



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO,
FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS



PEDRO JAVIER GÓMEZ JAIME

FÍSICA DO SOM E SUA RELAÇÃO COM A MÚSICA NO
ENSINO MÉDIO: UM OLHAR NOS LIVROS DIDÁTICOS.

Salvador

2010



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO,
FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS



PEDRO JAVIER GÓMEZ JAIME

FÍSICA DO SOM E SUA RELAÇÃO COM A MÚSICA NO
ENSINO MÉDIO: UM OLHAR NOS LIVROS DIDÁTICOS

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre.
Área de Concentração: Ensino de Ciências

Orientadora: Profa. Dra. M^a Cristina M. Penido

Salvador

2010



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO,
FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS



PEDRO JAVIER GÓMEZ JAIME

FÍSICA DO SOM E SUA RELAÇÃO COM A MÚSICA NO
ENSINO MÉDIO: UM OLHAR NOS LIVROS DIDÁTICOS.

Banca:

Wagner Wuo. _____
Doutor em Educação, PUC
Universidade de São Paulo.

Ricardo Miranda . _____
Doutor em Filosofia.
Universidade Federal da Bahia

Maria Cristina Martins Penido _____
Doutora em Educação, USP
Universidade Federal da Bahia

Salvador

2010

Dedicado a

Juana Jaime O'farrill
Faustino E. Arencibia Jaime.

AGRADECIMENTOS

A Maria Cristina Martins, por ter aceitado caminhar junto a mim e me ajudado a demonstrar de alguma maneira esta simbiose entre Física e Música na qual sempre acreditei e acredito. Além disso, agradeço pelas autênticas reflexões tanto fora como dentro do tema do trabalho, por sua inquestionável orientação, assim como pela força, correções, sugestões, dicas com a redação na língua portuguesa e pelas leituras realizadas.

Aos meus irmãos cubanos e amigos: Zaylín Powell, Pedrito Cubas, Tony, Sonia, Ileana Limonta, Heiddy, Ricardo, Betty, Félix, a Paula Abdul, a Mainha, a Diana, a Danilo, Damião a Gritinha a minha mãe Tânia e às Rosângelas. A todos pelos conselhos e o apoio incondicional.

A Conceição pelo apoio desde o início, pela paciência e principalmente pela sincera e despretensiosa amizade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

A todos os meus colegas de orientação e mestrado, especialmente a Everson, Dielson, Ricardo, Kleber, Jan Carlos e Ana pelas sugestões dentro do programa e pela ajuda gentil com o idioma.

A Tânia pelas dicas e conselhos, e compartilhar comigo momentos inesquecíveis.

A Marília e a Márcio pela correção, leitura minuciosa e detalhada do trabalho.

A Ludmila pela disposição e colaboração com as referências do trabalho.

Ao departamento de Física Geral.

Aos docentes e funcionários, do IFUFBA, pela colaboração e compreensão em cada momento.

RESUMO

O tema deste trabalho é a relação entre Física e Música, tendo em vista como se apresenta o vínculo entre estas duas áreas do conhecimento nos livros de Física do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio. Pretende-se com ele trazer uma contribuição à formação cultural, sendo esta dirigida especificamente à compreensão dos fenômenos sonoros no cotidiano. Isto, tendo como premissa o vínculo da Música com a Física, pensando que essa formação esteja voltada para uma nova visão dessa manifestação artística, assim como dos fenômenos sonoros do dia-a-dia, como eventos físicos. Foi realizada uma análise qualitativa dos conteúdos físicos, nos livros didáticos, que guardam relação com o tema de Ondas Sonoras, levando em conta conceitos e grandezas que evidenciam o elo entre as duas áreas. Esta análise foi realizada tendo em vista de seis categorias que elaboramos a partir das sugestões de tratamento dos conteúdos que aparecem nos PCNs(2000). Isso para interpretar como nos temas pesquisados, se contribui com o desenvolvimento de atitudes diante da natureza, tendo em vista a abordagem feita sobre os conteúdos e seu vínculo com o contexto no qual está inserido o cidadão. Procuramos também ver se os exemplos e situações possibilitam uma visão a favor de explicitar a relação entre Física e Música. A partir da análise feita nos Livros didáticos, se constatou que há falta de uma visão contextualizada, assim como um déficit de aspectos históricos, culturais e filosóficos, os quais poderiam esclarecer a ideia da relação entre Física e Música. Além disso, conseguimos perceber falta de coerência entre as ideias propostas pelos PCNs (2000), no que diz respeito à relação do conteúdo com o meio ambiente, e o tratamento dado pelos autores aos tópicos pesquisados nas obras.

ABSTRACT

The theme discussed in this project is the relationship between Physics and Music, based on how the link between these two areas is presented in the books of Physics from the Programa Nacional do Livro Didático for high school. The intention of this work is to contribute with the cultural growing in a general way, focused on a new vision of music and everyday sound phenomena, as physical events. There will be a quality analysis of the physics contents related to the theme of sound waves, considering concepts that show the link between the two areas. This analysis started from a series of categories that we elaborated in order to interpret how it is possible to contribute with attitude development towards the nature, considering the approach on the contents and their link with the context in which the citizen is. We also tried to see if the examples and situations can explicit the link between Physics and Music. From a review done on the school books it was possible to realize that there is a lack of contextualization of the theme, as well as a deficit in the historical, cultural and philosophical aspects, which were supposed to clarify the idea of the link between Physics and Music. Above all, we see that the coherence with the proposed ideas with PCNs (2000) no have respects of the relationship with the contents with the environmental, and the treatment with the authors and topics researched in the works.

Key-words: High School, Acoustic Physics, Music.

TABELAS.

Tabela 1. Tabela dos livros didáticos analisados.

Tabela 2. Tabela dos conteúdos apresentados nos livros didáticos.

Tabela 3. Tabela resumo dos resultados.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.

MHS- Movimento Harmônico Simples.

MCU- Movimento Circular Uniforme.

FA- Física Acústica.

EM- Ensino Médio.

PCNs – Parâmetros Curriculares Nacionais.

LDs - Livros didáticos.

AE - Abordagem epistemológica

AH - Abordagem histórica do tema.

RC - Relação com o cotidiano.

EP - Exercícios propostos.

PS - Poluição sonora.

RFM - Relação Física e Música

PNLEM - Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio.

SUMÁRIO.

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.	5
1.1 UMA NOVA VISÃO DA FÍSICA NA ESCOLA.	
1.1.1 COMO FAZER A TRANSPOSIÇÃO NESSE CASO.	9
1.2 A MÚSICA E AS CAPACIDADES INTELECTUAIS.	14
1.2.1 ASPECTOS HISTÓRICOS.	18
1.3 OLHAR SOBRE O LIVRO DIDÁTICO.	20
CAPÍTULO 2: A PESQUISA.	23
2.1 METODOLOGIA.	
2.1.1 O QUE CONTÊM OS LIVROS	29
2.2 ANÁLISE DOS LIVROS	34
2.2.1 LIVRO 1	34
2.2.2 LIVRO 2	42
2.2.3 LIVRO 3	52
2.2.4 LIVRO 4	59
2.2.5 LIVRO 5	65
2.2.6 LIVRO 6	68
2.2.7 LIVRO 7	72
2.3 RESULTADOS.	72
COMENTÁRIOS	77
CAPÍTULO 3: CONCLUSÕES.	78
REFERÊNCIAS.	83
ANEXOS.	

INTRODUÇÃO

É comum que as pessoas não fiquem tão atentas aos acontecimentos cotidianos. Em muitas ocasiões, tenho me perguntado o porquê de elas não conseguirem enxergar o relacionamento entre Física e Música, mesmo existindo no ensino médio o tema da Física acústica.

Muitas pessoas que me conhecem questionam-me a respeito do fato de eu ser físico e músico, assim como sobre a relação existente entre as duas áreas, e como posso lidar com duas facetas tão distantes uma da outra, surpreendendo-se pela mistura da arte do som com a complexidade de uma ciência da natureza.

Dentre os possíveis argumentos para justificar tais questões, é válido analisar o reflexo de nossa atuação em sala de aula com relação ao desconhecimento dessa área, ou mesmo ao próprio desinteresse mencionado nas palavras introdutórias.

Para orientar o rumo da nossa pesquisa, decidimos formular a seguinte questão, que nos permitirá ter uma visão da relação entre Física e Música no ensino médio: à luz dos PCNs, como os Livros Didáticos de Física do ensino médio apresentam vínculo entre a Física Acústica e a Música?

Em nossa busca por informações para dar resposta ao problema da pesquisa, temos encontrado textos, artigos e trabalhos na literatura de maneira geral, que visam às potencialidades que a música possui, as quais favorecem a educação, o ensino de idiomas, a percepção e compreensão do mundo, sua relação com algumas matérias da escola, assim como com outras áreas do conhecimento, incluindo o vínculo entre Física e Música. Entretanto, no que diz respeito ao ensino de Física, a literatura encontrada é escassa, limitando-se à discussão do comportamento físico de alguns instrumentos musicais.

Por outro lado, colegas das duas áreas têm mostrado curiosidade quando falamos sobre este tema e lhes comentamos a nossa vontade de nos aprofundar e compartilhar com eles o saber adquirido nesta pesquisa, pois, segundo mostra a nossa experiência, para muitas

peças, este é um caminho pouco conhecido, inclusive pelos músicos, o que não quer dizer que um profissional desta manifestação artística precise saber física para desenvolver seu trabalho. Porém, a noção de altura, timbre, intervalos, escala, afinação e projeção sonora está muito ligada aos conceitos de frequência, intensidade, e acústica de maneira geral. É evidente, ante a experiência diária, que tais princípios são utilizados inconscientemente pelos músicos, se convertendo desta forma em ferramentas do fazer musical, como acontece, por exemplo, com o fator tempo entre dois eventos sonoros. Não devemos esquecer que este conceito ganha um significado específico na execução musical por parte de um instrumentista, ainda que seja utilizado na não emissão de sons. Isso possibilita uma interpretação coerente da obra que escutamos e é crucial na transmissão da idéia que o autor quer fazer chegar a nós como ouvintes, bem como, sobre os efeitos que ele deseja nos causar. Devemos lembrar que na música o tempo é um recurso relevante, pois está ligado ao conceito de silêncio e de figura musical. Isso nos leva a entendê-lo como preponderante na interpretação da obra.

Para Lins de Barros (2003), na música, o tempo aparece como um metrônomo interno que o executante não pode perder; do contrário, coloca em risco a obra ao ponto de comprometer o discurso musical.

Estas são algumas das razões pelas quais podemos afirmar que a Música é uma das artes mais ligadas à Matemática e à Física, o que não representa uma conclusão recente, simplista ou arbitrária. Saiba-se que na antiguidade ela fazia parte das disciplinas mais importantes dentro dos currículos educativos, conforme nos fala Castro (2007):

Historicamente até o início do século XVI, era considerada um ramo da matemática e da filosofia e no período medieval constituía uma de suas disciplinas, integrando o quarteto: aritmética, astronomia, geometria e música (Castro, et al 2007).

Observando as novelas de época, no contexto do século XIX e início do XX, pode-se perceber que nas casas das famílias nobres, de forma geral, aparece um piano como elemento marcante do que representava a

música para esse momento na educação familiar. Porém, hoje, a música fica distante da escola e é sub-valorizada em nossa sociedade. As causas desta desvalorização são várias. Por exemplo, a formação crescente das pessoas para o mercado de trabalho e a dinâmica do mundo em nossos dias têm imposto novos padrões de valores e consumo, onde o conhecimento técnico-científico tem superado o conhecimento artístico quando, realmente, tanto ciência como arte estão indissolúvelmente unidas.

Para muitas pessoas prevalece a idéia de que o científico é produto do pensamento crítico e racional dos fenômenos que acontecem na natureza, e que o conhecimento da arte é aquele onde predominam os fatores míticos, espirituais, intuitivos e imaginativos. Como nos diz Campos, a seu ver, ciência e arte são formas simbólicas que buscam criar uma significação do mundo e da vida, diferenciando-se em suas formas de expressão e percepção (Campos, 2008).

Justamente é esta a proposta que se faz nos documentos que direcionam a educação na escola de nosso tempo, no sentido de tornar visível para os estudantes o vínculo das matérias escolares com o mundo, respeitando questões sociais, culturais e políticas nas quais está inserido o aluno. Isso, através de uma abordagem que possibilite a interpretação dos eventos naturais por meio de uma visão científica do mundo, de forma que os alunos possam incorporar os saberes a seu patrimônio intelectual a partir dos conteúdos escolares.

No que diz respeito à Física, pensamos que é importante levar o conhecimento físico junto com os fenômenos do cotidiano.

Zanetic chama a atenção para:

Ela deve participar da formação cultural do cidadão contemporâneo, pois está relacionada com outras áreas do conhecimento e está inserida no desenvolvimento histórico da humanidade. Zanetic (2006).

Por esta razão, achamos necessário explicitar em nossas aulas o vínculo dos conteúdos da Física com outras disciplinas, neste caso, com a Música, ao tratar a Física Acústica no ensino médio.

Lembremos que os eventos que fazem possível a educação não são do tipo dos naturais, mas são provocados por seres humanos de forma intencional, para transmitir a cultura de geração em geração, (Chrobak, 2000).

O mundo precisa de indivíduos preparados, com uma cultura geral ampla, com uma bagagem de conhecimentos da sociedade na qual se desenvolvem e crescem. Para isso, é preciso uma educação que possibilite ao aluno as ferramentas necessárias para a formação de uma postura crítica frente ao mundo e ao grande número de interpretações dos eventos que se apresentam na natureza.

Este trabalho corresponde à pesquisa de mestrado sobre o tema acima citado dentro do Programa de Pós-graduação para Mestrado em Ensino, Filosofia e História da Ciência, no Instituto de Física da UFBA. O trabalho está composto por três capítulos que tratam de maneira geral, como, a partir da utilização de elementos de Música nas aulas de Física, pode-se conseguir que as pessoas vejam esta ciência com outra ótica. Tendo como origem sua relação com o dia-a-dia e possibilitando uma melhor compreensão do mundo, desde o contexto de atuação do indivíduo. Trata também, de forma especial, como a música contribui com esta nova visão da ciência. Em outro momento da pesquisa, abordamos os pressupostos teórico-metodológicos que seguimos para dar resposta a nossa pergunta, até chegar ao capítulo três, onde apresentamos as conclusões e interpretações que damos à análise dos livros didáticos.

CAPITULO 1: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.

1.1 Uma nova visão da Física na escola.

Nos últimos tempos, pesquisadores brasileiros da área do ensino e da aprendizagem de ciências como João Zanetic, Frederico da Silveira, Luiz Pereira Santos, entre outros, vêm trabalhando com o fim de aproximar as matérias do ensino médio dos alunos, tendo em vista a contribuição das manifestações artísticas, em especial da música e da literatura, ao ensino de ciências. De tal forma que hoje a educação escolar apresenta uma tendência a substituir o tradicionalismo sob o qual surgiu pela exploração do vínculo destas disciplinas com outras áreas do conhecimento. Essa mudança de enfoque se dá a tal ponto que o estudante passa a desempenhar, a partir destas novas concepções, um papel ativo na sala de aula, espaço no qual ele discute e coloca seu ponto de vista a respeito do conteúdo oferecido pelo professor, ou seja, suas interpretações sobre o mundo. Com essa experiência, o estudante deve obter a possibilidade de enriquecer seu conhecimento sobre o comportamento dos eventos da natureza ou de mudar suas concepções nesse sentido, tendo como base as idéias que ele mesmo traz de níveis anteriores, aquelas que adquiriu devido ao confronto com as opiniões dos colegas e a orientação do professor no processo de transferência de conhecimentos.

Esta forma de tratamento dos conteúdos de Física no ensino médio faz diferença marcante, no que diz respeito à abordagem que até agora era concebida para as matérias de ciência nesta etapa do ensino. Atualmente no Brasil, segundo Silva (2001), discute-se amplamente a questão das reformas curriculares. Nesta perspectiva, a inserção de elementos da Arte tem-se desenvolvido a partir da implantação dos Parâmetros Curriculares Nacionais, ou seja, razões e/ou argumentos que estão oficializados nas diretrizes do sistema educacional deste país. Portanto, constituem questões em andamento ainda não consolidadas, idéias em evolução, pois lamentavelmente perdura certa resistência por

parte dos educadores, devido às concepções sobre os processos de ensino e de aprendizagem da ciência, o que se vê refletido no papel protagonista que o professor sempre tem tido durante a história da educação, assim como nos métodos que utilizamos no nosso diário de atuação em sala de aula. Diante de tal situação, torna-se importante o trabalho na formação de professores de ciências, tema do qual se fala muito nos últimos tempos, pois esse seria uns dos fatores que contribuiriam para uma melhor aquisição do conhecimento científico por parte dos alunos. No que diz respeito à Física, Santos (1999) nos diz que:

Ela tem a finalidade de transmitir os conhecimentos necessários para que se possam manter relações entre o saber científico e o cotidiano dos estudantes.

Por muitos anos, os currículos estiveram voltados à formação profissional e técnica dos indivíduos, bem como à qualificação dos alunos para o mercado de trabalho. Ocorreu então que se esqueceu assim a integralidade do cidadão para a vida, e a contextualização do conhecimento, fator este que possibilita uma maior aquisição do conteúdo por parte do estudante e a formação dessa cultura científica a que fizemos referência no resumo do trabalho. Felizmente, para a escola média de hoje, há um incentivo das instituições que regem a educação para o desenvolvimento de projetos em consonância com as vocações e as características sócio-culturais dos estudantes (Machado, 2002), de forma que seja possível atingir as diferenças individuais dos alunos contando com suas potencialidades e motivações. Tais projetos educativos têm em conta a diversidade de conhecimentos, interesses e características entre os alunos, idéia que aparece como já referido anteriormente, nos Parâmetros Curriculares Nacionais da Educação Brasileira, lhe oferecendo uma nova ótica às matérias do ensino médio no país.

Por outro lado, devemos ter em consideração que o professor lida com o fator sócio-cultural em seu trabalho diário. Conseguir que o conteúdo oferecido por ele chegue aos alunos e estes percebam a sua aplicação, é

um dos objetivos centrais do sistema educacional. O aluno deve reconhecer a Física como partícipe do fazer tecnológico e científico da sua comunidade, assim como de suas relações com o contexto no qual ele está inserido. Seja este vínculo do ponto de vista cultural, social, político ou econômico.

Falando sobre essa importante questão, Menezes (1994) aponta os temas geradores com fonte de aproximação do cotidiano com os conhecimentos científicos:

As propostas em ensino de Física que tomam o cotidiano como ponto de partida procuram na vivência dos alunos com o mundo físico e tecnológico, os seus temas geradores, objetivando o desenvolvimento das abstrações tão necessárias para a construção e o entendimento das leis físicas (Menezes, 1994).

Desta forma, os conteúdos de Física do ensino médio, conjuntamente com o trabalho do professor, devem conseguir que o aluno desenvolva novas habilidades que lhe possibilitem olhar o mundo de maneira crítica, com o fim de estabelecer relações entre os conhecimentos físicos adquiridos e as expressões culturais do seu entorno, no sentido mais amplo da palavra. A esse respeito, os (PCNs, p.47,2000) colocam:

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação.

No transcorrer do ensino médio, o aluno desenvolve uma série de atitudes frente à natureza, devido à própria descoberta que vai experimentando na sua vivência cotidiana. Uma das idéias fundamentais desta instância educacional é formar no estudante uma visão crítica do mundo, como foi referido no parágrafo anterior, a partir da ciência e dos conteúdos que as diferentes matérias lhe colocam à disposição. Para Campos (2008), esta é a etapa final da educação básica (nível médio) e constitui um complemento do aprendizado que o aluno traz do ensino fundamental. O professor deve favorecer o conflito interno no estudante, a reflexão e a análise das diferentes situações que se apresentam no dia-a-dia. Neste instante, a abordagem contextual do

conteúdo ganha significado relevante. De nada vale relacionar os conteúdos de Física com as diferentes atividades que possam realizar fora da sala de aula, se o estudante não se vê envolvido no conhecimento que lhe está sendo apresentado.

Para Freire (2002), a educação deve assegurar ao adolescente sua introdução às melhores tradições de suas culturas, incluindo as disciplinas acadêmicas, de um modo tal que eles entendam o conteúdo da disciplina, suas premissas, limitações e história.

Ao analisar as contribuições que favorecem uma nova visão da Física como participante da atividade artística, temos nos pautado nos trabalhos desenvolvidos por João Zanetic, Lins de Barros e Machado para citar alguns. Muitas destas investigações têm como base uma abordagem histórico-filosófica da ciência, mostrando o elo desta com a Arte, em especial, entre a Física e a Música. Este elo é visto como a necessidade de levar as pessoas a refletirem desde o ensino médio sobre esta relação e não apenas como uma imposição das diretrizes curriculares da educação contemporânea. É válido o interesse destes pesquisadores em colocar o lume desse vínculo através da literatura, da poesia e da música com o objetivo de contribuir para a formação de um cidadão com um olhar mais global do mundo, sendo capaz de interagir e refletir sobre os acontecimentos que nele se sucedem.

