autores Associados, 2012.

APÊNDICE A – ROTEIRO DA ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA DIRIGIDA AOS ALUNOS

- 1) Sabendo que a Física é uma disciplina que estuda os fenômenos que acontecem ao nosso redor, quais os exemplos de ondas que você encontra no seu dia-a-dia?
- 2) Sabe-se que no estudo de ondas sonoras nos deparamos com uma intrigante característica da onda chamada Timbre. Comente com poucas palavras o que seria o timbre para você.
- 3) Uma importante característica da onda sonora é a amplitude. Como você explicaria o que é amplitude?
- 4) Outra importante característica da onda sonora é a frequência que indica o número de oscilações durante um período de tempo. Qual a relação da frequência com a onda sonora?
- 5) (Grupo experimental) O curso introdutório de música auxiliou no seu aprendizado sobre ondas sonoras?
- 6) (Grupo Controle) Quais as dificuldades enfrentadas por você para aprender os conceitos de ondas sonoras?