O tratamento da Física na escola, tendo em conta este tipo de abordagem, constitui uma contraposição às concepções tradicionais das aulas de Física, ainda presentes na atuação profissional de muitos professores.

Muitas pessoas, de maneira geral, vêem nossa matéria como uma disciplina complicada, difícil, rígida. Outras, em consonância com esta visão, até a rejeitam e não conseguem enxergar sua importância nem sua aplicação no dia-a-dia. Visões deste tipo, a nosso ver, são reflexos de abordagens tradicionais da nossa ciência em sala de aula, mostrando uma Física que se enfoca na resolução de exercícios. Nesta abordagem tradicionalista, é suficiente aprender de memória um conjunto de expressões matemáticas para chegar à resposta que

aparece ao final do livro, ou àquela que espera o professor. Em outros casos, motivados pelos resultados do vestibular, professores reduzem arbitrariamente os conteúdos, enfatizando aqueles que possivelmente estarão presentes neste tipo de exame. Segundo aparece nos PCNs, (2000, p.48).

O ensino de Física tem-se realizado freqüentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e não só, mas também por isso, vazios de significado.

Esta nova abordagem que se pretende da Física na escola de nosso tempo implica a formação de profissionais cada vez mais capacitados, que transmitam, na escola, uma visão da ciência na qual esta não tenha o papel preponderante sobre as outras áreas do conhecimento, e sim mostrando seu vínculo com as mesmas. Um profissional que, longe de agir de maneira tradicional e sob doutrinas educacionais antigas, abra espaço na sala de aula para a interação com o aluno, possibilitando que este, por sua vez, exponha suas idéias e discuta suas concepções de mundo, conseguindo, assim, refletir sobre as mesmas a partir de suas vivências, interpretações e contato com a comunidade da qual provém.

As contribuições feitas à educação científica pelos pesquisadores mencionados têm também como objetivo que as matérias de ciência, sejam vistas a partir de seu vínculo com outras disciplinas, com as manifestações culturais, e integradas à formação da cidadania nas múltiplas e diferentes atividades desenvolvidas pelos seres humanos.

É, a nosso ver, uma maneira de apresentar os conteúdos de Física possibilitando a interpretação dos mesmos a partir dos fenômenos do cotidiano com um olhar crítico, vendo o mundo com outra lente. Uma lente na qual Ciência e Música apareçam no mesmo plano, vindas as duas de uma raiz comum, de uma mesma origem, na qual as duas fizeram contribuições relevantes na educação de sociedades antigas. Contudo, não seria pretensão afirmar, segundo Campos (2008), que a Música ocupou um lugar tão importante quanto a Filosofia e a Matemática na cultura grega.

1.1.1 Como fazer a transposição didática.

Os saberes colocados à disposição dos alunos em sala de aula e administrados pelos professores são devidos a um processo de adaptação, que possibilita que estes sejam ensinados. Tal processo, segundo Chevallard (1991), é chamado de transposição didática, e o próprio autor refere-se a ele como:

O conteúdo do saber que tem sido definido como saber a ensinar, o qual sofre a partir de então, um conjunto de transformações adaptativas que irão torná-lo apto a ocupar um lugar entre os objetos de ensino (Chevallard, 1991)

Interpretando este enunciado, podemos concluir que tais transformações adaptativas do saber, devem responder a uma seqüência epistemológica do conteúdo.

A teoria Chevallardiana sobre a transposição didática nos faz pensar nos fatores que intervêm em cada etapa deste processo. Segundo essa teoria, o saber deve tornar-se programável, isto é, deve ser passível de recortes que possibilitem seqüência aceitáveis, tanto por critérios pedagógicos como institucionais. Eis por que consideramos importante o tratamento do tópico do MHS antes de desenvolver os conceitos de movimento oscilatório em geral, pois eles trazem contribuições fundamentais ao tema, do ponto de vista epistemológico. Cada um dos patamares pelos quais passa o conhecimento elaborado pelo cientista até a chegada na sala de aula está associado a grupos sociais que devem responder pela nova organização dos saberes. Embora estes pareçam desvinculados uns dos outros, entre eles existem ligações que dão lugar a superposições internas.

São três grupos diferentes, mas com elementos comuns ligados ao saber, que se interligam, coexistem e se influenciam, e que fazem parte de um ambiente mais amplo, denominado noosfera. Pietrocola (2001, p. 79).

Pietrocola (2001), discutindo as idéias de Chevallard, nos mostra que: o primeiro destes níveis, o saber sábio, é aquele no qual se encontram cientistas, especialistas ou intelectuais, os quais constroem o que é

chamado de conhecimento científico. Este é o momento em que os personagens procuram as possíveis soluções para o seu problema de pesquisa. Dentro deste patamar, há dois estatutos que consideramos indispensáveis na construção do saber. Eles são: o contexto da descoberta e o contexto da justificação.

O contexto da descoberta é aquele em que as pessoas trabalham na procura da resposta do problema investigado. Uma vez encontrada essa resposta ou respostas, elas passam por depurações e julgamentos, sendo analisadas, e passando assim pelo contexto da justificação, momento este que se cristaliza na socialização do conhecimento através da publicação de artigos, periódicos ou revistas, os quais se apresentam sem as incertezas próprias do contexto da descoberta.

No que diz respeito a estes dois momentos, Pietrocola (2001 p. 80) faz a seguinte colocação:

Entre um e outro, há um processo de reelaboração racional que elimina elementos emotivos e processuais, valorizando elementos isentos de sentimentos e encadeados logicamente. Aqui, de certa forma, há uma transposição - não didática- mas, diríamos, científica, caracterizada por uma despersonalização e reformulação do saber.

No que se refere à esfera do saber a ensinar, o número de pessoas que intervêm nesta etapa é maior que aquelas que participam dos contextos da descoberta e da justificação. Os membros deste nível podem estar integrados a outros grupos, portanto se constitui numa esfera diversificada. Ela está composta geralmente por autores de livros ou manuais didáticos, especialistas na matéria, professores e a opinião pública de maneira geral, a qual tem influência no processo de transformação do saber.

A função desta esfera é a de transformar o saber sábio em saber adequado para o ensino. Mas nela, os autores dos livros ou manuais didáticos, devem ter presente, no tratamento dado aos conteúdos, a preservação do contexto histórico no qual surgiu o conhecimento e a guarda da vigilância epistemológica. Ou seja, que o saber ensinado não se desvie substancialmente do saber criado pelos cientistas.

No que diz respeito a este trabalho, podemos dizer que o modelo do MHS constitui a nosso ver uma transformação do saber sábio em saber a ensinar. Nesse sentido, podemos enunciar como exemplo, a não utilização no ensino médio dos conhecimentos relativos ao cálculo diferencial-integral empregados pelos cientistas na etapa do saber sábio. Enquanto que na esfera do saber a ensinar, estes saberes são adequados tendo em vista conhecimentos que o estudante tem adquirido antes ou durante o ensino médio. Sendo assim, o MHS constitui um modelo que representa uma interpretação dada pelo homem aos movimentos oscilatórios, facilitando a compreensão em sala de aula.

Embora tenham sido muitas as transformações às quais foi submetido o saber sábio no processo gerador do saber a ensinar, entre eles existirão pontos em comum. Ambos os saberes procuram uma comunicação ao redor dos fatos e da realidade, na qual definições e conceitos preservam as mesmas estruturas e características. É válido assinalar que todo objeto do saber a ensinar, diferentemente do saber sábio, tem uma vida útil. Ou seja, o conteúdo que é escolhido para formar parte do saber a ensinar pode ser descartável, o que vai depender dos grupos que formam a noosfera. Eles podem determinar a qual conteúdo lhe é aplicada a transposição didática e quais deles são ou não tidos em conta segundo o interesse sócio-cultural. Conforme nos mostra Pietrocola.

O saber sábio é uma proposição humana “acerca de”, que, uma vez aceita e universalizada, passa a pertencer à cultura da humanidade e se eterniza nas publicações, livros e registros bibliotecários. Já a vida útil de um objeto do saber a ensinar pode ser temporária. Em outras palavras, esse objeto pode ser “descartável”. Pietrocola (2001, p. 83)

No que diz respeito ao saber ensinado, este constitui a última etapa do processo no qual se encontra o professor. Aqui, o saber recebe mais uma transposição, esta, ligada à experiência de vida do professor, assim como aos interesses e opiniões pessoais deste. Citando Pietrocola (2001, p. 84)

A “ciência” em sala de aulas é diferente da “ciência” do cientista. Essas diferenças são devidas ao mesmo processo de transposição didática, como descrita nos parágrafos anteriores.

Por sua parte, na esfera do saber ensinado, as personagens que a formam convivem no dia-a-dia e interagem na instituição escolar. Tal interação é muito mais intensa que nas etapas precedentes, pois possibilita a discussão direta entre os membros dos grupos que a conformam, sendo mais clara a repercussão dos critérios e opiniões dos integrantes deste nível, influenciando dessa maneira as modificações acontecidas no saber ensinado. Para Pietrocola (2001,p. 87).

...desenvolveu-se um terceiro nicho epistemológico cuja dinâmica de suas diretrizes, se comparadas com as epistemologias associadas ao saber sábio e ao saber ensinar, é muito mais instável e mutável, isto é, ela é mais sensível às influências do meio e responde muito mais rapidamente às pressões exercidas.

A Música, por exemplo, tem sido vítima das pressões, modificações e influências às que faz alusão Pietrocola (2001) quando se refere ao saber ensinado. Para Campos (2008, p. 14), esta situação é resultado de um processo equivocado de políticas educacionais ao longo do século passado, que fizeram com que a Música praticamente desaparecesse da escola, embora pesquisadores da área de ensino, integrados ao grupo referido ao início da seção 1.1 de nosso trabalho, tenham dedicado algumas das suas investigações ao estudo da relação das disciplinas escolares com a Música. Desta forma, existe por parte destes, uma perspectiva investigativa que visa à valorização dessa arte não como comumente é vista, mas como um meio que possui potencial para favorecer a aprendizagem de conteúdos acadêmicos.

Entre estes pesquisadores, encontram-se: Campos Granja, Henrique Lins de Barros e João Abdounur. Para Campos (2008), apesar de todas as transformações que vêm ocorrendo no mundo do conhecimento e da educação, a Música ainda é pouco valorizada na escola. O que não significa, a nosso ver, que as aulas devam ser de Música, mas, que

saberes e manifestações culturais sirvam de apoio à aprendizagem de conteúdos na escola.

Por outro lado, a transposição didática do saber sábio para o saber a ensinar apresenta como um dos resultados concretos o livro didático. Livro que, no ensino médio, segundo Pietrocola (2001, p. 86), pode ser entendido como um processo de simplificação que busca adequar linguagem e recursos matemáticos mínimos para manter o corpo estrutural do saber a ensinar.

Como dito anteriormente, o livro didático representa o objeto ao qual dirigimos a atenção na nossa pesquisa. É nele que analisamos como, a partir da transposição do saber sábio em saber a ensinar, se mostra a relação da Física com a Música. Isto, tendo em vista a existência de parâmetros que devem favorecer a visualização deste vínculo, assim como a relação da nossa ciência com outras áreas nas quais o homem se desenvolve.

Para Fracalanza (2003), existem critérios que devem estar presentes nos livros didáticos, os quais guardam relação com as sugestões que aparecem nos PCNs para o ensino de ciências no Brasil. São eles:

- Integração ou articulação dos assuntos abordados.
- Textos, ilustrações e atividades diversificados que mencionem ou tratem de situações do contexto de vida do aluno.
- Informações atualizadas e linguagem adequada ao aluno.
- Estimulo à reflexão, ao questionamento, à criticidade.

Em particular, o livro didático deve servir de apoio ao entendimento dos conteúdos na escola, neles devem aparecer, seja implícita ou explicitamente, algumas das idéias que figuram nos critérios acima apontados. Por exemplo, concepções de arte, ciência, meio ambiente, tecnologia, assim como de outros ramos dos quais o aluno faça parte.

A coerência entre os livros didáticos, o trabalho do professor em sala de aulas, e os parâmetros curriculares nacionais poderiam entre outros fatores, contribuir para a criatividade e a reflexão que se requer do aluno para compreensão do mundo.

A música neste caso constitui um referencial, pois, além de ser encontrada em diversos espaços, está incluída também em outras áreas. Se tratarmos de uma dimensão ambientalista em sala de aula, no caso da poluição sonora, poderíamos vincular este tópico com a música que em determinadas ocasiões escutamos de maneira estridente. A frequência dos sons audíveis para os seres humanos, a relação destes com os instrumentos musicais, associados à intensidade e ao timbre dos mesmos, possibilita que seja visualizado o vínculo dos conteúdos da matéria Física com a nossa vida diária, com outras disciplinas escolares e com a música em particular.

Uma visão científica da música, razão de nosso trabalho, pode ser tratada nas aulas de Física, de maneira que a carência de compreensão dos fenômenos sonoros por parte das pessoas, nesse sentido, possa ser resolvida desde a escola média, levando em consideração a distância entre o saber sábio e o saber a ensinar.

1.2 A Música, a Física e as capacidades intelectuais.

De maneira geral, a passagem do aluno pelo ensino médio coincide com o período da adolescência. Para Maurice (2001), adolescência é uma fase dos jovens, marcada por descobertas, dúvidas sobre sua própria identidade e pela necessidade de fazer escolhas decisivas para o futuro. É a etapa na qual, segundo Tum (2008), o aluno conquista um pensamento abstrato ou teórico, onde inteligências, motivações e inclinações para as diversas áreas de atuação humana, ganham uma nova dimensão. Fator este que deveria ser explorado pelos professores e que contribuiria com a formação que se pretende a partir da educação. Pensamos que dessa forma se favoreça a chegada do conhecimento e a recepção do conteúdo de uma maneira mais dinâmica e criativa de acordo com as novas propostas educacionais.

Cada ser humano tem uma configuração definida de inteligências, o que faz com que uma pessoa tenha menos aptidão para as ciências como a Matemática, Física, ou Química e, por outro lado, se destaque na

dança, na pintura ou em atividades manuais. Como exemplo, podemos citar a inteligência musical (Gadner, 1994), interesse particular deste trabalho, pois ela está relacionada à capacidade de percepção e manipulação dos sons.

Segundo a visão de Gadner (1994), a mente humana possui uma série de potencialidades cognitivas que são muito pouco valorizadas na escola. O que justifica que uma pessoa tenha a capacidade de desenvolver diferentes atividades sejam estas sociais, culturais, esportivas ou intelectuais, apesar de esta idéia estar em confronto com as concepções sobre a unidimensionalidade da inteligência, postura que prevaleceu entre educadores, psicólogos e estudiosos do século passado, (Campos, 2008).

Para Gadner (1994), o espectro de inteligências está composto por sete dimensões diferentes, são elas:

- Intrapessoal: esta inteligência tem a ver com a capacidade da pessoa se autoconhecer.
- Corporal-cinestética: vinculada esta com as habilidades corporais e motoras.
- Linguística: referente à habilidade de lidar com as palavras e com as línguas.
- Musical: é aquela que tem a ver com a capacidade do indivíduo de lidar com os sons.
- Lógica-matemática: esta se deve à capacidade do ser humano desenvolver raciocínios dedutivos.
- Espacial: vinculada à capacidade de orientação.
- Interpessoal: é aquela habilidade que tem as pessoas de se relacionar com os outros.

Não se deve pensar que este espectro se apresenta de maneira rígida e inflexível nas pessoas. Para Machado (1999), existem diferentes configurações que podem explicar a manifestação de capacidades intelectuais nos seres humanos. Segundo este autor, as inteligências do espectro se articulam de forma natural em pares complementares,

dando a possibilidade a outras inter-relações que poderiam ser estabelecidas entre duas ou mais inteligências do espectro.

Para Campos (2008, p. 92-93), a riqueza do espectro está na articulação multidirecional entre as diversas inteligências, ele propõe as seguintes articulações entre a inteligência musical e as outras inteligências do espectro.

- Musical e lógico- matemática: Na música, a regularidade se apresenta no ritmo, na harmonia ou na estrutura de compassos de uma música. A matemática, por sua vez, procura regularidades numéricas. Ambas as linguagens utilizam símbolos e convenções próprios. A própria notação musical tem uma estrutura lógico- matemática por base.
- Musical e espacial: A relação música e espaço revelam-se na notação musical (espaço bidimensional), na percepção acústica e na dança (espaço tridimensional)
- Musical e intrapessoal: Fazer música pode ser uma maneira extremamente rica de autoconhecimento. Ouvir a si próprio, ouvir a música interna produzida em nossa memória, são possibilidades de entrar em contato consigo mesmo, gerando introspecção positiva.
- Musical e interpessoal: A música pode favorecer o convívio social, as trocas de experiências, o conhecimento e o reconhecimento do outro. O cantar ou tocar em conjunto depende da articulação entre as pessoas.
- Musical e Lingüística: A aproximação entre a música e a palavra é tão antiga quanto a própria música. A canção popular é resultado de uma sofisticada articulação entre as irregularidades da língua falada e as regularidades da música.
- Musical e corporal: A música é uma linguagem que envolve diretamente a participação do corpo na sua recepção. Reagimos e expressamos a música usando nosso corpo.

A Física, por sua vez, é uma disciplina com a qual se podem explorar estas potencialidades e/ou capacidades. Ela aparece de alguma

maneira em muitas das atividades que os seres humanos realizam durante a vida, e quase sempre nós, professores, nos esquecemos deste vínculo, criando problemas e situações pouco criativas onde o aluno não é chamado a participar. Carvalho (1992), disse que é importante utilizar propostas inovadoras, pois o exemplo vivo é mais eficaz que qualquer explicação. Neste ponto, o papel criativo do professor contribui consideravelmente na mudança de que precisa o ensino de ciências hoje. Esta deixaria atrás as tendências tradicionais que fazem do ensino de ciências, especificamente da Física, um ensino baseado fundamentalmente na resolução de exercícios.

Ensinar Física, nos disse (Silveira et al, 1999), ainda é um desafio para muitos professores, principalmente aqueles que se centralizam no “formalismo matemático”, desprezando os conceitos físicos e suas relações com o cotidiano.

O uso de elementos de música, no ensino dos conteúdos de Física acústica, resulta um instrumento que estimula e motiva ao aluno tornando os processos de ensino e aprendizagem de Física mais significativos, Silva, (2001).

Diante de tais idéias, consideramos importante dizer que a Física requer que o estudante desenvolva certo nível de abstração, o qual temos a nosso alcance quando trabalhamos questões com as que lidamos a todo momento. Esta forma de apresentação dos conhecimentos em sala de aulas, a nosso ver, coloca os conteúdos mais visíveis para o aluno, possibilita outra visão do mundo e uma maior compreensão da matéria. Ou seja, estamos deixando de fazer um aporte significativo ao desenvolvimento mental e espiritual das pessoas, ainda que possuindo ferramentas para isso.

1.2.1 Aspectos históricos.

Como bem foi mencionado na introdução do trabalho, a Música tem uma ligação intrigante com a Matemática e a Física. Ela é uma arte escorada de medidas precisas, o que garante nova aproximação com a ciência e tem uma base física importante (Massarani, 2007). Além disso, essa ligação potencializa a criticidade e a tomada de consciência diante

dos eventos naturais. A relação da ciência com a Música não é algo aleatório, nem recente, ambas são ramos de um mesmo tronco. Desde a Grécia antiga a música estava próxima da educação e da filosofia (Campos, 2008). Vale a pena lembrar que naquela época não existia a área de ação humana que hoje chamamos de ciência, mas era denominada inclusive por estudiosos da física, como filosofia natural.

A música para o século III a. C tinha um papel fundamental na cultura grega, sua presença nos acompanhamentos da poesia, do canto e da dança, colaborava na memorização dos cantos épicos e gregorianos, fazendo com que a música ganhasse relevância no campo artístico, e, também, na área educacional, formando parte do currículo escolar básico, o que a colocou entre as discussões filosóficas e científicas da época.

São conhecidos os aportes que os antigos gregos fizeram ao campo dos esportes, das ciências e da tecnologia. Na área cultural, contribuições também foram feitas por esta civilização. Segundo Abdounur (1999, p.3), os gregos desenvolveram os tetracordes e depois escalas com sete tons. Cientistas desta época, como é o caso de Pitágoras e Aristoxeno, também fizeram contribuições nesse sentido, construindo escalas seguindo diferentes critérios de afinidade entre os sons. A base matemática que existia por detrás de tudo isto (campo de ação no qual os gregos também tiveram destaque) estava baseada especificamente na divisão de frações de uma corda na que eram valorizados os intervalos do que hoje é chamado de quinta justa.

Para a cultura grega de então, o papel da música na educação era tão importante que Platão afirmou, “quem não conserva seu papel no coro não é verdadeiramente educado”.

Na Grécia a formação era garantida pelo Trivium inicialmente. Este estava composto pela Gramática, a Lógica e a Retórica, depois o Quadrivium, este último formado pela Geometria/Astronomia como primeiro par e o segundo não menos interessante e importante, formado pela Aritmética/Música (Campos, 2008).

Mas não só os gregos trabalharam ao redor desta perspectiva, os chineses da antiguidade desenvolveram as chamadas “seqüências

pentatônicas chinesas”, as quais continham as cinco primeiras notas do ciclo das quintas a partir da nota dó da escala de dó maior, ou seja, sol, ré, lá, mi, dó, as quais eram associadas aos cinco elementos da filosofia natural: fogo, água, madeira, terra e metal.

Tomando como referência a crise da Física de finais do século XIX, conseguimos situar na História um fato semelhante. Como se sabe, esta crise se dá quando os cientistas percebem as limitações da mecânica newtoniana para dar explicação a determinados eventos naturais que até então se sustentavam sob princípios clássicos, o que provocou conflitos na época. Nesse mesmo sentido, temos encontrado nas nossas leituras um fato similar acontecido no século XVI com relação à Matemática, a Física e a Música, sofrendo essa última diferente interpretações de acordo com as concepções científicas vigentes. Na época, o paradigma pitagórico foi considerado dogmático desde o ponto de vista aritmético e, de algum modo, foi condenado a certo nível de incredibilidade pela comunidade científica de então, pois se tornou deficiente para dar explicação às razões simples e às consonâncias musicais. Na procura de explicações, mostraram-se válidas as contribuições de Vincenzo Galileu, Galileu Galilei e Descartes. Para Abdounur (1999, p. 222).

O conceito de altura musical resignifica-se na rede ganhando relação direta com a frequência, que no caso de cordas, depende do comprimento, enfraquecendo a relação direta até então estabelecida entre este último e a altura musical.

Portanto, em nossa visão, existe um paralelo epistemológico e ontológico entre os dois fatos. Epistemológico porque se trata no primeiro caso da mudança do pensamento clássico predominante até então rumo à concepção de um mundo quântico. Era o choque de conceber que a abordagem newtoniana não podia responder a certos princípios físicos que até então eram desconhecidos pela comunidade científica.

Do ponto de vista ontológico, estes acontecimentos propiciaram uma nova visão de mundo, projetaram novos caminhos para serem percorridos pelos cientistas em seu afã de fazer ciência. No último caso, a relação direta com a frequência deixa ver a proximidade estreita entre

Física, Matemática e Música. Esta grandeza física está associada a funções periódicas e vinculada à altura das notas musicais.

Com exemplos como estes, se pode ver que a relação entre música e a ciência é inerente à existência das duas. Tendo presente o dito acima, pensamos que é possível fazer um tratamento da Física Acústica na escola média a partir de elementos musicais, conceitos ou definições que levariam à melhor compreensão do tema e das grandezas físicas envolvidas nele. Isto propiciaria, assim, uma visão diferente das pessoas para a ciência.

1.3 Um olhar sobre o livro didático.

No que se refere ao livro didático, é conhecido que este tem vários usos no ambiente escolar. Segundo afirmam Cassab e Martins (2003), o LD é hoje um dos materiais educativos mais utilizados na escola. Ele é visto como o meio que norteia os conteúdos de uma matéria, enquanto que para alguns professores, como Fracalanza (2003), o LD é utilizado como fonte bibliográfica, tanto para complementar seus próprios conhecimentos quanto para a aprendizagem dos alunos, em especial na realização das chamadas “pesquisas” bibliográficas.

Pesquisadores como Fracalanza, Beltrán, Pimentel entre outros têm se dedicado a investigar o papel, o uso e o enfoque científico apresentado pelos autores nos LDs do ensino médio. Nesse sentido, na obra “A física e os livros: uma análise do saber físico nos livros didáticos adotados para o ensino médio.” o autor Wu (2000), faz uma análise dos LDs de Física do ensino médio, focalizando esta a três aspectos que a nosso ver se apresentam como fundamentais: a) como o livro didático de Física apresenta a matéria para o aluno; b) qual a ideia de ciência que se discute neles, assim como a contribuição dos LDs para uma visão científica do mundo; e c) como aspectos históricos e conceituais aparecem dispostos nos LDs.

De maneira geral, os pesquisadores com os quais dialogamos durante nossa investigação e que abordam como tema principal do seu estudo o

livro didático de ciências, nos fazem refletir também sobre a importância deste na educação escolar.

Sobre este tópico, Orlandi nos diz que:

Atualmente, os livros didáticos representam a principal, senão a única fonte de trabalho como material impresso na sala de aula, em muitas escolas da rede pública de ensino, tornando-se um recurso básico para o aluno e para o professor, no processo ensino-aprendizagem. Orlandi (2003)

Algumas declarações sobre esta mesma linha de trabalho, encontradas na literatura, revelam o quanto representa o livro didático para os professores no contexto diário em sala de aula. Outras evidenciam uma dependência quase total dos profissionais ao material didático, assumindo posição acrítica ante as formulações, conceitos, figuras e gráficos que aparecem.

A utilização do livro didático não deve ser de forma inflexível, sendo ele uma referência que encerra toda a verdade dos fatos. O professor deve estar preparado para fazer uma análise crítica, tanto como ver os méritos do livro que utiliza ou pretende utilizar, e assim introduzir as devidas correções e/ou adaptações que achar convenientes e necessárias. Pimentel (1998)

Sendo assim, achamos pertinente fazer alusão mais uma vez, ao que preconizam os PCNs, com respeito ao vínculo da Física e o cotidiano do aluno. Pensamos que para cumprir o neles disposto, o (a) professor (a) deve estar em contato com diferentes meios com os quais possa ampliar seu espectro informativo ou então, recorrer à utilização de materiais alternativos que o possibilitem, de tal forma que esses conhecimentos sejam empregados no enriquecimento do conteúdo a tratar em sala de aula. A fixação e a fidelidade dos professores às informações que aparecem nos livros didáticos (LDs) podem atentar contra o bom desenvolvimento da compreensão do conteúdo (Moreira e Axt, 1986), pois muitos de nossos professores, em muitas de nossas escolas, se apegam ferrenhamente a um único material didático, a tal ponto que a aula se torna uma simples repetição do que nele está escrito.

Pensamos que o fato de fazer um tratamento do tema Ondas Sonoras a partir da sua relação com a Música, levaria, além de outra visão da Física no ensino médio, a outra forma de ver e analisar os fenômenos sonoros no cotidiano. Contribuindo assim com a possibilidade da procura de informação relativa ao conteúdo por parte dos professores fora do LD à disposição, o que de alguma maneira também constitui um incentivo à formação geral dos alunos.

O livro didático, longe de ser uma única referência de acesso ao conteúdo disciplinar da escola, tem que ser uma “fonte viva de sabedoria”, capaz de orientar os processos do desenvolvimento da personalidade integral (Beltrán, 2007).

Revistas especializadas, artigos, textos que abordem o tema, manuais e escritos, contribuiriam para explicitar o vínculo entre estas áreas, indo além do que poderia estar no LD. Deve-se ter em conta que a apresentação dos conteúdos neste recurso pode aparecer descontextualizada com a realidade na qual esteja sendo utilizado. Ante tal situação, o professor deve desenvolver saberes e ter competências para superar as limitações próprias dos livros, que por seu caráter genérico, por vezes, não podem contextualizar os saberes como não podem ter exercícios para atender às problemáticas locais (Beltrán, 2007). É neste ponto que elementos relativos à atividade musical utilizados como recurso para a abordagem dos temas de Física Acústica ganha relevância, pois a nosso ver esta arte abrange contextos sociais nos quais o aluno se vê inserido no seu dia-a-dia.

CAPÍTULO 2: A PESQUISA.

2.1 Metodologia.

Para dar resposta a nosso problema de pesquisa, foi feita uma análise dos temas: Movimento Harmônico, Movimento Ondulatório e Ondas Sonoras nos livros didáticos de Física do PNLEM, tendo em vista que nestes temas podemos encontrar parâmetros de convergência entre as duas áreas.

Esta análise é realizada a partir de questões que revelem as ligações entre os princípios físicos neles envolvidos e as suas aplicações na música. Basear-nos-emos na análise de documento, de forma que possamos ver como é tratado o vínculo entre estes dois ramos do conhecimento. Contudo, nossa investigação se sustenta em uma visão interpretativa dos temas acima mencionados nos LDs de Física para o ensino médio, segundo previsto pelo PNLEM 2009.

Segundo Crotty (1998, p.66-67)

[...] o interpretativismo emerge em contraposição ao positivismo, em uma tentativa de compreender e explicar a realidade humana e social. Aproxima aos contrários, procura derivações culturais e situa historicamente interpretações da vida social mundial.

Para dar início à descrição dos pressupostos teórico-metodológicos, sob os quais se sustenta a nossa pesquisa, achamos pertinente dizer que foi feita uma análise para interpretar o discurso apresentado pelos autores sobre os temas citados nos LDs, e descrever o tratamento realizado pelos mesmos. Sendo assim, nossa pesquisa é qualitativa, pois com ela obteremos dados que serão devidos à interpretação de como foram tratados os conteúdos referidos acima e à descrição desses temas em questão (Bonilla, Willcox, 2004).

O interesse fundamental da pesquisa qualitativa está na interpretação dos significados atribuídos pelos sujeitos às suas ações em uma realidade socialmente construída.

No que diz respeito a nosso trabalho, verifica-se nos LDs o significado que dão os autores ao vínculo entre estas duas disciplinas. Tais

significados influem de alguma maneira na forma como se apresenta o tema nos livros didáticos de Física do ensino médio. Embora também influam nos indivíduos, as experiências cotidianas, o convívio com a música, os fenômenos sonoros e os significados que dão às experiências e interações sociais, por meio das quais vão sendo construídas as interpretações. Diferentes maneiras de conceber e lidar com o mundo gera formas distintas de perceber e interpretar significados e sentidos do objeto pesquisado, que nem se opõem nem se contradizem (NEVES, 1996).

Para dar resposta ao nosso problema de pesquisa apoiar-nos-emos na análise documental e, a partir desta, faremos uma análise do tema Ondas Sonoras nos LDs com o fim de observar como se reflete a relação deste com o cotidiano, especificamente com a música. Tal método guarda estreita relação com o tipo de investigação (qualitativa) que fazemos, pois para encontrar uma resposta para o nosso problema, a análise documental possibilita fazer uma avaliação descritiva do tema em questão. Portanto, ela constitui o exame de materiais que ainda não receberam um tratamento analítico, ou que podem ser reexaminados, com vistas a uma interpretação nova ou complementar.

Os métodos qualitativos se assemelham a procedimentos de interpretação dos fenômenos que empregamos no nosso dia-a-dia, que têm a mesma natureza dos dados que o pesquisador qualitativo emprega em sua pesquisa.

O interpretativismo procura os significados que as pessoas dão às atividades do cotidiano, no sentido específico deste trabalho, da música e sua relação com a ciência. Estes significados estão em consonância com o contexto e a experiência de vida dos sujeitos. Cada pessoa dá um sentido aos fenômenos com os quais tem contato. Tais sentidos (significados) são manipulados e modificados por meio de sua atividade diária, na vida cotidiana.

Pesquisas relacionadas com nosso trabalho apresentam a potencialidade que a Música possui e que poderiam favorecer a formação de posturas perante a vida, a percepção de certos estímulos e

o desenvolvimento de capacidades nos seres humanos. Percebendo, dessa maneira, o quão importante e interessante pode ser a música na escola.

Visões como esta, na qual se vinculam as matérias da escola com outros ramos do conhecimento, refletem sobre o significado que ganha esta manifestação cultural para os pesquisadores que defendem a posição da relação da arte com a ciência. Nesse sentido, deve-se apontar também que são ideias que aparecem nos PCNs, fazendo alusão à relação destas duas esferas. Pensamos que a Física como matéria escolar deve favorecer, tal e como aparece nos Parâmetros Curriculares Nacionais, que seja visualizada a aplicação dos saberes científicos em função do desenvolvimento tecnológico, cultural, meio ambiental e de saúde, para citar algumas das áreas de atuação humana.

Como técnica de coleta de dados, utilizamos a análise documental fazendo uma revisão de literatura, para tratarmos conteúdos de interesse dos temas citados acima nos LDs os quais foram adotados pelo PNLEM, analisados em 2006 e só publicados em 2009.

Foram escolhidos justamente estes livros, porque são textos conhecidos e utilizados na rede pública brasileira, estão espalhados por todo o país e, portanto, se encontram ao alcance das escolas deste sistema de ensino. Sendo assim, se tornam livros didáticos de uso globalizado e/ou ampliado, frente aos livros que se utilizam no ensino particular.

Nesse sentido, foi analisado também o livro de: *“Física de 10^{mo} grado”* do ensino médio cubano, pois foi em Cuba que surgiram as primeiras dúvidas sobre este assunto, as quais nos levaram a desenvolver este trabalho com o fim de conseguir encontrar resposta(s) ao(s) questionamento(s) iniciais (l) (is).

Tabela 1
Livros Analisados

nº	Ano	Livros	Volume	Autores	Editora
1	1989	Física Décimo Grado	Único	Grupo de autores	Pueblo y Educación
2	2005	Curso de Física	2	Máximo e Alvarenga	Scipione
3	2005	Física	Único	Alberto Gaspar	Ática
4	2005	Física, Ciência e Tecnologia	2	Carlos Magno e Paulo César Martins	Moderna
5	2005	Física	Único	Sampaio e Calçada	Saraiva
6	2005	Universo da Física	3	Sampaio e Calçada	Scipione
7	2005	Física	Único	Aurélio Gonçalves e Carlos Toscano	Scipione

O procedimento de análise de dados adotado na pesquisa foi feito a partir da comprovação nos temas de interesse nos LDs de categorias que revelam a aplicação do conteúdo das Ondas Sonoras à Música, de forma que esta relação fique explicitada. Tais categorias de avaliação foram elaboradas com o objetivo de mostrar também como os LDs de Física analisados apresentam as sugestões e idéias desenvolvidas nos Parâmetros Curriculares Nacionais, as quais devem contribuir para a formação nos seres humanos de uma cultura integrada ao desenvolvimento tecnológico no qual está inserida nossa sociedade, bem como para a formação de uma cidadania em concordância com a contemporaneidade. Entendemos que o tratamento dado ao conteúdo relativo ao conhecimento físico, que analisamos nas obras do PNLEM 2009 a partir das categorias, deveria revelar, entre outras coisas, o desenvolvimento histórico da ciência, sem apresentá-la como um produto totalmente acabado e imune à influência de fatores aparentemente externos ao labor científico.

Devemos dizer que a análise realizada com as categorias ao livro cubano está pautada sobre razões de interesse particular, tendo em vista o fato de o mesmo formar parte de outra realidade. Portanto, seu conteúdo está enfocado em outro contexto de atuação para alunos e professores.

Por outro lado, com as categorias, procuramos ver como o tratamento dado ao conteúdo referido, propicia o desenvolvimento da abstração, assim como a não utilização de exemplos e situações descontextualizadas, deixam perceber a relação do tema com o cotidiano. No caso específico dos exercícios, que estes não mostrem o formalismo matemático fora de significado físico para o estudante, e fora de contexto, de maneira que os torne repetitivos e não contribuam para favorecer a visão científica do mundo que é apontada nos PCNs. Apresentados dessa forma potencializam a automatização e a reprodução memorística em contraposição à formação que tem como base a aquisição de competências e habilidades. Outra das razões pelas quais utilizamos estas categorias é verificar como outros tópicos anteriormente abordados fazem contribuições epistemológicas ao movimento ondulatório e, dentro deste, às ondas sonoras. Um assunto que nos é interessante é o fato de tratar a questão ambiental tendo em vista a poluição sonora, que em muitas ocasiões atinge nosso entorno indiscriminadamente. Conforme dito anteriormente, elaboramos uma categoria que apontasse justamente o foco de nosso trabalho, ou seja, como se percebe a relação entre a Física e a Música nos livros didáticos. Isto tendo como base o objetivo que buscamos com cada uma das categorias anteriores.

A Física no ensino médio possibilita a interpretação dos fatos e eventos relativos à natureza, tendo em vista também a ação do homem sobre esta, e como esta mesma ação pode afetar a própria convivência humana. De tal maneira que a Física, como matéria escolar, deve promover a reflexão, pois a ela corresponde um conjunto de conhecimentos que colocam à luz sua presença no nosso dia-a-dia.

Estas categorias são as seguintes:

- a) Abordagem epistemológica (AE).

- b) Abordagem histórica do tema (AH).
- c) Relação com o cotidiano (RC).
- d) Exercícios propostos (EP).
- e) Poluição sonora (PS).
- f) Relação Física e Música (RFM).

Como o número de assuntos apresentados nos livros relacionados com as ondas é extenso e variado, decidimos elaborar uma tabela tendo como referência o anexo I da obra de Wuo, 2000, na qual o autor faz uma classificação preliminar das obras a partir das categorias de avaliação construídas por ele. No nosso caso, a tabela 2 nos possibilitará uma visualização dos subitens por cada conteúdo que analisamos, tendo em vista os tópicos de interesse de nosso trabalho e em quais livros se encontram estes temas.

Tabela 2

Conteúdos	Subitens	Livros						
		1	2	3	4	5	6	7
Oscilações	Movimento Harmônico Simples (MHS)	X	x				x	
	Cinemática e dinâmica do MHS							
	Tipos de oscilações	x						
	Sistemas oscilatórios.	x					x	
Tipos de ondas	Ondas transversais e longitudinais	x	x	x	x	x	x	
	Ondas planas, circulares e esféricas	x						
	Ondas estacionárias	x	x	x	x	x		
	Ondas eletromagnéticas.		x		x	x	x	
Dimensões Propagação	Unidimensionais.			x			x	
	Bidimensionais.		x	x			x	
	Tridimensionais.			x			x	
Parâmetros	Velocidade de propagação.	x	x		x			
	Comprimento	x	x	x	x	x	x	
	Amplitude, frequência e período.	x	x	x	x	x	x	
	Princípio de superposição.			x				
	Energia da onda				x			
	Ondas em uma corda		x					
	Interferência	x	x	x	x	x	x	
Tópicos	Refração	x	x	x	x	x	x	

	Reflexão	x	x	x	x	x	x	
	Difração,	x	x	x	x	x	x	
	Ressonância	x		x		x	x	
	Polarização				x		x	
	Efeito Doppler	x				x	x	
Som	Espectro sonoro			x		x	x	
	Propriedades ondulatórias do som		x	x	x			
	Altura		x	x	x			
	Ondas sonoras		x	x	x	x	x	
Música	Tubo sonoro fechado		x		x	x		
	Tubo sonoro aberto.		x		x	x		
	Instrumentos de percussão		x					
	Sons musicais.			x	x			

2.1.1 O QUE CONTÊM OS LIVROS.

Nesta parte do trabalho descrevemos, inicialmente, cada um dos livros nos quais estará pautada nossa pesquisa, começando pelo livro de Física de Décimo grado do ensino Cubano, por duas razões fundamentais: uma delas foi explicitada por nós e se refere aos inícios dos questionamentos que deram origem ao nosso tema de investigação. A outra razão é que a padronização do ensino cubano faz deste o único guia didático para a primeira série do ensino médio.

DESCRIÇÃO DOS LIVROS:



Física Décimo Grado.

Autor: Rolando Valdés Castro, et al.

Editora: Pueblo y educación.

Havana.

Ano de publicação: 1989.

Este livro é composto por oito capítulos, sendo que o último deles se dedica ao movimento ondulatório mecânico. No que diz respeito à abordagem epistemológica, esperamos encontrar contribuições aos fenômenos ondulatórios ligados ao som, tendo em vista a relação destes eventos com o tema das oscilações mecânicas, tratado no capítulo sete.

No que diz respeito ao ano de edição, 1989, esta obra é a mais antiga das analisadas neste trabalho, o que significa que várias gerações em Cuba têm sido formadas e educadas sob os conteúdos que ela apresenta. Tal fato constitui uma distinção com relação aos livros brasileiros, no que se refere a imagens, informação científica atualizada, divergência de critérios entre os autores e a possíveis erros que possam ser encontrados na obra após uma revisão.



Curso de Física.

Autores: Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga

Volume 2

Editora: Scipione

São Paulo.

Ano de publicação: 2005.

A coleção destes autores é formada por três volumes. Os temas de interesse da nossa pesquisa estão no volume II da coleção. Este livro está composto por oito capítulos, os quais aparecem distribuídos em quatro unidades. A última destas, a unidade oito, se denomina: “Ótica e Ondas”.

Durante o desenvolvimento da unidade se tratam temas como reflexão e refração da luz, nos capítulos 14 e 15. O último deles se dedica ao estudo do Movimento Ondulatório. De forma especial, nesta obra centramos a atenção nos seguintes temas: MHS, ondas em uma corda, ondas na superfície de um líquido, difração, interferência, ondas sonoras. Este último é de interesse particular para nosso trabalho.

Antes de iniciar cada capítulo, esta obra apresenta um resumo dos conteúdos que são tratados e uma sugestão de abordagem que dão os autores aos conteúdos do mesmo. Na seção “Apêndice”, são abordados temas que não foram analisados durante o desenvolvimento dos capítulos. Nele, segundo os autores, se estudam tópicos que não comprometem o interesse dos alunos. Nesse sentido, entendemos que são aqueles conteúdos que estão fora dos clássicos assuntos vistos nos livros de Física do ensino médio ou aqueles que têm certa repercussão no vestibular.



Curso de Física de Gaspar

Autor: Alberto Gaspar.

Volume único.

Editora: Ática

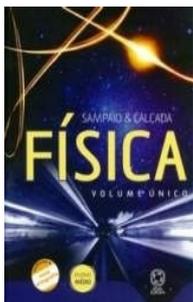
São Paulo

Ano de publicação 2005.

Esta obra é composta por 46 capítulos, os quais estão contidos em quatro unidades que tratam os seguintes temas: Mecânica, Ondas e Óptica, Termodinâmica e Eletromagnetismo. Na introdução do livro, podemos encontrar uma definição de Física, a qual informa ao aluno o objetivo de estudo desta ciência e a sua função na sociedade. Antes de começar cada capítulo, segue-se uma descrição do mesmo e a importância do estudo dos temas que nele se apresentam, tendo em vista a relação destes com o dia-a-dia.

Durante a análise desta obra, nossa atenção se enfocou nos seguintes tópicos: Ondas, princípio de superposição, interferência, ondas estacionárias, ondas bidimensionais, difração, ondas tridimensionais, som, frequência, altura, espectro sonoro, propriedades ondulatórias do som e música como tema de interesse particular da investigação.

Pode-se encontrar também ao final do capítulo 46: “Indução Eletromagnética”, um item onde se apresentam algumas questões gerais sobre a Física Moderna, sugestões de leituras e a resposta aos exercícios que foram propostos. Esta é uma obra atualizada, o que se reflete nas figuras, imagens e na abordagem aos conteúdos nela presentes.



Física – Ciência e tecnologia.

Autores: Carlos Magno A. e Paulo César Martins.

Volume 2.

Editora: Moderna.

São Paulo

Ano de publicação: 2005.

A primeira das duas unidades que formam esta obra está dedicada ao estudo da Termologia, da Termodinâmica e do Calor de maneira geral. Os temas de nosso interesse se encontram na segunda unidade, intitulada: “Ondas, som e luz”. Ao final do livro se encontra uma seção dedicada às respostas dos exercícios que foram propostos em cada capítulo. Também ao longo da obra são propostos experimentos que podem ser realizados com materiais acessíveis e de baixo custo. Uma lista de leituras sugeridas aparece ao final de cada capítulo, as quais podem ampliar a visão do conteúdo tratado durante o desenvolvimento do mesmo.

Dentre os temas desta obra nos quais se centrou a nossa pesquisa, se encontram: energia e ondas, características de uma onda, tipos de ondas, fenômenos ondulatórios, ondas estacionárias, ondas sonoras e sons musicais.



Curso de Física.

Autores: José Luiz Sampaio e Caio Sergio Calçada.

Volume único

Editora: Atual.

São Paulo

Ano de publicação 2005.

Este livro aborda temas que vão desde a Física clássica até a Física moderna. Todos estes conteúdos são tratados em 74 capítulos, os quais se encontram localizados em 6 unidades. A obra consta de 472 páginas, que apresentam um conjunto de exercícios propostos resolvidos. Contém também uma série de seções com objetivos diferentes, procuram motivar o aluno tanto quanto propiciar uma visão contemporânea e contextualizada da ciência em geral e da Física em particular. Algumas destas seções são: “História”, com textos que revelam como se tem dado o desenvolvimento científico nesta especialidade; a seção “Não é bem assim”, que esclarece as unidades das grandezas e conceitos. Na seção “Observação”, por exemplo, os autores chamam a atenção sobre tópicos que foram tratados

anteriormente. Ao final, se apresentam as respostas aos exercícios propostos ao longo do livro, questões de vestibular e do ENEM com as respectivas respostas.

Os temas desta obra aos quais dirigimos a nossa atenção são: Ondas transversais e longitudinais, comprimento de onda, Onda mecânica, frequência e período, espectro sonoro, propriedades das ondas; dentro deste último item se contemplam os fenômenos da reflexão, refração, difração, polarização da luz, ressonância e o Efeito Doppler. Outros dos tópicos que nos suscitou interesse dentro da obra foram os referidos às interferências construtivas e destrutivas e as ondas estacionárias.



Universo da Física.

Autores: José Luiz Sampaio e Caio César Calçada.

Volume 3

Editora: Saraiva.

São Paulo.

Ano de publicação: 2005.

Este livro está composto por 19 capítulos e está dividido em quatro unidades. Contém também várias seções que buscam propiciar uma visão contemporânea da ciência, esclarecer algumas dúvidas sobre o comportamento físico de alguns fenômenos da natureza. Por exemplo, na seção “Desafios”, incentivam o aluno a pesquisar mais sobre determinado tema, para despertar o interesse sobre ele. Na seção “Aprofundamento”, os exercícios ali propostos contem um maior grau de complexidade. Ao final do volume estão as respostas aos exercícios das seções “Aplicação”, “Aprofundamento” e “Reforço”.

O foco da nossa pesquisa, o capítulo dedicado ao estudo das ondas, está na unidade 3, capítulo 17, nele se encontram os seguintes tópicos: Oscilações periódicas, pêndulo simples, MHS, ondas mecânicas, Pulso e trem de ondas, Ondas transversais e longitudinais, ondas periódicas unidimensionais, ondas periódicas bi e tridimensionais, Ondas eletromagnéticas e as propriedades das ondas. Dentre as propriedades

que se estudam, podemos encontrar os fenômenos de: refração, reflexão, difração, polarização, ressonância e Efeito Doppler.



Curso de Física.

Autores: Aurélio Gonçalves e Carlos Toscano.

Volume único.

Editora: Scipione.

São Paulo.

Ano de publicação: 2005.

Este livro didático está formado por três unidades: “Mecânica”, “Física térmica e Ótica” e “Eletricidade e Magnetismo”, as quais estão divididas em 8,7 e 4 capítulos, respectivamente. Além disso, contém dois capítulos complementares ao final da obra dedicados à cinemática vetorial e escalar. Esta obra foi editada em 2007, portanto é a edição mais recente das que formam o PNLEM 2009. Começa com a apresentação da Física e do seu objeto de estudo, assim como dos tópicos que serão abordados no livro. Nela se podem encontrar quadros que possuem informações adicionais, atividades experimentais e um grupo de exercícios com suas respostas. Ao final da obra há uma lista de exercícios complementares e uma tabela das funções trigonométricas para referência do aluno nas resoluções de exercícios que dela dependam.

2.2 ANÁLISE DOS LIVROS

2.2.1 Livro: Física Décimo Grado.

Autores: Ricardo Valdés, Castro.et al.

Sobre o capítulo de Oscilações Mecânicas.

No presente capítulo, encontramos um estudo cinemático e dinâmico das oscilações mecânicas. O estudo deste movimento revela a sua importância na variedade de circunstâncias nas quais se apresenta na natureza e nas áreas de atuação humana. Tendo como base esta premissa, os autores apresentam dois exemplos de oscilações, as quais produzem ondas sonoras. O primeiro deles, de acordo com a categoria

RFM, refere-se a uma corda de violão oscilante, já o segundo, se reporta às partículas de ar que vibram após a fala de uma pessoa.

Outra razão apontada a favor da importância do estudo destes movimentos e suas equações é a que se refere à relação que pode ser estabelecida posteriormente com o conteúdo das oscilações eletromagnéticas. Isto nos parece razoável segundo a categoria RC do nosso trabalho, já que este último tema, a nosso ver, contribui no que diz respeito a sua contextualização e uso no cotidiano, à compreensão de muitos dos avanços científicos e tecnológicos acontecidos no passado e no presente século.

Seção 7.1: Conceitos de movimento mecânico oscilatório e movimento harmônico simples.

Para dar início ao estudo do movimento oscilatório e à definição dos parâmetros e conceitos sobre o assunto, os autores levam o estudante a lembrar de alguns fenômenos que foram estudados por ele em séries anteriores. A construção do conhecimento neste item se dá a partir do que o aluno já traz consigo. Nesse sentido, as representações prévias seriam comparadas com as novas informações, viabilizando as relações necessárias à assimilação dos novos significados que lhe estejam sendo apresentados (ARAÚJO, 2003).

A apresentação do MHS se faz a partir de uma abordagem que vai do geral ao particular, tendo como base o tratamento dado às oscilações periódicas, livres, forçadas, amortecidas e não amortecidas. A seguir, se define o MHS e se declara que este constitui um modelo físico, assim como o modelo do ponto material, ao qual se tem feito alusão durante os diferentes tópicos da Mecânica estudados nesta obra. Desta maneira é que o aluno consegue fazer analogias entre os modelos físicos apresentados no curso. Nesse sentido Andrade et al (2002) nos diz que:

A estratégia analógica de instrução consiste em uma modalidade de explicação, onde a introdução de novos conhecimentos por parte de quem ensina, se realiza a partir do estabelecimento explícito de uma analogia com um domínio de conhecimento mais familiar e melhor organizado, que serve como marco referencial para

compreender a nova informação, captar a estrutura da mesma e integrá-la de forma significativa na estrutura cognitiva.

Definição de MHS: Denomina-se MHS, o movimento não amortecido de um ponto material, cuja posição varia em função do tempo segundo função seno ou cosseno da forma: $x = A \sin(\omega t + \theta)$ ou $x = A \cos(\omega t + \theta)$

No que se refere ao conceito dado pelos autores sobre o MHS, consideramos pertinente fazer uma observação dirigida ao termo: movimento não amortecido, pois pensamos que esta denominação não fica clara. Ou seja, há a possibilidade do movimento oscilatório forçado, no qual um agente externo atua sobre o sistema, suponhamos, com frequência constante, fornecendo energia ao oscilador. Nesse caso também existe variação da posição em função do tempo segundo uma função seno ou cosseno e o movimento é não amortecido, porém não é MHS. Como se pode perceber, as condições sob as quais os autores enunciam o MHS são encontradas em outro tipo de movimento. Ante tal situação, eles poderiam ter feito referência à Lei de Hooke, estudada no capítulo 3 desta obra. Entendemos que esta definição ficaria mais clara e precisa se tivesse sido levada em conta a relação de proporcionalidade direta entre a força e o deslocamento, condição que foi estudada no capítulo 3 desta obra “Dinâmica do ponto material” fazendo uma contribuição epistemológica ao tema em questão.

Questões e exercícios do 7.1

Ao final da seção se propõem sete questões teóricas que têm como objetivo retomar conceitos sobre os tipos de oscilações estudadas durante esta primeira parte do capítulo. Uma idéia presente nas perguntas é que o aluno identifique estes movimentos como parte do seu entorno. Em algumas delas, se pede para que ele exemplifique situações que evidenciem a contextualização do conteúdo.

Tendo em vista a categoria RC, esta abordagem sugere que o conhecimento seja visualizado fora da sala de aulas, a partir de sua aplicação em outras formas de expressão e produção humanas.

Seção 7.2: Cinemática do Movimento Harmônico Simples.

Partindo de conhecimentos estudados em séries anteriores, este tópico apresenta as equações cinemáticas do MHS. Nesse mesmo sentido, conteúdos trigonométricos, cinemáticos e dinâmicos que foram tratados antes de chegar a este item são importantes para a compreensão do tema em questão.

Com a análise das figuras 7.3 à 7.7, do anexo 1 podem-se verificar as expressões obtidas a partir da superposição dos dois movimentos.

As questões a serem realizadas neste tópico têm como objetivo o cálculo dos parâmetros que se mostram na expressão da elongação para um MHS. Por sua vez, devem ser preenchidas tabelas com a indicação dos valores negativos ou positivos da elongação, velocidade e aceleração do sistema oscilante para diferentes posições e frações de período. Outro objetivo é a obtenção das equações de velocidade e aceleração a partir da equação da elongação. Com este tipo de questões se pretende a sistematização destes conteúdos. A forma repetitiva com que se apresentam estas questões deixa de lado o fato de contribuir a fazer um aporte significativo ao desenvolvimento crítico do pensamento. Nesse sentido, há ausência da categoria RC na abordagem.

Seção 7.3: Dinâmica do Movimento Harmônico Simples.

A análise do comportamento dinâmico do sistema começa com a junção da equação matemática que descreve a Segunda lei do movimento de Newton e a Lei de Hooke. Sendo assim, os autores obtêm a relação de dependência da frequência angular com a constante elástica e a massa do sistema.

Por outro lado, se declara que todo corpo sobre o qual aja uma força do tipo $F = -Kx$ se movimentará com MHS. Vale à pena retomar a observação feita por nós no item 7.1, referente à omissão desta declaração na definição do MHS.

A seguir, se fazem algumas considerações relativas ao comportamento energético de um corpo que se move com MHS.

Seção 7.4: Sistema corpo-mola e pêndulo simples.

Nesta seção, o modelo do MHS é aplicado a dois sistemas oscilatórios: o sistema corpo-mola e o pêndulo simples. Aqui são apresentadas as

expressões da frequência e do período que caracterizam cada um dos sistemas. Neste ponto do capítulo, os autores se apóiam em conteúdos matemáticos e físicos anteriores. A presença de conteúdos relativos aos temas abordados nos capítulos 2, 3 e 6, ou seja, à cinemática, dinâmica e trabalho e energia, é uma comprovação da presença neste item da categoria AE, o que transparece o interesse dos autores na construção do conhecimento tendo em conta conteúdos já estudados.

Questões e exercícios do 7.4.

Neste tópico se propõem oito questões com as quais os autores procuram que o aluno expresse a relação de proporcionalidade entre os parâmetros das equações de período e da frequência, para os dois casos estudados. Outros dois objetivos são o cálculo destas grandezas e a interpretação das expressões tendo em vista os parâmetros característicos dos osciladores.

Vale ressaltar aqui que nenhuma das questões vincula o conteúdo ao cotidiano, nem nelas se faz referência a uma abordagem histórica do tema tratado no item.

Até aqui, nenhum dos itens faz referência à Música. Exemplos de cordas em instrumentos musicais ou membranas percutidas acercariam o conteúdo ao dia-a-dia do aluno e possibilitariam a visualização do elo que procuramos com a nossa pesquisa nos livros didáticos.

Seção 7.5: Oscilações amortecidas e forçadas. Ressonância.

É sabido que a diminuição da energia mecânica do sistema devido à ação das forças de atrito leva à diminuição da amplitude das oscilações. Nesta obra, para representar este evento, os autores utilizam a figura 7.12, anexo 1, a qual é uma montagem experimental. Sobre este ponto, fazemos a seguinte pergunta: é necessária uma montagem dessa dimensão para simular em sala de aula um evento tão comum como as oscilações amortecidas? Pensamos neste caso que a utilização de um equipamento que está fora do contexto de atuação do aluno, dificulta a visualização do fenômeno quando o que se pretende hoje, segundo os PNCs, é expor os conhecimentos através de exemplos mais próximos,

neste caso as oscilações amortecidas, de forma que o aluno reflita na presença deste conteúdo na sua prática diária. Nesta primeira parte da seção, os autores poderiam ter feito alusão à propagação do som devido à vibração de um meio material, ou seja, que o som se propaga enquanto não se amortecem as oscilações das partículas do meio perturbado. Como exemplo do anteriormente discutido o constitui o som produzido por um instrumento musical.

Oscilações forçadas.

A figura 7.13, anexo 1, representa um sistema no qual um corpo entre duas molas descreve oscilações forçadas. A análise qualitativa da montagem possibilita estabelecer relação entre os parâmetros que compõem o sistema.

Os autores enfatizam a relação entre a frequência e a força externa que age sobre o sistema e a amplitude que este adquire, assim como a relação da amplitude com a força de fricção.

A maneira de visualizar o conteúdo é analisando um exemplo típico de oscilação forçada com o qual se tem certa familiaridade. Este exemplo descreve uma criança sobre um balanço, o qual está sendo impulsionado por um agente externo. Esta situação apresenta o conteúdo físico como parte do cotidiano, embora pudessem ter sido colocados outros exemplos vinculados com a música, o que é interesse para este trabalho. Neste caso, poderia ter sido utilizado o exemplo de uma membrana de um instrumento de percussão que oscila devido aos contínuos batimentos sobre ela.

Ressonância.

O fenômeno da ressonância se apresenta a partir de um gráfico no qual se representa a variação da amplitude das oscilações de um sistema para diferentes valores do coeficiente de amortecimento. O gráfico permite que seja visualizada a relação entre as forças de atrito e a frequência na qual acontece o evento. Mas não consideramos correta a representação do fenômeno da ressonância, pensamos que exemplos que o descrevam levando o aluno a identificá-lo como um evento com o qual ele convive contribuiriam, a nosso ver, para uma melhor

compreensão do item, até porque os fenômenos naturais não são representações gráficas. Ante tal situação, o tratamento inicial do tópico poderia influenciar negativamente a formação do conhecimento. Entendemos que, neste ponto, não se faz uma abordagem contextual do tema em torno de sua aplicação na tecnologia, na cultura (na afinação de instrumentos musicais), na emissão de canais de televisão e emissoras de rádio.

Seção 7.6: Exercícios resolvidos e tarefas gerais do capítulo.

Nesta seção, são propostos cinco exercícios que têm como objetivo o cálculo dos parâmetros característicos das equações cinemáticas que descrevem os movimentos oscilatórios, assim como a obtenção destas expressões a partir dos gráficos correspondentes. Com estes exercícios, o aluno sistematiza a forma de resolução das situações apresentadas, mas os mesmos não contribuem para formar um pensamento criativo nem para a reflexão sobre a presença das situações no contexto no qual ele está inserido.

Por sua vez, as questões gerais do capítulo propõem vinte e cinco exercícios nos quais o aluno deve colocar em prática o conhecimento adquirido durante todo o capítulo. Parte dos exercícios propostos nesta seção tem como objetivo fazer o aluno utilizar sua capacidade de análise e interpretação de gráficos, para posteriormente obter as expressões cinemáticas e dinâmicas correspondentes.

Os exercícios estão fora de contexto e não contribuem para a criticidade ante os eventos naturais relacionados com os movimentos oscilatórios.

Com a análise feita nas seções até aqui, fica evidenciada a carência de uma abordagem do conteúdo relativo aos movimentos vibratórios que explicita a relação destes conhecimentos físicos com a música.

Sobre o capítulo de Ondas Mecânicas.

No início do capítulo, o movimento ondulatório é apresentado como um dos movimentos com o qual temos grande contato. A idéia apontada pelos autores sobre a interpretação ondulatória de um grande número de fenômenos se contrapõe à visão de isolamento que, ocasionalmente,

damos aos eventos naturais. De tal forma, esta é uma tentativa a favor da mudança de olhar sobre a natureza e sobre a ciência, tendo em vista a integração destes acontecimentos.

Seção 8.1: Conceito e características do movimento mecânico ondulatório.

Para dar início ao estudo do movimento ondulatório mecânico são oferecidos exemplos que fazem parte do cotidiano. Neste caso, encontramos: a) de um pulso que se propaga por uma corda, b) a perturbação das partículas de ar devido às oscilações de uma corda de violão e c) as ondas provocadas na superfície de um líquido. Tal abordagem introduz a definição de onda mecânica e as características que as diferenciam das ondas eletromagnéticas.

Com base na categoria AE, nesta seção se faz uma descrição qualitativa do movimento ondulatório a partir de grandezas e definições estudadas em capítulos anteriores. Porém, existe discordância entre a abordagem feita e a figura 8.4 anexo 1, com ela se define: velocidade de propagação, amplitude de onda e longitude de onda, mas durante as definições os autores se referem aos pontos 16, 17 e 18, os quais, segundo a abordagem acima, são posições pelas quais se propaga a perturbação. Todavia, estes não estão na figura, sendo dificultosa a interpretação da mesma e, portanto, a recepção do conteúdo.

Seção 8.2: Equação do movimento ondulatório.

Neste item, se utiliza o gráfico representado na figura 8.8 anexo 1 para chegar à equação de onda e, a partir desta, à definição do número de onda e da frequência angular.

Seção 8.3: Propriedades das ondas.

Aqui as figuras 8.12 (a) e (b) do anexo 1 são utilizadas como complemento na compreensão do Princípio de superposição logo após a definição deste, mas estas não permitem fazer uma interpretação clara do fenômeno.

Reflexão e refração das ondas.

Nesta parte, é utilizada a figura 8.15 anexo 1, a qual representa uma máquina de ondas. No primeiro caso, é analisada a reflexão de um

pulso que se propaga pelas varetas do equipamento até chocar com o extremo fixo e acontecer a inversão do mesmo. Em seguida, se mostra o fenômeno da refração, o qual ocorre variando a distribuição de massa das varetas de uma parte da máquina de ondas, conforme representado na figura 8.17 anexo 1. Pensamos que o tratamento dado à representação do evento no dispositivo não é adequado, pois as figuras utilizadas não representam claramente o fenômeno. Porém, no caso das figuras 8.19 e 8.20 anexo 1, a refração fica mais clara e precisa, de maneira que se facilita a compreensão do evento e das expressões empregadas para chegar à Lei de Snell.

Difração das ondas.

Na descrição feita sobre esta propriedade das ondas, são utilizadas as figuras 8.24 (a), (b) e (c) anexo 1, conjuntamente com a explicação do evento. É mostrado que há relação de dependência entre as dimensões do orifício pelo qual transita a onda e o comprimento de onda da onda incidente. Os exemplos analisados neste item referem-se a ondas sonoras. São exemplos contextualizados que contribuem para a reflexão do evento e revelam a presença da categoria RC na abordagem. Nenhum deles está relacionado com a Música.

Efeito Doppler.

O tratamento dado ao Efeito Doppler é realizado com clareza, facilitando assim a visão deste evento no cotidiano através dos exemplos utilizados. Tanto com as figuras empregadas, quanto com a abordagem realizada do fenômeno, os autores conseguem explicitar o comportamento físico do mesmo.

Questões e exercícios do 8.3

Nas questões do tópico, os objetivos são que o aluno volte aos enunciados dos conceitos apresentados. As perguntas, todas qualitativas, buscam evidenciar as propriedades, características e aplicações de todos os eventos e princípios estudados durante o item, no cotidiano.

Seção 8.4: Ondas estacionárias.

Apesar deste tipo de ondas serem comuns, os exemplos colocados na seção precisam de certo nível de abstração. Exemplos relativos a instrumentos musicais de cordas visualizariam com maior clareza as características das ondas estacionárias.

Ao se tratar a parte do conteúdo referente a ventres e nós, não há, na abordagem realizada uma figura que mostre estas regiões.

O tratamento dado neste item ao conteúdo fica distante da compreensão. A falta de exemplos e situações que contribuam à reflexão e à interpretação do fenômeno no dia-a-dia é, a nosso ver, uma deficiência.

2.2.2 Curso de Física.

Autores: Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga.

Para proceder à análise do livro didático em questão, partimos da apresentação e das sugestões de desenvolvimento do conteúdo defendidos pelos autores no capítulo 16. Inicialmente concordamos com a idéia que estes colocam sobre a importância do estudo do movimento ondulatório devido à sua presença em diversos campos da Física, e pelo fato do ser humano ter contato com as ondas desde antes de vir ao mundo. Sendo que as diferentes manifestações de propagação ondulatória estão nas nossas vidas constantemente durante o desenvolvimento das nossas atividades. Entretanto, muitas pessoas estão alheias a estes fatos ainda que desde o início século XX tenha existido um aumento do uso das novas tecnologias baseadas nestes princípios físicos.

Outra consideração é a de que o processo de desenvolvimento científico não acontece de forma linear, e, portanto teorias que não respondem a determinados princípios, são substituídas por outras mais adequadas, o que de alguma maneira faz alusão ao desenvolvimento histórico do tema. Dai a nossa categoria sobre a abordagem histórica, AH, marca presença. Pensamos que um tratamento nesse sentido constitui uma tentativa de passar ao aluno uma visão de ciência na qual esta supere o pragmatismo de verdade absoluta.

Seção 16.1: Movimento harmônico simples.

Nesta seção, os autores se limitam à descrição do movimento harmônico simples de um sistema massa-mola em uma superfície horizontal sem atrito. A partir da equação da força elástica: (1) $F = -kx$ é analisada a relação de proporcionalidade entre as grandezas desta expressão.

Achamos que vale a pena mencionar aqui o fato de que na equação (1), no livro, não aparece o sinal negativo cuja interpretação matemática possibilitaria ao aluno verificar a orientação da força com relação à deformação da mola. Nesse mesmo sentido, entendemos que os autores deveriam ir além da colocação das expressões matemáticas, como é o caso, mas contribuir para a interpretação das mesmas, de maneira que resulte compreensível para o aluno o evento em questão tanto quanto a aplicação dos conteúdos matemáticos e físicos vistos na escola, na interpretação dos fenômenos da natureza.

As definições de amplitude, frequência e período de uma oscilação são apresentadas conforme os exemplos de cada um dos casos na figura 16.2/302, anexo 2. Observa-se que uma das representações desta refere-se ao movimento oscilatório descrito pela corda de um violino entre duas posições extremas. A visualização da figura por sua vez, contribui para uma melhor apropriação dos novos conceitos, pois a representação destes parâmetros nela é clara e precisa.

Com a proposta de 6 exercícios de fixação, os autores buscam que o aluno utilize as expressões e conceitos que foram definidos até este momento. Vale mencionar a ausência da categoria RC na abordagem feita, pois nenhum dos exercícios relaciona o conteúdo com o cotidiano. Por outro lado, não se faz alusão, durante o desenvolvimento do tema, ao fato do MHS ser um modelo devido à impossibilidade de eliminar as forças de atrito da natureza. Diante disso, pensamos que devem ser declaradas as condições sob as quais se considera que um corpo se movimenta com MHS e que como modelo físico, constitui uma simplificação que possibilita a compreensão dos eventos vibratórios em geral.

Por sua vez, no apêndice (p.350), se trata o MHS com mais precisão e detalhe. Porém, como foi dito na seção 2.1.1 da nossa pesquisa, os autores declaram no resumo do capítulo 16 que determinados temas serão tratados no apêndice, de modo a não comprometer o curso, nem o interesse dos alunos. Nesse sentido, aspectos importantes poderiam ser excluídos da análise do curso, como é o caso das expressões para a elongação, velocidade e aceleração omitidas no início do capítulo. Estas, no entanto, são apresentadas no apêndice tendo como base a superposição de dois movimentos: o circular uniforme descrito por um corpo e o MHS devido à imagem deste, projetada sobre o diâmetro da circunferência. Os gráficos do movimento para cada uma das grandezas mencionadas acima são vistos na página 353, anexo 2, levando em consideração as expressões obtidas.

Seção 16.2: Ondas em uma corda.

Esta seção se inicia com a propagação de um pulso em uma corda presa por uma das extremidades. A partir deste exemplo, aparece o conceito de onda dado pelos autores que, por sua vez, definem o que são as cristas e vales de uma onda. Tais declarações são importantes para o entendimento posterior do fenômeno da interferência, especificamente das definições de interferência construtiva e interferência destrutiva, ou seja, estas declarações contribuem para a compreensão da formação das zonas claras e escuras do padrão de interferência.

Porém, na abordagem, faltou a idéia de que a perturbação ondulatória num meio material acontece devido à transferência de energia de uma partícula a outra. Entendemos que com esta colocação o aluno deve refletir sobre a continuidade da matéria, conhecimento que pode ser fortalecido pelo senso comum e as experiências empíricas.

Em itens posteriores, os autores, ao tratarem a perturbação em um líquido, referem-se às ondas em duas dimensões. Porém, a classificação das ondas em planas ou esféricas é omitida no desenvolvimento do tópico, assim como as ondas unidimensionais e tridimensionais.

Na análise da velocidade de propagação da onda, os autores consideram o tempo que demora uma perturbação em viajar de um extremo ao outro da corda e o comprimento da mesma. Para o segundo caso, é vista a dependência da velocidade da onda com a densidade linear de massa do meio e a tensão da corda. Devemos dizer que, neste ponto, os autores não só omitem a expressão: $v=(T/\mu)^{1/2}$, mas também a abordagem feita aqui carece de uma descrição do item que leve o aluno a uma interpretação mais aprofundada sobre o tópico. A nosso ver, este assunto demonstra falta de rigor matemático, fazendo desta forma alusão às idéias colocadas na apresentação do capítulo, quando dizem:

“A apresentação das equações para cálculo da elongação, da velocidade e da aceleração torna-se, a nosso ver, dispensável, pois elas não acrescentam nada de fundamental às idéias físicas sobre esse movimento”.
(ALVARENGA, 2005 p-300).

O tratamento dado pelos autores ao comprimento de onda é baseado nas figuras 16-9 e 16-10 das páginas 309 e 310, anexo 2, as quais, em nossa opinião, favorecem a compreensão do conteúdo. Neste item, também são analisadas as equações que relacionam o comprimento de onda com a velocidade de propagação.

Para o caso em que uma onda passa por meios com diferentes densidades, entendemos que é válida a descrição feita pelos autores no que diz respeito à propriedade das ondas de não variar sua frequência. Além do mais, é vista com detalhe a mudança que acontece na velocidade da onda devido à diferença de densidades e a diminuição ou não do comprimento de onda e sua relação com a velocidade.

Por outro lado, entendemos que exemplos e exercícios devem refletir a aplicação do conhecimento científico, no sentido de contribuir para que a informação esteja mais próxima do aluno, e este se sinta envolvido com o conteúdo. Os exercícios propostos têm o objetivo de levar o aluno a utilizar as equações que foram apresentadas. Vale registrar que tais exercícios não favorecem o desenvolvimento da criatividade e a procura de vias de solução para a problemática apresentada.

Embora o item seja intitulado “ondas em uma corda” em nenhum dos aspectos abordados se faz às ondas formadas em instrumentos

musicais de cordas. O que de alguma maneira acercaria o tópico ao cotidiano do aluno e favoreceria a percepção do elo entre Física e Música.

Seção 16.3: Ondas na superfície de um líquido.

Para dar início ao estudo da seção, são classificadas as ondas em bidimensionais e, paralelamente, é analisado o movimento das partículas de um líquido após ser perturbado. Entretanto, o conteúdo abordado sobre as propriedades das ondas é reforçado no quadro da página 313 anexo 2.

A abordagem dos fenômenos da reflexão e refração é feita mais uma vez aqui, pois antes foram tratados na seção 14.2 e na seção 15.1, respectivamente, naquela ocasião, aplicados as ondas luminosas. Ainda que estes fenômenos aconteçam em tipos de ondas diferentes, isso permite que o aluno perceba as semelhanças e diferenças entre um tipo de onda e outro.

Diferentemente da seção 15.1/ 251-254, onde a expressão da Lei de Snell foi exposta sem uma análise geométrica prévia, consideramos válido, neste item o tratamento geométrico utilizado pelos autores em torno do tópico.

Nos exercícios ao final da seção, o aluno deve colocar em prática o conhecimento aprendido nas seções 16.2: Ondas em uma corda e 16.3, Ondas na superfície de um líquido. Estes exercícios não contribuem para o desenvolvimento crítico e criativo do pensamento do aluno nem para a formação de um conceito de ciência onde esta seja vista influenciada pelos diferentes contextos históricos. Nesse sentido, os exercícios não levam a pensar na aplicação do conteúdo na ciência, na tecnologia, meio ambiente ou nas próprias atividades cotidianas. Com esta situação, ficam comprometidas as sugestões dos PCNs para o ensino de ciências no nível médio.

É necessário também que essa cultura em Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos, técnicos e tecnológicos do cotidiano doméstico, social e profissional. (PCNs, 200-p 47)

Tais exercícios, a nosso ver, contribuem para uma visão errônea da Física, favorecendo assim aquela em que é concebida como matéria que utiliza equações matemáticas para chegar ao resultado do livro ou aquele esperado pelo professor.

Seção 16.4: Difração.

Para analisar o fenômeno da difração, os autores têm se apoiado em figuras que permitem a visualização do fenômeno, permitindo que o aluno o identifique como parte do seu cotidiano. Nesse sentido, para ele deve ficar clara a relação entre o comprimento de onda e a largura do orifício, pois a abordagem realizada possibilita a compreensão do evento.

Em seguida, o fenômeno é apresentado para as ondas luminosas.

Do ponto de vista epistemológico, a análise primeiramente feita do fenômeno nas ondas elásticas ou mecânicas, faz com que o aluno tenha posteriormente uma melhor compreensão do evento nas ondas luminosas, evidenciando como se produz a difração nos dois casos. Este tratamento deixa transparecer a nossa categoria AE, sobre abordagem epistemológica.

A proposta dos exercícios de fixação neste item pressupõe que o aluno utilize a relação entre o comprimento de onda e o tamanho do obstáculo, assim como a relação entre a largura do orifício e o comprimento de onda.

Seção 16.5: Interferência.

Neste ponto, o fenômeno da interferência é visto a partir de um exemplo no qual duas ondas oscilam em igualdade de fase e se supõe que as ondas têm a mesma frequência. As figuras 16-26 a 16-29 anexo 2, evidenciam a presença da categoria RC, conseqüentemente ajudam a representação do fenômeno e a associação do evento com a realidade cotidiana.

Os autores, ao definirem os conceitos de interferência destrutiva e construtiva, tecem alguns comentários e declarações, os quais permitem ao aluno, através do exemplo colocado, uma melhor compreensão do assunto.

Por sua vez, os cinco exercícios apresentados procuram a sistematização do conteúdo de maneira repetitiva, pouco criativa e descontextualizada. Este tipo de tratamento é similar ao feito pelos autores quando foi estudado o fenômeno da difração. Inicialmente, foram analisadas as ondas mecânicas e, em seguida, as ondas luminosas. Do ponto de vista epistemológico, esta apresentação do conteúdo permite perceber uma regularidade tanto em um tipo de onda quanto no outro, o que deve levar a uma melhor formação do conhecimento do aluno.

Seção 16.6: Interferência com a luz.

Neste tópico, se estuda o fenômeno da interferência nas ondas luminosas, o que foge do nosso foco de interesse, porém achamos válido assinalar que, entre a seção 16.1 e a seção 16.6, apenas em duas ocasiões se analisam aspectos históricos, categoria AH, a última destas se referindo à vida e obra de Tomas Young (1773-1829). A falta destas observações supõe a falsa noção de crescimento linear na ciência.

A partir do experimento de Young, em 1801, se consegue fazer uma junção entre dois fenômenos ondulatórios: a difração e a interferência. Portanto, epistemologicamente até aqui, o aluno tem sido informado sobre uma série de conceitos que contribuirão para uma melhor formação do conhecimento.

Tendo em vista a categoria AE, a caracterização das cores pelos valores de frequências permite mais uma vez que o aluno retorne ao conhecimento anterior sobre refração de ondas elásticas, ou seja, se retoma a idéia de que, embora a onda seja luminosa, sua frequência não varia quando ela passa de um meio para outro, como acontece com as ondas mecânicas. Portanto, fica claro que esta característica do movimento ondulatório, possibilita associar a cada cor um valor de frequência, conforme mostrado na tabela 16.2 da obra.

Questões e exercícios propostos.

Baseando-nos na nossa categoria EP, os exercícios que aqui se apresentam têm como objetivo a sistematização das idéias que foram discutidas durante esta última seção. Estes se caracterizam

principalmente por uma descrição qualitativa dos eventos relacionados com o movimento ondulatório. Não existem exercícios que promovam a interpretação e a criatividade em todo o capítulo. As respostas aos exercícios poderão ser encontradas facilmente voltando-se às páginas anteriores. A falta de contextualização dos fenômenos dificulta a compreensão das situações apresentadas. Acreditamos que a omissão de informações pelos autores dentro do capítulo por considerá-las “cultura inútil” é equivocada, essa falta de informação deveria ter sido suprida com uma maior contextualização dos tópicos tratados.

Seção 16.7: Ondas sonoras.

No começo deste item, os fenômenos sonoros são associados às vibrações que acontecem em meios elásticos. Sendo assim, são válidos os exemplos relacionados às perturbações produzidas no ar pelos instrumentos musicais. Consideramos válida a abordagem feita neste tópico, categoria AE, no que diz respeito à construção do conhecimento, sobre a relação dos movimentos oscilatórios e ondulatórios, mas também do vínculo destes com a música, categoria RFM.

Concordamos com o conceito de som apresentado pelos autores como o intervalo de frequências compreendidas aproximadamente entre 20 e $2 \cdot 10^4$ Hz. O livro de Máximo e Alvarenga, diferentemente de outras obras, define o que é infra-som. Porém, os exemplos que são analisados em algumas das obras se assemelham ao que se refere à emissão de ondas de ultra-som.

O tratamento dado ao item “Velocidade do som” contempla a categoria AH, e se refere à medição da velocidade do som no ar, tendo em vista como influem as características do meio na velocidade de propagação da onda.

No caso da intensidade de uma onda sonora, esta aparece relacionada com outras duas grandezas físicas que foram estudadas com antecipação. A primeira, a energia transportada pela onda e, a segunda, a amplitude desta.

No que se refere a este trabalho, a apresentação dos conceitos de altura e timbre aparecem relacionados aos conceitos de frequência e

intensidade, deixando perceber, através da abordagem feita pelos autores, o vínculo entre física e música.

Questões e exercícios propostos.

Para este capítulo se propõem seis exercícios, dos quais quatro vinculam os conceitos estudados com a música. Destes quatro, os exercícios 33 e 34 da página 335 não são contextualizados nem convidam à reflexão crítica das situações, o que mostra déficit no que diz respeito à categoria EP.

D.2 “ Cordas vibrantes e tubos sonoros.”

Neste tópico se tratam aspectos que não foram analisados e que a nosso ver deviam ter sido apresentados dentro do capítulo 16. A presença dos assuntos estudados nesta seção no cotidiano lhe dá destaque entre os apresentados no texto. Deve-se prestar atenção ao fato deste tema ter sido deixado a critério dos professores para seu estudo em aulas de Física.

Esta seção começa com a apresentação da expressão para a velocidade de propagação de uma onda, embora, na página 308, os autores tenham falado da dependência da velocidade com as propriedades do meio no qual se propaga a onda, mas sem colocar a equação que define esta relação.

No item, “Emissão de som por uma corda em vibração”, menciona-se o vínculo do som que percebemos com a frequência com que oscila uma corda. Relacionar este evento com os instrumentos musicais de cordas (violão, violino) deixa ver que as expressões matemáticas, conceitos físicos, guardam relação com a música. O uso de imagens e fotos contribui na visualização da discussão que se faz destes dois assuntos.

Os harmônicos formados numa corda vibrante são vistos a partir da frequência fundamental. Vale a pena dizer que, diferentemente de outros itens, os autores colocam as equações das frequências para cada harmônico, e os comprimentos de onda para os harmônicos apresentados na figura D-8 página 56, anexo 2. Nos comentários, demonstra-se como os conteúdos físicos são aplicados a alguns dos instrumentos musicais de corda. Visto desta forma, o tratamento feito

está estreitamente vinculado com nossas categorias RC e RFM, as quais se referem à relação com o cotidiano e ao vínculo Física e Música, respectivamente.

Tubo sonoro fechado.

Neste tópico, observa-se a aplicação das ondas estacionárias aos tubos sonoros fechados. Nesse sentido, pensamos que o tratamento feito às equações, ao conteúdo teórico e a aplicação destes aos instrumentos musicais de sopro, contribui para uma melhor compreensão dos eventos sonoros. As expressões para a determinação da frequência fundamental e dos subseqüentes modos de vibração, conjuntamente com as figuras, permitem que seja visualizado e analisado o que acontece no interior destes tubos sonoros. É válida a observação feita pelos autores aqui, no que se refere à diferença que existe entre as frequências dos modos de vibração para os tubos sonoros: $f_1=v/4L$; $f_2=3f_1$; $f_3=5f_1$ e frequência de vibração de uma corda em vibração: $f_1=v/2L$; $f_2=2f_1$; $f_3=3f_1$ sendo que $v=(T/\mu)^{1/2}$.

Tubo sonoro aberto.

Contrariamente aos exemplos vistos anteriormente (corda vibrante e tubo sonoro fechado), nos quais acontece a formação de ondas estacionárias com ao menos uma das extremidades fechadas, no tubo sonoro, que é caso de estudo agora, as extremidades estão abertas, o que constitui a característica fundamental destes dispositivos.

A apresentação das equações para a frequência do harmônico fundamental, e para os subseqüentes harmônicos da figura D-12 anexo 2, possibilita a análise das expressões através das figuras, comparando-se os resultados obtidos com os anteriores. Neste caso se vê que ainda que sejam diferentes os instrumentos, os resultados para tubos abertos são os mesmos que para os instrumentos de corda que foram analisados, o que mostra a relação entre os dois tipos de instrumentos desde o ponto de vista da aplicação do conhecimento físico no funcionamento destes.

Instrumentos de percussão.

Para estes instrumentos, os autores ressaltam a sua presença no fazer musical cotidiano de bandas e orquestras. Também assinalam o seu uso desde as comunidades primitivas, deixando mais precisa a idéia do uso destes instrumentos através da história. Consideramos pertinente mencionar que os autores não se detêm no estudo dos instrumentos percussivos, segundo os mesmos, devido à diversidade destes e, portanto, à dificuldade de criar um padrão de comportamento para todos os instrumentos de percussão conhecidos.

Ao final da seção, são propostos oito exercícios, dos quais cinco relacionam o movimento ondulatório com os sons emitidos por instrumentos musicais. Em nenhum momento ao longo do apêndice (parte esta na qual, segundo os autores, são abordados os temas menos relevantes e possibilitar ênfase, no livro, a conteúdos que são objeto de vestibular), se faz alusão ao desenvolvimento histórico da Física Acústica e aos aportes que os homens de ciência fizeram a este assunto, até chegar aos instrumentos musicais e aparelhos de som tal e como são conhecidos hoje. O que deixa em evidência a falta de uma abordagem histórica do tema tal e como procuramos com a nossa categoria AH. A esse respeito só se mencionam cientistas como Bell e Doppler, o que os coloca como os únicos que estudaram os fenômenos ondulatórios referidos ao som.

2.2.3 Curso de Física de Gaspar

Para dar início à descrição do capítulo, devemos dizer que durante a revisão prévia do índice do livro, percebemos que não existe nele um capítulo dedicado ao estudo dos movimentos oscilatórios e, portanto, a definição do que é uma oscilação não aparece. Porém, em várias ocasiões, o autor se refere a este tipo de movimento para especificar ou definir algumas características do movimento ondulatório.

No começo da análise desta obra vimos que nela há declarações feitas sobre os tópicos que serão abordados durante o desenvolvimento dos capítulos dedicados ao estudo do movimento ondulatório em suas diferentes formas, porém, o início dado neste livro ao capítulo 22

“Ondas” é interessante, pois o autor analisa, como primeiro exemplo um surfista que se movimenta sobre uma onda, o que, a nosso ver, representa uma mostra da relação do conteúdo oferecido com o cotidiano, categoria de análise RC.

Capítulo 22: Ondas (I).

Em nossa opinião, alguns movimentos e definições vistos em capítulos anteriores, constituem ponto de partida para o início do estudo das ondas.

Acreditamos ser válido refletir sobre a idéia colocada pelo autor no início do capítulo, página 214: *“Toda propagação ondulatória está associada a um movimento periódico das partículas do meio onde ela se propaga.”* Com esta afirmação, o autor faz alusão também às ondas eletromagnéticas, que, como é conhecido, não precisam de meio material para se propagar. Da forma como está apresentada esta idéia, não se exclui este tipo de ondas, o que poderia trazer posteriormente problemas conceituais na compreensão do conteúdo referente às ondas eletromagnéticas, embora este problema seja retificado na seção: “Ondas mecânicas e eletromagnéticas”, na qual se faz a distinção entre os dois tipos de ondas. Pensamos que deveria ter havido um cuidado com a generalização sublinhada na definição acima.

No tratamento dado às formas de propagação, dimensões e frente de ondas, se empregam as figuras 1 e 2 do anexo 3, as quais possibilitam a representação mental de como oscilam as partículas do meio com relação à direção de propagação da onda.

É válido ressaltar que, neste livro, diferentemente do volume 2 de Máximo e Alvarenga, o autor se detém em definir e colocar exemplos das dimensões de propagação das ondas, fazendo alusão a elementos geométricos que devem contribuir para uma melhor compreensão do tópico.

Na seção 22.4 “Ondas periódicas”, encontra-se uma abordagem similar à do volume 2 de Máximo e Alvarenga, pois é reservado um espaço para definir grandezas como frequência, período e amplitude a partir do Movimento harmônico. O mesmo acontece na parte dedicada ao

fenômeno da refração, ou seja, a abordagem e o exemplo a partir do qual se apresenta este evento é similar nas duas obras.

À maneira de conclusão, os fenômenos de refração e reflexão são analisados em ondas sonoras e luminosas. Sendo assim, o autor faz uma tentativa de aplicar estes eventos à vida cotidiana. Entretanto, a nosso ver, poderiam ser utilizados exemplos e figuras que mostrassem com maior clareza a presença da categoria RC e RFM as quais estariam a favor das ideias que aparecem nos PCN (2000).

Questões e exercícios propostos.

Dos treze exercícios propostos, cinco estão relacionados a atividades do cotidiano. E ainda que dois dos treze, especificamente o quatro e o cinco da página 222, estejam vinculados às ondas sonoras, nenhum deles está relacionado com a música.

Sobre o capítulo de “Ondas (II).”

Seção 23.1: Princípio de Superposição. Interferência.

Consideramos positivo, no que diz respeito a este trabalho, o exemplo colocado pelo autor para analisar o princípio de superposição das ondas produzidas pelos instrumentos musicais que formam uma orquestra.

Tendo como base o que foi explicado sobre a independência das ondas e a superposição destas, se apresenta o fenômeno da interferência, que é classificada em construtiva ou destrutiva. Os gráficos 3 e 4 anexo 3, da página 226 do livro mostram cada um dos casos, possibilitando a visualização do fenômeno.

Seção 23.2: “Ondas estacionárias.”

Para começar o estudo deste tipo de ondas, são definidos ventres e nós a partir da primeira figura do tópico. É interessante o quadro da página 227, em que se faz alusão à formação destas ondas em instrumentos musicais, nos quais, segundo o autor, estas ondas são comuns.

Devemos pontuar que as figuras não são identificadas por números ou letras nos itens, o que impede fazer referência a uma figura específica.

Seção 23.3: “Ondas bidimensionais.”

Neste item são apresentados mais uma vez os fenômenos de reflexão e refração aplicados às ondas luminosas.

Aqui, o autor declara que as frentes de ondas são planas, mas não menciona que as ondas também podem ser classificadas em função da frente de onda que as forma.

Seção 23.4: Difração.

Este fenômeno é analisado partindo de duas ondas planas que contornam obstáculos presentes na sua trajetória. Em nenhum momento o autor diz em que consiste o fenômeno de que trata. Tampouco declara para que tipo de onda se apresenta, ou seja, onda luminosa ou sonora. Diferente do livro de Máximo e Alvarenga, onde se faz uma distinção mais detalhada deste fenômeno em ondas luminosas e mecânicas.

Seção 23.5: “Interferência.”

Em nossa opinião, nesta seção, as declarações apresentadas carecem de contexto. Acreditamos que a representação contida no item 23.3: “Ondas bidimensionais”, figura 5 anexo 3, é insuficiente para a completa visualização do evento. Nesse mesmo sentido, nas interferências construtivas e destrutivas, a figura não é perfeitamente visível, não permitindo enxergar a soma das amplitudes das ondas cujas cristas se encontram no meio, nem a diminuição da amplitude quando no espaço coincidem cristas e vales.

Questões e exercícios propostos. “Para analisar.”

Dos dez casos a serem analisados, dois apresentam vínculo com a música. Neste sentido, pensamos que o número de exercícios que mostra o vínculo entre Física e Música é insuficiente, o que dificulta seja vista esta relação. Dentre os questões que apresentam este vínculo se encontram as perguntas três e dez das páginas 233 e 234, respectivamente. Nenhuma das perguntas em geral faz contribuição à reflexão sobre o cotidiano. Além disso, não contribuem para formação da criticidade nos alunos e não levam ao questionamento, nem valorizam a possibilidade de que seja desenvolvido o pensamento criativo.

Atividades práticas.

- *Ressonância:* Neste item, a figura 6 do anexo 3 e a explicação oferecida pelo autor permitem a compreensão do fenômeno. Epistemologicamente, a abordagem inicial, as definições e as expressões matemáticas referentes ao movimento harmônico possibilitam que seja entendido o evento na situação dos diferentes pêndulos com distintos comprimentos.

A associação de como este fenômeno acontece em aparelhos eletrônicos como rádios e televisores, no momento em que são sintonizados, constitui uma clara evidência da aplicação dos conhecimentos e conteúdos físicos estudados neste nível. Sendo assim, julgamos coerente a situação exemplificada pelo autor com relação a este fenômeno, tanto quanto à abordagem epistemológica utilizada.

- *Ondas estacionárias:* Com esta atividade, o autor sugere que o estudante produza ondas estacionárias empregando um fio de telefone, e obtenha diferentes configurações, como as representadas no texto. Esta atividade não constitui uma situação problema, onde se incite a criatividade, mas um exercício de comparação e reflexão sobre a relação entre a frequência de oscilação devida à ação humana sobre o fio e as configurações formadas.

Sobre o capítulo de Som.

Na abertura deste capítulo, consta uma frase que é de interesse para este trabalho, no que tange a relação entre Música e Física: *“Todo show musical em grandes ambientes é também um espetáculo de tecnologia e principalmente de física.”* Acreditamos que no desenvolvimento do capítulo apareçam outras evidências que corroborem esta frase, e com as quais possamos responder a nossa pergunta de pesquisa.

Seção 24.1: Ondas tridimensionais mecânicas longitudinais. Som.

Para iniciar a descrição do item, o autor define ondas tridimensionais a partir de um exemplo que envolve ondas sonoras. A figura 7 do anexo 3, utilizada para representar a propagação tridimensional das ondas sonoras, pode ser confundida com ondas que se propagam na superfície

de um líquido. Tal representação não é clara, portanto dificulta a visibilidade do evento, o que de alguma maneira pode influenciar negativamente na compreensão do fenômeno.

No quadro da página 326, ao se referir às ondas tridimensionais, se discute que estas não podem vibrar de outra forma que não seja na mesma direção de propagação, ou seja, longitudinalmente. O autor expõe, nesta abordagem, uma idéia que poderia ser contraditória para o aluno, ao declarar: *“No entanto, embora que sejam tridimensionais as ondas eletromagnéticas são consideradas transversais.”* Pensamos que, além de realizar esta afirmação, seria necessário complementá-la, esclarecendo que tal contradição deve-se às oscilações normais entre os campos elétrico e magnético que as formam e que, por sua vez, essas oscilações são perpendiculares à direção de propagação da onda eletromagnética, daí a denominação de ondas transversais. A ausência desta afirmação poderia, a nosso ver, trazer possíveis dificuldades na construção do conhecimento sobre o tema.

É válido o tratamento que se faz no quadro: *Biofísica (O aparelho auditivo)*, onde se apresenta o funcionamento dos órgãos que interferem na audição humana. Sendo assim, se faz uma aproximação ao tema que contempla a categoria referente à relação do conteúdo com o cotidiano, embora neste momento também fosse possível uma abordagem sobre o tema da poluição sonora e seus efeitos na saúde do ser humano.

Nesta seção embora tenham sido tratados aspectos relativos à propagação do som, são existem evidências que coloquem em claro para o aluno a presença das ideias da Física na Música.

Seção 24.2: Frequência, altura e espectro sonoro.

Quanto à aplicação dos conhecimentos científicos no dia-a-dia, a abordagem referente ao espectro sonoro, na seção *Tecnologia: “Ultrassons e suas aplicações”*, relaciona-se ao uso da ultrassonografia na medicina, especificamente no acompanhamento da gravidez. Além de este exemplo refletir sobre a aplicação deste tema, o que está em

concordância com a nossa categoria RC, relação com o cotidiano, é também coerente com os PCNs, quando estes se referem à contextualização dos conteúdos de Física. Ainda assim, devemos ressaltar que o tratamento dado não apresenta a parte do espectro sonoro onde as frequências são menores a 20 Hz, ou seja, a região dos infra- sons. Porém, se faz alusão à frequência gerada pelos tremores de terra, a qual chega a ser da ordem dos $2 \cdot 10^{-2}$ Hz, segundo o autor. Nesse mesmo sentido, uma vez exposto o intervalo de frequências audíveis pelo ser humano, não é declarado que essa faixa de frequências é o que chamamos “Som”. Pensamos que, do ponto de vista epistemológico, o item 22.4, “Ondas periódicas”, contribui neste tópico com as definições de frequência, período, amplitude, fase e comprimento de onda, nos conteúdos analisados nesta seção.

É válido apontar a referência feita à altura do som e sua relação com os diferentes valores de frequência, possibilitando assim uma introdução às denominações de sons graves (baixas frequências) e sons agudos (altas frequências), definições muito utilizadas no fazer musical.

Seção 24.3: Propriedades ondulatórias do som.

Após uma abordagem sobre a dependência da velocidade do som e as características do meio no qual se propaga a onda, se procede a uma análise sobre as propriedades ondulatórias do som, começando com o fenômeno da reflexão. Este é explicado tendo como referência o fenômeno do eco, sobre o qual se explicam questões referentes ao intervalo de tempo mínimo para que dois sons sejam distinguidos pelo ouvido humano, além das dimensões do local onde som emitido e refletido se propagam para que aconteça o evento.

Por sua vez, os fenômenos da refração, difração e interferência, são analisados nesta seção. No caso da interferência, o exemplo utilizado para tratar o fenômeno é um show musical que acontece ao ar livre. Com esta situação, assim como com a que é descrita na seção: “*Para você pensar*” da página 239, se convida à reflexão. Além de ambos os casos serem comuns à atividade corriqueira do ser humano, eles expõem a relação existente entre a Física e Música.

Seção 24.4: Música.

Para iniciar este tópico, se apresenta uma definição de música que, segundo o autor, aparece no dicionário. E, sobre esta afirmação, nos perguntamos: qual é o dicionário em que se encontra esta definição?

Definição: “*música é a arte e ciência de combinar os sons de modo agradável ao ouvido.*”

Pensamos que, no que diz respeito a este conceito, devem ser pontuados dois aspectos que consideramos interessantes.

- O primeiro referente à música vista não só como manifestação cultural, senão também como ciência. Visão esta com a qual não é associada esta manifestação cultural na comunidade em geral, apesar da base matemática e física que a envolve. Neste sentido, pensamos que o autor deveria sustentar esta definição com argumentos filosóficos e inclusive históricos, que revelassem o porquê da música, além de ser uma arte, ser também considerada uma ciência, possibilitando de alguma maneira a percepção de sua relação com a física e a matemática, o que ampliaria as dimensões destas ciências na comunidade ampliada.
- O segundo deve-se à idéia defendida pelo autor na que se faz alusão ao relativismo da palavra “*agradável*”, quando diz: “como o conceito do que é agradável ao ouvido é muito variável, pode-se afirmar que falar de som é falar de música.” A frase que aparece sublinhada ignora, a nosso ver, que som é aquela faixa do espectro que se encontra aproximadamente entre 20 e $2 \cdot 10^4$ Hz, especificidade a que, como foi dito no item 24.2: *Frequência, altura e espectro sonoro*, não se faz referência. Além disso, dentro desse mesmo intervalo de frequências, existem sons que não são considerados musicais.

Concordamos com o autor quando o mesmo afirma ser a física essencial para a tecnologia da produção e da difusão sonora. A construção de instrumentos eletroacústicos tem uma forte base física, assim também acontece com a fabricação de microfones, caixas de som e alto-falantes,

mas essas não só são contribuições tecnológicas da física, e sim artísticas, feitas pelo homem na sua atividade científica.

Continuando, se diz que os instrumentos musicais são fontes variadas e ricas em qualidade sonora, permitindo conjuntamente com as explicações do funcionamento dos instrumentos, independentemente de sua classificação, que se explicita a relação entre Física e Música. Em cada explicação, se utilizam conceitos, definições, classificações e grandezas que foram estudadas em capítulos anteriores. Consequentemente, no próprio desenvolvimento do tema vão aflorando denominações relativas à música as quais estão relacionadas com os conceitos estudados até aqui.

Questões e exercícios propostos.

Com respeito aos exercícios do final do capítulo, oito deles estão vinculados com a música e incitam a reflexão a partir das situações apresentadas. Embora este capítulo seja dedicado às ondas sonoras, existem exercícios que retomam expressões e conceitos estudados nos capítulos 22 “Ondas” (I) e 23 “Ondas” (II), o que favorece a construção do conhecimento em função do tema em questão.

2.2.4 Física – Ciência e tecnologia (v-2).

Autores: Carlos Magno A. e Paulo César Martins.

Seção 3.1: Introdução.

Na introdução da seção 3.1 deste livro, é pertinente a declaração feita pelos autores no início do capítulo, na qual fazem alusão à presença da física nas atividades cotidianas dos seres humanos, especificamente aquelas relacionadas com o movimento ondulatório. São destacadas as ondas sonoras e luminosas como exemplos de ondas com as quais interagimos diariamente.

O termo transferência de energia é várias vezes utilizado nesta parte do capítulo. Desta forma, se retomam conceitos e definições que foram estudados no capítulo 6 do volume I desta mesma coleção.

Seção 3.2: Energia e Ondas.

No que se refere à definição de ondas que se propagam em meios elásticos, da página 98, se omite o termo “Mecânica”, o qual julgamos relevante na classificação deste tipo de ondas. Tal definição inclui também as ondas eletromagnéticas, as quais não dependem de um meio para sua propagação.

Vale a pena pontuar que similarmente ao que acontece na obra Física, volume único de Sampaio e Calçada, a definição que se faz de comprimento de onda se limita à distância entre cristas e vales consecutivos, podendo ser ampliado este conceito, tendo em vista a distância na qual se cumpre uma oscilação completa. Na definição dada pelos autores é utilizado o termo onda com a idéia de oscilação ou vibração, podendo tal denominação ser confusa para o aluno, no que diz respeito à formação do conhecimento. Paralelamente a isto, consideramos necessário observar que diferentemente do que sucede nas obras de Gaspar e de Máximo e Alvarenga, em nenhum dos volumes desta coleção são estudados os movimentos harmônicos.

Seção 3.3: Características de uma onda.

A frequência como grandeza física é abordada nos diferentes itens que temos analisado durante o estudo do movimento ondulatório. Para este trabalho, esta grandeza ganha relevância, pois está em denominações e conceitos próprios da música, ainda que seja de forma implícita, como temos visto em algumas das obras analisadas.

Para o caso em que é definida a velocidade de propagação de uma onda numa corda, o termo “pesada” é utilizado com a idéia de massa da corda. Aqui se faz alusão à equação da velocidade, que relaciona a densidade superficial de massa (μ) e a tensão sob a qual esteja submetida a corda na que se propaga a onda. Esta expressão não está citada na abordagem feita pelos autores.

Os exercícios propostos têm como objetivo a análise qualitativa e quantitativa do conteúdo estudado nesta seção. Neles se retomam conceitos e grandezas que foram estudados no volume I desta coleção, como é o caso da quantidade de movimento (exercício 11/ 105).

Por outro lado, no exercício 5 da página 104, e no 8 da página 105, os autores utilizam os termos vibração e alongação, respectivamente, sendo que em nenhum dos volumes desta coleção se estudam os movimentos oscilatórios.

Ao contrário de outros exercícios propostos, as situações colocadas aqui são contextualizadas e motivam a reflexão e a análise do problema em questão. Outros, como o 6,16 e 17 da página 105, são reprodutivos.

Seção 3.4: Tipos de ondas.

Nesta seção, o emprego das figuras 3.17 e 3.18 anexo 4, ajuda na classificação e representação das ondas transversais e longitudinais. No que diz respeito à propagação longitudinal das ondas, se destaca esta forma de propagação como característica fundamental das ondas sonoras.

No caso da distinção entre ondas mecânicas e eletromagnéticas, as definições de cada uma delas aparecem de maneira mais detalhada e precisa. Sendo assim, acreditamos, evitam-se falhas de interpretação, como acontece com o conceito de onda que aparece ao início do capítulo.

No que diz respeito à seção “O que diz a mídia” se faz uma abordagem da descoberta da radiação infravermelha pelo cientista alemão Friedrich Wilhelm Herschel (1738 – 1822), apontando dessa forma a categoria AH. Devemos dizer que o tratamento feito sobre este aspecto histórico está em concordância com os PCNs, (2000, p-47), quando se referem à necessidade de que o conhecimento físico atualmente a nosso alcance seja explicitado como fruto de um processo histórico, o qual tem sido objeto de transformações contínuas, ligado a outras formas de produção e expressão humanas.

Dentro desta mesma seção, é válido o tratamento feito às aplicações da radiação infravermelha no dia-a-dia, deixando explícita, assim, a relação dos conteúdos físicos com nossa realidade cotidiana. Deve ser dito também que, dos livros analisados, são esta obra e a de Gaspar as que se destacam quando fazem o tratamento às aplicações dos temas relacionados com o movimento ondulatório. No caso do livro de Gaspar,

a aplicação do conhecimento científico se reflete na utilização do ultrassom na medicina. Com respeito a esta obra, na seção “Aplicação tecnológica” os autores fazem uma descrição do funcionamento do controle remoto, favorecendo desta forma a coerência entre os PCNs, diretrizes educacionais e os conteúdos da física neste nível.

Dentre os exercícios desta parte, dois deles, o 25 da página 111 e o 32 página 112, relacionam a ação do homem no cotidiano. Outros têm como objetivo a reprodução do que foi estudado e a comprovação de que o conhecimento tenha sido compreendido. Portanto, estes últimos não contribuem para a reflexão ou a criatividade, e não motivam a formação de uma atitude crítica diante da situação que se coloca.

Seção 3.5: Fenômenos ondulatórios.

Neste item, o tratamento dado aos fenômenos da reflexão, refração e interferência é similar ao feito nas obras anteriormente analisadas. Semelhante à obra de Gaspar, neste livro discute-se também o fenômeno do eco, evento que acontece com regularidade e com o qual estamos familiarizados.

Para o caso da difração de uma onda sonora, a figura que utilizam os autores relaciona o fenômeno a uma instrumentista que toca violão. As ondas emitidas pela fonte contornam um anteparo entre ela e um observador. Tanto como em Sampaio e Calçada, nesta obra se analisa o fenômeno da polarização, diferentemente das obras de Máximo e Alvarenga e a de Gaspar.

Seção 3.6: Ondas estacionárias.

Na abordagem feita neste item, as figuras 3.41 e 3.42, anexo 4, representa ondas que se propagam ao longo de uma corda. No primeiro caso, se mostra o percurso seguido por dois pulsos, um incidente e outro refletido sobre uma corda presa em uma das suas extremidades. Na figura 3.42, vê-se um trem de ondas provocado pela ação de um ente externo, o qual produz perturbações irregulares na corda, que se refletem em sua extremidade oposta.

Por sua vez, o exemplo da página 126 não representa o cotidiano, foge do contexto, quando poderia ter como referência as ondas estacionárias

formadas em instrumentos musicais, contribuindo para a visualização da relação que existe entre física e música. Não devemos, entretanto, pensar na música como a arte do cantar ou do tocar, mas como um instrumento de reflexão sobre o som (Lins, 2006). Assim contribuiríamos com outra visão da ciência e seu vínculo com outras áreas do conhecimento, possibilitando uma maior compreensão do fenômeno em si.

Seção 3.7: Ondas Sonoras.

Neste item, novamente se faz referência à classificação das ondas tendo em vista a direção em que estas se propagam, com relação à vibração que experimentam as partículas do meio. No caso das ondas longitudinais, se toma como exemplo a membrana de um tambor, a qual, logo ao ser batida, emite uma onda longitudinal cuja distribuição de partículas aparece representada na figura 3.49 anexo 4.

A descrição histórica, categoria AH sobre as experiências feitas por cientistas em diferentes épocas para a determinação da velocidade das ondas sonoras torna mais visível o fato do desenvolvimento científico não acontecer sem obstáculos ou sem a influência de fatores que poderiam ser considerados para alguns como externos ao fazer científico. Eliminam-se desse modo as conceituações alternativas que possam existir e possibilita-se a formação de outro olhar do mundo na comunidade em geral.

No que diz respeito ao tratamento feito ao funcionamento do aparelho auditivo, devemos dizer que favorece mais uma vez as sugestões dos PCNs (2000, p-47), enquanto a relação da Física com outras matérias escolares e formas de expressão e produção humanas, refletindo dessa forma a categoria RC na abordagem realizada. Sobre essa mesma visão, o vínculo entre Física, Biologia e Música emana dentre os conceitos que vão sendo definidos e suas aplicações na nossa vida diária. Esse é o caso do conceito de altura do som, denominação que é comum na linguagem musical, além disso, está vinculada com a frequência com que os sons são emitidos. Daí a classificação de sons graves e sons agudos.

Por sua parte, a definição de intensidade do som vem ligada à energia como grandeza física, a qual foi estudada na unidade II, capítulo 6, volume I desta mesma coleção. Do ponto de vista epistemológico, pensamos que esta forma de tratar os conteúdos favorece uma melhor formação do conhecimento físico que se pretende levar ao aluno, conjuntamente com uma visão da ciência de acordo com as conceituações atuais.

Na análise desta obra, se percebe que os novos conteúdos são abordados tendo como base os conhecimentos físicos que devem ter sido formados em instâncias anteriores. Tal forma de tratamento dos saberes se manifesta nas expressões, conceitos, definições, classificações e figuras que são empregadas na representação dos fenômenos. Desta maneira, a categoria AE de nosso trabalho aparece refletida na abordagem realizada.

Seção 3.8: Sons musicais.

Para dar início ao estudo desta seção, se representa na figura 3.59 do anexo 4, a escala de dó maior associada à frequência de cada uma das notas musicais. Estas, por sua vez, identificadas no teclado de um piano, evidenciam o vínculo entre os conceitos da música e as grandezas físicas estudadas neste tema, categoria RFM.

A definição de oitava musical como o intervalo entre a primeira e a última nota, retoma princípios e denominações como: comprimento de onda, comprimento L da corda e frequência, as quais foram tratadas durante o estudo das ondas estacionárias.

O conceito de ruído apresentado no início do tópico nos parece incompleto e subjetivo quanto ao uso da palavra agradável, dando margem a interpretações erradas do evento sonoro.

No caso do fenômeno da ressonância, os exemplos e situações com os quais se apresenta o evento, revelam o quão comum é o mesmo na vida dos seres humanos. O contato freqüente com o fenômeno em questão nos impede de ter um olhar mais atento sobre ele, não refletindo o suficiente neste acontecimento do cotidiano.

A descrição sobre os efeitos da caixa de ressonância de instrumentos musicais como o violão permite visualizar a ligação entre os conhecimentos físicos e a música. Revela-se, portanto outra visão de ciência e de música. A primeira (sobre a ciência), não sem incertezas e equívocos, a segunda (sobre a música), não só como fonte de diversão e esparecimento, mas sustentada numa forte base de conhecimentos físicos e matemáticos aos quais, desde a antiguidade, homens de ciência têm feito aportes que influenciam o fazer musical ainda hoje.

Por sua vez, no tratamento conferido às cordas vibrantes e aos tubos sonoros, se utilizam conteúdos previamente estudados e que, neste tópico, se relacionam ao funcionamento desses instrumentos musicais.

Questões e exercícios propostos.

Ao final do tópico, os autores propõem nove exercícios que abordam de maneira geral os conteúdos estudados durante todo capítulo. Destes exercícios, cinco vinculam o conteúdo apresentado à música.

2.2.5 Curso de Física do Sampaio e Calçada. (U)

Autores: José Luiz Sampaio e Caio Sergio Calçada.

Quando começamos a análise deste livro, percebemos que nele não há um capítulo ou item que trate os movimentos oscilatórios, o que de certa forma nos chama a atenção. Nesse sentido, acreditamos que o estudo desses movimentos faz contribuições importantes no que se refere a definições, conceitos e grandezas. Diante da falta deste assunto, verificamos, em primeiro lugar, se outros temas fazem aportes à categoria AE; e como, então, epistemologicamente falando, acontece a construção do conhecimento durante o desenvolvimento do tema dedicado ao movimento ondulatório.

Sobre o capítulo de Ondas.

Para dar início ao estudo do capítulo, os autores definem os conceitos de pulso, trem de ondas, onda mecânica, comprimento de onda, ondas transversais e longitudinais, os quais possibilitam um melhor entendimento das questões que envolvem o movimento ondulatório.

A declaração da necessidade de um meio elástico para que aconteça a propagação de energia da onda mecânica é fundamental para a classificação deste tipo de onda. No entanto, é relevante chamar a atenção sobre o fato de que os autores utilizam o termo *vibração* ao definir ondas transversais e longitudinais, mas diferentemente da obra de Décimo Grado do ensino médio cubano e da obra de Máximo & Alvarenga, não existe neste livro um capítulo que trate os movimentos oscilatórios, como foi dito anteriormente. Este aspecto dificulta, de certa forma, definir comprimento de onda (λ) a partir da figura que se apresenta. Nesse sentido, os autores mencionam que λ é a distância que existe entre duas cristas ou vales consecutivos, mas não mencionam que há um λ quando o movimento da partícula descreve uma oscilação completa. Em vez disso, expõem que também existe um λ na distância percorrida pela perturbação em um tempo igual a um período, mas na figura 4 anexo 5, não se representam outros pontos que correspondem a esta condição.

Por outro lado, os conceitos de período e frequência não estão definidos, embora apareça a expressão que relaciona estas duas grandezas que se revelam como relevantes na compreensão de conteúdos subsequentes de interesse particular da nossa pesquisa.

Neste capítulo, se apresenta um item no qual são definidas questões sobre as ondas e o espectro sonoro, o anterior tendo como base o intervalo de frequências audíveis pelo ser humano. São também definidas as faixas de frequência do infra-som e do ultra-som, embora a abordagem que se faz neste tópico não seja crítica, nem convide à reflexão e por tanto também não se abre espaço a colocações sobre as quais o aluno seja levado a refletir sobre a influência da Física na Música.

Os exercícios propostos, por outro lado, além de serem descontextualizados, não apresentam situações que motivem o pensamento crítico e criativo do aluno.

Sobre o capítulo de propriedades das ondas.

A falta de um tópico que aborde os movimentos oscilatórios se reflete na abordagem realizada do fenômeno da ressonância. Tal carência contribui negativamente para a formação do conhecimento sobre este evento físico. Outra falta que encontramos na nossa análise da obra é o fato de não se fazer menção à maior amplitude do sistema quando a frequência externa e a própria do sistema se igualam, bem como para maiores valores da frequência do agente externo sobre o sistema oscilatório, onde a amplitude diminui.

Deve ser dito que existe divergência entre o título da seção: “Cotidiano e aplicações” e o exemplo nela contido, página 254. A primeira razão deve-se à catástrofe de 1940 na ponte de Tacoma, Estados Unidos, a qual não constitui um fato cotidiano. A segunda razão que apontamos é a de que existem outras aplicações do fenômeno da ressonância que são mais contextualizadas, inclusive no sentido temporal e geográfico, tendo em vista a transferência de uma visão contemporânea da ciência, de forma que favoreça um olhar sobre as aplicações dos avanços atingidos pelo homem no último século.

A abordagem feita ao Efeito Doppler foi realizada a partir da escala de dó maior e das frequências associadas às notas musicais. Faz-se, assim, alusão ao conceito de altura musical, ainda que este seja explicitamente declarado quando se faz referência aos sons graves e agudos, assim como à relação destes com a frequência.

Sobre o capítulo de Interferência e ondas estacionárias.

A análise deste fenômeno é feita através de um exemplo em que dois pulsos se propagam sobre uma corda. A partir dele se definem interferência construtiva e destrutiva (ver figuras 19 e 20 do anexo 5, respectivamente). Posteriormente, são definidos e representados na figura 21 anexo 5, conceitos relativos às ondas estacionárias: nodos, ventres, frequência fundamental, assim como as expressões para a determinação dos diferentes harmônicos. Tais definições são importantes na análise física do funcionamento dos instrumentos musicais. Devemos dizer que esta obra se limita à análise das ondas estacionárias formadas em tubos sonoros, diferentemente do que

acontece nos livros de Gaspar e de Máximo e Alvarenga. Neles, a abordagem feita permite visualizar o vínculo entre física e música, o que não sucede com esta obra. Sendo assim, o elo entre estes dois ramos do conhecimento fica superficial dificultando a visualização do mesmo para o aluno.

2.2.6 Universo da Física.

Autores: Sampaio e Calçada. Volume 3

Sobre o capítulo 17: Ondas.

Seção 1: Oscilações.

Para iniciar o estudo do movimento ondulatório, os autores fazem declarações na introdução do capítulo que revelam o contato contínuo no nosso cotidiano com o som e com a luz como formas de manifestação deste tipo de movimento.

Nesta obra, se verificam mais uma vez os aportes que, do ponto de vista epistemológico, faz o tratamento do tema das oscilações ao estudo das ondas. Sendo assim, ressaltamos na nossa análise a presença da categoria AE do trabalho. Nesse sentido, é válida a definição que se dá de oscilação, assim como as figuras utilizadas para a representação do movimento. Deve-se destacar que a figura 2 (b) anexo 6, de um instrumentista fazendo vibrar as cordas de um violão nas quais se formam ventres e nós, revela a aplicação dos conteúdos físicos na música.

Similarmente ao que ocorre no livro de décimo grado cubano, os autores realizam declarações que levam em conta as equações do movimento, e como a descrição deste movimento se faz através das funções harmônicas seno e cosseno. Sendo assim, os movimentos oscilatórios também ganham a denominação de movimentos harmônicos. Com este tipo de abordagem, se manifesta a relação entre as matérias escolares, neste caso específico, entre conteúdos matemáticos e físicos, fazendo novamente alusão ao que se preconiza nos PCNs.

Oscilações Periódicas.

Esta obra, contrariamente às outras do PNLEM 2009, não se limita unicamente ao estudo do MHS, mas similarmente à obra de Máximo e

de Alvarenga e à obra do Décimo Grado, o estudo das ondas começa com a apresentação do movimento oscilatório. Subsequentemente se definem grandezas e conceitos que epistemologicamente contribuem com o tema das ondas. Nesse caso, encontram-se as definições de frequência, período e amplitude de uma oscilação. A abordagem feita neste apêndice é semelhante à existente no livro de décimo grado do ensino médio cubano. Estas duas obras têm sido as únicas dentro da pesquisa que não se limitam ao estudo do MHS e apresentam, portanto, o estudo de outros tipos de oscilações.

Pêndulo simples.

Neste ponto dentro do item, é mostrada a equação para determinar o período de um pêndulo simples e se declara sob que condições o período das oscilações não depende da amplitude, nem da massa do corpo.

Na seção “Aplicação”, são propostos nove exercícios, nenhum deles contextualizado. Alguns possuem um nível de abstração que foge da realidade cotidiana, além disso, não estão relacionados com as oscilações que se produzem em instrumentos musicais, o que mostraria a aplicação do conteúdo desta seção à nossa área de interesse. Todos procuram a determinação do período de oscilação de pêndulos ou a relação de proporcionalidade desta grandeza com o comprimento do sistema oscilante e a aceleração de queda livre.

Seção 2: Movimento harmônico simples.

O sistema mecânico corpo-mola exibido na figura 6 anexo 6 para a descrição do movimento harmônico simples possibilita que se faça uma abordagem do tema tendo em vista a disposição entre a força elástica e o deslocamento a que é submetido o corpo. Sendo assim, se declara que a força resultante do movimento é uma força do tipo da Lei de Hooke.

O gráfico utilizado e representado na figura 9 anexo 6, permite verificar como varia a energia do sistema nas distintas posições. É válido ressaltar que em nenhum momento dentro da seção se menciona que o MHS constitui um modelo físico.

Seção 3: Ondas Mecânicas.

Nesta seção, os três exemplos de perturbação de meios elásticos apresentados pelos autores são utilizados para definir uma onda mecânica. Deles, dois estão vinculados ao cotidiano, nenhum deles às ondas sonoras produzidas pela execução de instrumentos musicais, propiciado dessa forma a proximidade entre ciência e arte.

Concordamos com a definição de onda mecânica que se apresenta na obra. Nela, se faz alusão a outras duas grandezas físicas estudadas no volume I desta mesma coleção, a quantidade de movimento e a energia.

Seção 4: Pulso e trem de ondas.

Os exemplos analisados acima se referem a pulsos que perturbam o meio em questão e se propagam através dele. Vale destacar que, em várias ocasiões os autores declaram que na onda mecânica produzida pelo pulso se transporta energia, e não matéria.

A figura 13 anexo 6, é uma representação do que foi dito anteriormente, assim como a figura 16 anexo 6, destaca um conjunto de pulsos se propagando por uma corda horizontal, dando origem a um trem de ondas.

Seção 5: Ondas transversais e longitudinais.

Nesta seção, as declarações feitas sobre as ondas transversais e longitudinais se baseiam nas figuras 12, 13 e 15 do capítulo, anexo 6. As duas primeiras representações são ondas transversais que se propagam numa corda horizontal. No caso da última figura, se tem como referência a propagação de uma perturbação longitudinal numa mola. No que diz respeito a este exemplo, pensamos que poderiam constar outros exemplos referentes ao som, mais contextualizados, onde se verificassem as aplicações destes conhecimentos na vida diária. Por sua vez, poderiam também constar figuras que representassem a propagação das ondas sonoras em diferentes meios. Dessa forma, se faz alusão às sugestões dos PCNs a favor da educação científica contemporânea.

Seção aplicação.

Nesta seção se propõem três exercícios que têm como objetivos representar e determinar a velocidade de pulsos em meios elásticos. No caso do último, se pede verificar a veracidade ou não de sentenças relacionadas ao conteúdo estudado. Nenhum dos exercícios contribui para a formação de uma consciência crítica tendo como base os fenômenos ondulatórios. São exercícios descontextualizados, que ficam longe da aplicação dos conteúdos científicos ao cotidiano do homem, o que entra em contraposição com o título da própria seção.

Seção 6: Ondas periódicas unidimensionais.

No tratamento dado a este tópico, se visualiza mais uma vez a categoria AE, nele se retomam alguns princípios estudados durante o tópico 2. Nesse mesmo sentido, tal estudo dos movimentos oscilatórios também favorece uma melhor formação do conhecimento nesta seção, o que revela a contribuição feita pelo conteúdo referente às oscilações ao estudo das ondas.

Seção 7: Ondas periódicas bi e tridimensionais.

A abordagem feita sobre o som neste ponto se concentra no espectro de frequências audíveis pelos seres humanos. Em comparação com a obra de Gaspar, volume único, neste livro não se faz referência aos órgãos que interferem na audição humana. O tratamento feito deixa de fora a aplicação das outras regiões do espectro tanto em animais quanto na medicina, na ciência, e nos próprios fenômenos naturais.

Ante tal situação, analisamos que o tratamento dado aos fenômenos sonoros é insuficiente no que diz respeito à contextualização, visualização dos eventos no cotidiano e na formação de uma consciência crítica e científica do mundo. A ausência de situações que motivem a reflexão impede que o conteúdo seja visto como parte do nosso dia-a-dia.

Seção 8: Ondas eletromagnéticas.

Como tem sido visto na análise feita em todas as obras, há uma grandeza que se destaca por sobre as outras, e se revela de certo interesse para nossa pesquisa, pois está envolvida em conceitos

relativos não só da física, mas também da música. Esta grandeza é a frequência. No que se refere a esta seção, não nos aprofundaremos, pois este tópico está fora do interesse do trabalho. No entanto, uma vez que se discorre sobre a frequência, julgamos válido pontuar que os autores, ao colocarem em ordem as cores da luz visível, deixam de associar a cada cor o valor correspondente desta grandeza. Se isso fosse feito, ficaria mais claro o tratamento dado a este aspecto.

Seção 9: Algumas propriedades das ondas.

O tratamento dado às propriedades das ondas, refração, reflexão, difração, polarização, ressonância e Efeito Doppler, é o mesmo que aparece no volume único dos próprios autores. Inclusive as figuras utilizadas na descrição dos fenômenos são as mesmas que estão no volume referido acima. Não existe mudança alguma no tratamento dado ao conteúdo apresentado nesta seção, o que evidencia uma reprodução integral da abordagem realizada. Pensamos que a percepção desta deficiência pelos profissionais constitua uma razão para não incorrer na mesma falha ao tratar os conteúdos em sala de aula.

A única diferença percebida é a figura 42 anexo 6 do capítulo, a qual representa uma partitura musical, que não se apresenta no volume único destes mesmos autores.

Seção aplicação.

Nesta seção, dos seis exercícios propostos, nenhum vincula o conteúdo do capítulo com a música, embora quatro destes seis exercícios estejam associados às ondas sonoras. Outro detalhe é que o título da seção se contrapõe à abordagem dada aos exercícios que nela se apresentam.

2.2.7 Curso de Física.

Autores: Aurélio Gonçalves e Carlos Toscano.

Ao observar esta obra, percebeu-se que não há capítulos que abordem os conteúdos Movimento Harmônico, Movimento Ondulatório e, dentro deste, Ondas Sonoras. Diante de tal situação, foi impossível analisar a obra.

2.3 RESULTADOS.

Até aqui foram analisados todos os livros do PNLEM 2009 e o livro de Física de Décimo grado do ensino cubano. Em seguida, nos propomos a apresentar os resultados desta análise, enfocando as categorias sobre as quais nos baseamos para a revisão das obras. É válido assinalar que nossas categorias revelam sua vigência e coerência com as propostas dos PCNs. Elas foram elaboradas tendo como base os princípios e sugestões presentes nesses documentos normativos. Ao avaliar os conteúdos de interesse do trabalho, com elas percebemos que há divergências entre algumas das obras do PNLEM e os PCNs.

Resultados da análise do Livro de Física Décimo Grado.

- AE) Nesta obra não existe uma abordagem acústica das ondas, além do conteúdo referente ao Efeito Doppler, ainda que em determinados momentos, durante o desenvolvimento do capítulo, se citem exemplos desta natureza. Neste tópico, a definição de frequência realizada pelos autores no estudo das oscilações reflete sua importância também durante o tratamento dado ao movimento ondulatório.
- AH) A abordagem da F.A nesta obra limita-se à descrição do Efeito Doppler, utilizando exemplos e situações cotidianas. Entretanto, não existe um tratamento histórico do tema em questão, que tampouco é relacionado com a música.
- RC) A relação dos conteúdos com o cotidiano surge em determinados tópicos, nas diferentes seções do capítulo. Porém, este aspecto se faz mais visível durante o tratamento dado às propriedades ondulatórias, devido à contextualização das situações, figuras e exemplos analisados.
- EP) Dos vinte e seis exercícios propostos como tarefas gerais do capítulo, apenas três (8, 9 e 24) se referem a ondas sonoras. Nenhum deles está vinculado à atividade musical.
- PS) Considerando a abordagem acústica dada ao Efeito Doppler, devemos dizer que a partir dela não se promove a reflexão sobre os problemas de poluição sonora. Os autores desta obra sequer chegam a mencionar o tema das diferentes zonas do espectro sonoro. Pensamos que uma

abordagem que tenha em conta este aspecto aproximaria o conteúdo do aluno, explicitando o mesmo e permitindo, desta forma, que sua aplicação seja observada tanto em seres vivos quanto em fenômenos naturais.

RFM) Tendo em vista exemplos, comentários, figuras e situações, o tratamento dado ao capítulo do Movimento ondulatório não permite visualizar a relação entre a (F.A) e a Música. De maneira geral, a abordagem feita não culmina na formação de um conhecimento científico em que predomine uma visão reflexiva da natureza e a relação do conteúdo com as atividades do dia-a-dia.

Resultados da análise do Livro de Máximo e Alvarenga (v-2).

AE) Consideramos adequado o tratamento epistemológico do conteúdo do capítulo, já que nele se reflete a abordagem realizada nos temas Energia, Quantidade de movimento e Oscilações. Estes temas possibilitam uma melhor compreensão do conteúdo atual, favorecendo assim a formação do conhecimento sobre o Movimento ondulatório.

AH).Este livro apresenta alguns aspectos históricos, fundamentalmente relacionados à vida e obra de cientistas que fizeram aportes à F.A., mas nenhum dos aspectos abordados faz referência ao vínculo entre a F.A. e a música.

RC) Algumas das situações apresentadas são cotidianas, pois fazem parte do contexto de atuação de um grupo definido de pessoas.

EP) Há quatro exercícios ao final do capítulo que relacionam as duas áreas do conhecimento, mas dois deles carecem de contextualização.

PS) Neste livro, está contida uma análise do funcionamento do aparelho auditivo, embora não se abordem os problemas freqüentes de poluição sonora a que está submetida a sociedade atual.

RFM).Existem situações e figuras que ilustram a relação entre F.A e música. As figuras, especificamente, revelam este vínculo. No entanto, este livro não dedica uma seção à música, pois os autores consideram que fazer um estudo da aplicação dos conteúdos físicos à música ocasionaria o comprometimento de outros assuntos. *(Ver penúltimo parágrafo página 300).*

Resultados da análise do Livro de Gaspar (U).

AE) Em várias ocasiões ao longo do desenvolvimento do tema de F.A. no livro de Gaspar, se faz referência a expressões, classificações e conceitos que foram estudados nos capítulos 22 “Ondas” (I) e 23 “Ondas” (II). Desta forma, a abordagem dos conteúdos favorece a formação do conhecimento.

AH) No capítulo analisado, os aspectos históricos estão descritos de maneira pontual. Particularmente no nosso tema de interesse, não é apresentada uma abordagem histórica que vincule a F.A. com a música.

RC) As situações e exemplos apresentados no capítulo estão relacionados às atividades do cotidiano humano.

EP) Dos dezoito exercícios propostos, oito deles vinculam a música aos conteúdos abordados.

PS) Nenhuma das situações propostas contribui para a reflexão sobre os problemas da poluição sonora, um tema atual que deveria estar presente entre os tópicos analisados, pela repercussão que tem em todo o planeta a questão ambiental.

RFM) Neste capítulo, a maioria das situações apresentadas permite que seja percebida a relação entre física e música.

Resultados da análise do Livro de C Magno e Paulo C Martins.

AE) Do ponto de vista epistemológico, o tratamento realizado durante todo o capítulo possibilita que o conteúdo relacionado à F.A. seja compreendido através das situações e exercícios propostos. Isto é particularmente válido para o trabalho feito com grandezas físicas como a frequência, a qual é fundamental na definição de termos propriamente musicais.

AH) Nesta obra, não há uma abordagem da F.A. que vincule o desenvolvimento histórico do tema com a música.

RC) Exercícios, situações e exemplos dentro dos temas de “Ondas Sonoras” e “Sons Musicais” estão relacionados com as atividades que desenvolvemos no cotidiano.

EP) Ao final da última seção, nove exercícios são propostos. Dentre eles, sete relacionam os conteúdos vistos em todo o capítulo com a música.

PS) O tema onde se tratam as ondas sonoras, ainda que apresente o funcionamento do ouvido humano, não leva à reflexão sobre os problemas de poluição sonora.

RFM) Muitas das situações propostas nas seções 3.7 e 3.8 possibilitam a percepção da relação existente entre Física e Música.

Resultados da análise do Livro de Sampaio e Calçada (U).

AE) Durante a análise da obra, percebemos que, epistemologicamente, existe a falha de omissão dos conceitos de frequência e período, os quais são utilizados em todos os itens da obra, dentro dos capítulos analisados.

AH) Não existe abordagem histórica referente à F.A. nesta obra, o que está em desacordo com os PCNs (2000, p-47), quando preconizam a necessidade de que o conhecimento físico seja explicitado como fruto de um processo histórico.

RC) A obra apresenta situações relativas ao cotidiano ao tratar o Efeito Doppler, assim como em alguns dos exercícios propostos nos capítulos analisados.

EP) Com respeito ao capítulo onde se estudam os fenômenos sonoros (capítulo 45), existem cinco exercícios que fazem alusão a instrumentos musicais, mas se apresentam descontextualizados e reprodutivos.

PS) Nenhum dos exercícios ou situações propostas promove a reflexão sobre os problemas da poluição sonora e seus efeitos na saúde humana.

RFM) Pensamos que, com a abordagem feita nesta obra, através de exemplos, figuras e situações, não fica clara a relação da física com a música.

Resultados do Livro Universo da Física de Sampaio e Calçada (v-3).

AE) Nesta obra, definições feitas em temas estudados anteriormente fazem contribuições consideráveis ao tratamento dado às ondas. De forma especial, a abordagem dos temas das oscilações, da quantidade de movimento e da energia. No que diz respeito à F.A., o tratamento dado a este item se limita ao espectro sonoro.

AH) Não existe uma abordagem histórica que faça alusão ao desenvolvimento da F.A. e de sua relação com a música. Aliás, durante o capítulo não há referência a aportes feitos pelo homem através dos tempos nesta parte da Física.

RC) No capítulo das ondas, o reflexo destas no cotidiano, ou seja, a relação do tema com o nosso dia-a-dia não é visível. O tópico carece das aplicações do conteúdo na vida prática.

EP) Os exercícios propostos não se vinculam à música, embora ao início do capítulo se apresente a figura de um violonista executando o instrumento.

PS) Não existe durante o capítulo um ponto ou item que motive a reflexão sobre os problemas de poluição sonora existentes nos dias de hoje e suas conseqüências na saúde humana.

RFM) As situações, figuras, exemplos que se apresentam dentro do capítulo não contribuem para que seja percebida a relação entre a Física e a Música.

Tabela 3

C		L	I	V	R	O	S	
A		1	2	3	4	5	6	7
T	AE	x	x	x	x		x	
E	AH							
G	RC	x	x	x	x	x		
O	EP		φ	x	x	φ		
R	PS							
I	RFM		x	x	x			
A								
S								

LEYENDA

AE- Abordagem Epistemológica.

AH- Abordagem Histórica.

RC- Relação com o cotidiano.

EP- Exercícios propostos.

PS- Poluição Sonora.

RFM- Relação Física Música.

X- Representa a presença da categoria no tópicode interesse que analisamos dentro do livro em questão.

φ- Representa a presença da categoria, mas não se apresenta vinculada com a música

Comentários.

Tendo como ponto de partida a nossa categoria AE, devemos dizer que das obras analisadas, especificamente a (3), (4), (5) e (7) não apresentam os movimentos oscilatórios, o que achamos pertinente ressaltar, pois uma abordagem sobre esse tópico serviria de base para a compreensão posterior do movimento ondulatório. De maneira geral, nestas obras se faz referência a termos que são comuns aos dois movimentos, mas ainda assim, a forma de apresentação não nos parece clara e transparece a falta de rigor nas definições que são apresentadas. Ao falar de seqüências aceitáveis, a obra número (2) o livro de Máximo e Alvarenga trata como único movimento oscilatório o MHS, em uma seção no início do capítulo do movimento ondulatório. Similarmente acontece com a obra (6) o livro “Universo da Física”, de Sampaio e Calçada. Neles, são definidas grandezas e conceitos que serão vistos novamente no estudo do movimento ondulatório. Tais declarações possibilitam que exista uma melhor compreensão do conteúdo referente às ondas e conteúdos subseqüentes dentro do livro. Nesse mesmo sentido, devemos fazer uma crítica aos livros (2) e (6), pois em nenhum momento dentro da abordagem feita a este movimento se declara que o MHS constitui um modelo físico. Isto acontece na obra número (1), o livro de Física de Décimo grado, o qual não só se limita a este movimento, abordando outros movimentos vibratórios.

CAPÍTULO 3: CONCLUSÕES.

Uma vez realizada a análise dos livros e exposto os resultados da mesma chegamos às considerações apresentadas a seguir, as quais são um reflexo da nossa interpretação da abordagem realizada nos LDs.

Tendo em conta a nossa categoria AE, podemos dizer que, percebemos que o tratamento feito ao movimento ondulatório é mais completo, nas obras 1, 2 e 6 as quais se dedicam inicialmente ao estudo dos movimentos oscilatórios. Sob esta mesma visão, durante a abordagem realizada, os autores apresentam a frequência como grandeza física fundamental. Os livros analisados colocam esta grandeza, em meio aos conceitos, fenômenos e princípios, acima de outras que epistemologicamente também contribuem para a melhor compreensão do tema.

No que diz respeito à categoria AH, abordagem histórica do tema, observamos que os LDs carecem deste tratamento no conteúdo analisado. De maneira geral as obras não promovem a reflexão sobre o desenvolvimento histórico destes saberes. Os LDs que assinalam elementos históricos mencionam simplesmente a vida e obra de algum cientista isolado, que tenha feito contribuições na área, desvinculando assim, o labor científico do contexto histórico no qual se desenvolve o saber. Desta maneira, nas obras analisadas, a reflexão sobre a influência do contexto histórico no labor científico não é discutido. Esta visão da ciência possibilitaria que o aluno não a visse como um caminho contínuo pelo qual transitam os cientistas lado a lado com o saber, mas como um percurso tortuoso, influenciado pelo contexto histórico no qual se desenvolve o conhecimento. Nesse sentido, a reflexão sobre o entorno histórico no qual se desenvolve a atividade científica deve possibilitar também que sejam eliminados preconceitos e idéias erradas ao redor deste tópico.

Com a análise feita através da categoria RFM conseguimos perceber, que um dos fatores que dificulta a visão da relação entre Física e Música pela sociedade em sua amplitude é a insuficiente discussão apresentada nos LDs a favor deste vínculo. Nesse sentido, os PCN fazem sugestões

desde 1996, as quais apontam para levar em conta no ensino de ciências, as ligações entre os diversos setores da vida do aluno, de forma que o aprendizado seja útil. Sendo assim, as competências, as informações, as habilidades e os valores desenvolvidos devem-se converter em instrumentos reais que propiciem não só a possibilidade da interpretação, percepção e satisfação, mas que o aluno possa julgar atuar e tomar uma determinada postura ante a interpretação dos eventos da natureza e em particular daqueles ligados ao som.

No que diz respeito à apresentação do conhecimento científico e sua relação com o cotidiano nos LDs de Física do PNLEM 2009, é válido mencionar que foi detectada através da categoria RC, existe contextualização do conhecimento nos temas de interesse para nossa pesquisa, embora a relação da Física e a Música não fique muito explícita. O caso em que não encontramos representada esta categoria, além da obra 7 a qual consideramos um caso especial, o constitui o livro 6, “Universo da Física” de Sampaio e Calçada.

Por outro lado, percebemos uma deficiência nos livros de Física do PNLEM 2009 e as proposições apresentadas pelos PCN 2000. Nesse sentido, nenhuma das obras motiva a reflexão sobre os problemas de poluição sonora, categoria PS, e sua influência na saúde humana. Não existe uma abordagem ambientalista que leve as pessoas a tomar partido da preservação do meio ambiente, no que diz respeito ao som. Dessa forma, é questionável que os livros de Física escolhidos para integrar o PNLEM 2009 não enfoquem de alguma maneira o tema das ondas vinculado a este problema, tendo em vista as ideias contemporâneas para o ensino de ciências apresentadas nos PCN 2000.

Esta pesquisa se propôs promover a reflexão sobre a relação da Física com a Música, a partir da apresentação dada aos conteúdos relativos ao Movimento Harmônico e Movimento Ondulatório, pelos autores dos LDs de Física do PNLEM 2009 e por sua vez, está pautada nas sugestões dos PCN para o ensino de ciências.

Vivemos um momento em que lidamos com música constantemente. Ela está espalhada por todos os lados e o acesso a ela é muito fácil devido à

enorme variedade de meios de reprodução com os que contamos. Sendo assim pensamos que a discussão a favor da relação desta arte com a Física nas aulas de Física Acústica pode possibilitar uma melhor compreensão do mundo. De maneira que se potencialize um conhecimento mais contextualizado onde o ensino de Física tome novas dimensões e guarde coerência com a visão de ciência que se pretende hoje.

REFERÊNCIAS

ABDOUNUR, Oscar João. **Matemática e Música: o pensamento analógico na construção de significados**. São Paulo: Escrituras, 1999.

ARAÚJO, Isabel. Analogias, metáforas e a construção do conhecimento: por um processo de ensino-aprendizagem mais significativo. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 26, 2003, Caxambu. **Anais**. Caxambu: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação, p. 1-162003.

BARBOSA, Maria Conceição; LINS, Henrique; TERRAZAN, Eduardo. Quando o sujeito se torna pessoa: uma articulação entre poesia e ensino da Física. **Ciência e Educação**. Bauru, v. 10, n. 2, p. 291-305, 2004.

_____.; VASCONCELLOS, das Mercês Navarro Maria; QUEIROZ, Pessôa.Glória. Física e arte nas estações do ano. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, Rio de Janeiro, n.1, p. 33-54, 2004.

BELTRÁN, Isauro Nuñez. et al. A seleção dos livros didáticos: um saber necesario ao profesor. O caso do ensino de ciências. **Revista Iberoamericana de Educación**, Madri, p. 1-12, 2007. Disponível em: <<http://www.rieoei.org/deloslectores/427Beltran.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2010.

BONILLA, Martha Patricia; Willcox, Maria del Rocío. **Guía para la elaboración de investigación social**. Ciudad México: CNEIP, 2004.

BURNHAM, Teresinha Fróes; MICHINEL, José Luis. A socialização do conhecimento científico: um estudo numa perspectiva discursiva. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 12(3), p. 369-381, 2007.

CAMPOS, Granja Carlos Eduardo de Souza. **Musicalizando a escola: música, conhecimento e educação**. São Paulo: Escrituras, 2008.

CASSAB, Mariana; MARTINS, Isabel. A escolha do livro didático em questão. **IV Encontro nacional de pesquisa em educação em ciências**, Rio de Janeiro, p. 1- 11, 2003.

CASTILHO, Caio Mário Castro; KANDUS, Alejandra; GUTTMANN, Friedrich Wolfgang. A Física das oscilações mecânicas em instrumentos musicais: Exemplo do berimbau. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 427-433, 2006.

CARVALHO, Ana Maria. Critérios estruturantes para o ensino das ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, São Paulo, v. 11, n. 3, p. 1-17, 1992.

_____ ; VANNUCCHI, Andréa. O currículo de Física: inovações e tendências nos anos noventa. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v 1 (1), p. 3-19, 1996.

CHEVALLARD, Yves. **La transposition didatique –du savoir savant au savoir enseigne**. Grenoble: La pensee sauvage. Éditions, 1991.

CHROBAK, Ricardo. Un modelo de instrucción, para la enseñanza de Física, basado en una teoría comprensible del aprendizaje humano y experiencias de clase. **Investigações em Ensino de ciências**, São Paulo, v. 2 (2), p. 105-121, 1997.

FERRARI, Nadir; de ANDRADE, Beatrice L.; ZYLBERSZTAJN, Anden. As analogias e metáforas no ensino de ciências à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. **Pesquisa em ensino de ciências**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, 2002.

FRACALANZA, Hilário; MEGID, Jorge. O livro didático de ciências: problemas e soluções. **Ciências e Educação**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.

FREIRE, Olival. et al. **Epistemologia e ensino de ciências**. Salvador: Arcadia, 2002.

GASPAR, Alberto. **Física volume único**. São Paulo: Ática, 2007.

GARDNER, Howard. **Estrutura da mente**: a teoria das inteligências múltiplas. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1994.

GODOY, Arilda. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de empresas**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995.

GONÇALVES, Aurelio; TOSCANO, Carlos. **Física volume único**. São Paulo: Scipione, 2007.

GROCH, Tony Marcio; BEZERRA JÚNIOR, Arandi Ginane. O ensino de relatividade restrita e geral nos livros didáticos do PNLEM 2009. **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Espírito Santo, 2009. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/>>. Acesso em: 31 out. 2009.

GUISASOLA, Jenaro. La investigación en la enseñanza de la Física: De la anécdota a la producción de conocimiento científicamente fundamentado. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10 (1), p. 103-127, 2005.

LINS, Henrique. Música, Pintura, Física e as leis Universais. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas/Ministério da Ciência e Tecnologia, p. 1-12, 2006.

MACHADO, Andrea Horta. **Aula de química: discurso e conhecimento**. Ijuí: Unijuí, 1999.

MACHADO, Nailton José. **Epistemologia e didática**: as concepções de conhecimento e inteligência e a prática didática. São Paulo: Cortez, 1999.

MASSARANI, Luisa.; MOREIRA, Ildeu de Castro **Música e ciência**: Ambas filhas de um ser fugaz. X Reunión de la Red de Popularización de la Ciencia y la Tecnología en América Latina y el Caribe y IV Taller “ Ciencia, Comunicación y Sociedad”, San José, 2007.

_____ Para que um diálogo entre ciência e arte? **História. ciência. saúde**, Manguinhos, vol.13, p.7-10, 2006.

_____ (En)canto científico: temas de ciência em letras da música popular brasileira. **História. ciência. saúde**, Manguinhos, vol.13, p.291-307, 2006.

MÁXIMO, Antonio; ALVARENGA, Beatriz. **Curso de Física 2**. 5. ed. São Paulo: Scipione, 2005.

MAURICE, Elias; TOBIAS, Steven; FRIEDLANDER, Brian. **A adolescência e a inteligência emocional**. São Paulo: Objetiva, 2001.

MARINA, José Antonio. **Teoria da inteligência criadora**. Lisboa: Caminho, 1995.

MENEZES, Luis Carlos; HOSOUOME, Yassuko; KAWAMURA, Maria Regina. Objetos e objetivos no aprendizado da Física. **Publicações do Instituto de Física da USP**. São Paulo, 1994.

MOREIRA, Marco Antonio; AXT, Rolando. O livro didático como veículo de ênfases curriculares no ensino de física. **Revista de ensino de física, Rio Grande do Sul**, v. 8, n 1, p.1- 16, 1986.

MUÑOZ, Marta; HOYOS, María. **Guía para la elaboración de la investigación social**. Ciudad de México, 2004.

NEVES, José Luis. Pesquisa Qualitativa - características, usos e possibilidades. **Caderno de pesquisa em administração**, São Paulo, v. 1, n. 3, 1996.

ORLANDI, Eni Pucinelli. **A linguagem e seu funcionamento**: as formas do discurso. 4. ed. Campinas: Pontes, 2003.

PENTEADO, Paulo César; TORRES, Carlos Magno. **Física, Ciência e Tecnologia**. v. 2. São Paulo: Moderna, 2005.

PIETROCOLA, Maurício. **Ensino de Física**: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integrada. Florianópolis: UFSC, 2001.

PIMENTEL, Jorge Roberto. Livros didáticos de ciências: a Física e alguns problemas. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 15, n. 3, p. 308-318, 1998.

RUI, Laura Rita; STEFFANI, Maria Helena. Um curso didático para ensino de Física, Biologia e Música. **Experiências em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 1(2), p. 36-49, 2006.

SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. **Universo da Física**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

_____. **Física**. 2. ed. São Paulo: Atual, 2005.

SCHAFER, Murray. **O ouvido pensante**. São Paulo: Unesp, 1991.

SILVA, Sara. Regina. **Música na Educação de Jovens e Adultos**: mais que um Recurso Pedagógico. Universidade Federal de São Carlos. Grupo Temático: Práticas Escolares e não escolares e Organizações alternativas, 2001. Disponível em www.ufscar.br/~crepa/crepa/praticas/MUSICA_NA_EDUCACAO_DE_JOVENS_E_ADULTO. Acesso em 26 de Outubro de 2009.

SILVEIRA, Frederico. et al. A inserção da música no processo de ensino-aprendizagem de Física: mais um recurso pedagógico. **Artigos de ciências**, Paraíba, 1999.

TATTIT, Luiz. **Musicando a semiótica-ensaios**. São Paulo: Annablume, 1997.

TUM, Roberta. **O desenvolvimento cognitivo do adolescente**. São Paulo: Notícia, 2008.

VALDÉS, Pablo. et. al. **Física décimo grado**. Havana: Pueblo y Educación, 1989.

VÁZQUEZ, Bartolomé; JIMÉNEZ, Roque; MELLADO, Vicente. ¿Cómo podemos llevar a cabo una investigación- acción para mejorar la práctica en el aula de ciencias? **Investigações em Ensino de Ciências**, São Paulo, v. 13(1), p. 45-64, 2008.

VICENTE, Sonia. Ciencia y Arte: Reflexiones en torno a sus relaciones. Mendoza, n. 3, p. 85-94, 2003. Disponível em: <http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/174/vicenteHuellas3.pdf>. Acesso em: 30 Junho. 2009.

WISNICK, José Miguel. **O som e o sentido**: uma outra história da música. 2 ed. São Paulo: Companhia das letras, 1989.

WUO, Wagner. **A física e os livros**: uma análise do saber físico nos livros didáticos adotados para o ensino médio. São Paulo: PUC, 2000.

ZANETIC, João. Física e arte: uma ponte entre duas culturas. **Pro-Posições**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 39-57, 2006.