



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA COM HABILITAÇÃO EM FÍSICA
CAMPUS JARAGUÁ DO SUL**

**ANÁLISE DE VÍDEOS SOBRE EXPERIMENTOS DE ONDULATÓRIA
DISPONÍVEIS NO *YOUTUBE***

**Bruna Carolina Schappo Engelhardt
Orientador: Luiz Fernando Macedo Morescki Junior**

Jaraguá do Sul
2017

ANÁLISE DE VÍDEOS SOBRE EXPERIMENTOS DE ONDULATÓRIA DISPONÍVEIS NO *YOUTUBE*

BRUNA CAROLINA SCHAPPO ENGELHARDT

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Campus Jaraguá do Sul, como parte dos requisitos de obtenção do título de Licenciado em Ciências da Natureza com Habilitação em Física.

AGRADECIMENTOS

Ao povo brasileiro, que pela força do trabalho bancou meus estudos em uma instituição federal. Estarei sempre trabalhando por uma educação pública, gratuita e de qualidade para todos.

Aos meus pais, Barbara e Luciano, pelo incentivo e apoio, não só emocional, mas financeiro, ao longo dos meus anos de estudo. Além de ensinarem, desde muito cedo, a dar o melhor de mim pelo que eu acredito.

Ao professor Luiz Fernando, em especial pela orientação deste trabalho, mas também pelas aulas incríveis ao longo da graduação, que inspiraram os objetivos desta pesquisa. No mais, pela amizade, desabafo sobre a vida e vídeos de cachorrinhos.

À amiga Sarah, pelas conversas que me levaram a conceber este trabalho, pela ajuda nos momentos de tristeza e pelas noites de filme e pizza que aliviavam a ansiedade de final do curso.

À Natália e ao Pedro, pelo carinho e taças de vinho inesperadas.

"Continue a nadar."
(Dory)

RESUMO

O número crescente de conteúdos postados em diferentes portais, em especial o *YouTube*, dá aos professores acesso a vários materiais que enriqueçam suas aulas. Em contraste, a escola pública não acompanha os avanços tecnológicos e, por vezes, não possui estrutura para a realização de aulas com experimentos. Em vista disto, o uso de vídeos pode ser uma opção à abordagem experimental, uma vez que assume caráter demonstrativo e, até mesmo, investigativo. Esta pesquisa, de cunho exploratório, busca conhecer como temas da Física Ondulatória são abordados em vídeos disponíveis no site *YouTube*, analisando aspectos referentes aos conteúdos, fontes, qualidade de imagem e som e proposta pedagógica, seguindo critérios de autores da área de educação em audiovisual. Os temas foram definidos a partir da importância do conceito como base para outros temas e dificuldade para o ensino-aprendizagem. Após a definição dos temas, foi realizado o levantamento de vídeos com abordagem experimental e selecionados para análise os cinco vídeos com maior número de visualizações em cada busca. Foi analisado um total de 62 vídeos, que revelou uma maioria de vídeos sobre reflexão, refração e difração, baixa abordagem de ondas sonoras, proximidade do número de vídeos de ilustração e de simulação, maioria dos vídeos com duração entre 2 e 10 minutos e com qualidade *high definition* (HD). O roteiro de análise pode ser aplicado em vídeos sobre outros temas de ciências, servindo como base para a seleção de vídeos por professores, além de a análise fornecer uma lista de vídeos sobre Ondulatória.

Palavras-chave: ensino de Física, análise de vídeos, demonstração, investigação.

ABSTRACT

The number of content posted on different portals, especially YouTube, gives teachers access to various materials that enrich their class. On the other hand, the public school does not follow the technological advances and sometimes does not have the structure for conducting classes with experiments. Thus, the use of videos may be an option to

the experimental approach, since it assumes a demonstrative and even investigative character. This exploratory research seeks to know how Ondulatory Physics topics are approached in videos available on the YouTube site, analyzing aspects related to contents, sources, image and sound quality and pedagogical proposal, following the criteria of authors of the area of audiovisual education . The themes were defined based on the importance of the concept as a basis for other themes and difficulty for teaching-learning. After the themes were defined, videos were taken with an experimental approach and the five videos with the highest number of views were selected for each search. A total of 62 videos were analyzed, which revealed a majority of videos about reflection, refraction and diffraction, low approach to sound waves, proximity to the number of videos of simulation and illustration, most videos with duration of 2 to 10 minutes and high definition (HD). The analysis script can be applied in videos on other science subjects, serving as the basis for the selection of videos by teachers, in addition to the analysis providing a list of videos about Ondulatory.

Key words: Physics teaching, video analysis, demonstration, research.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	8
2	JUSTIFICATIVA	10
3	OBJETIVOS	13
4	PROBLEMA DE PESQUISA	13
5	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
5.1	USO DA EXPERIMENTAÇÃO	14
5.3	ANÁLISE E SELEÇÃO DE VÍDEOS	18
5.4	FÍSICA ONDULATÓRIA.....	21
5.4.1	Ondas.....	21
5.4.2	Fenômenos ondulatórios.....	23
5.4.3	Interferência de ondas.....	25
5.4.4	Acústica.....	26
5.4.5	Física Moderna: a teoria quântica	28
6	METODOLOGIA	33
7	RESULTADOS E ANÁLISE	38
7.1	CONTEÚDOS	40
7.2	ESTÉTICA E TÉCNICA.....	46
7.3	PROPOSTA PEDAGÓGICA	50
8	CONSIDERAÇÕES	59
9	REFERÊNCIAS	63
	APÊNDICES	68

1 INTRODUÇÃO

A *internet* tem sido usada como ferramenta de busca cada vez mais comum na vida dos professores que, na rede, encontram diversos materiais para auxiliar e enriquecer suas aulas, sejam de Física ou qualquer outra disciplina. Diferentes sites oferecem sequências didáticas completas, com imagens, textos e atividades, assim como vídeos. Estes últimos, especialmente, também se tornaram populares entre os estudantes, que têm fácil acesso a milhões deles por meio do portal de vídeos *YouTube* (mencionado ao longo deste trabalho apenas como “*YouTube*”, “o portal” ou “o site”), criado em 2005 e atualmente propriedade da gigante *Google*.

Dentre muitos vídeos postados diariamente no portal, podem ser encontrados muitos sobre Física com diferentes abordagens, como revisões, aulas completas, curiosidades ou experimentos, produzidos por professores da área, estudantes de diferentes níveis escolares e outros entusiastas por questões relativas à Física e demais ciências da natureza. Porém, na posição de um professor que procura por materiais para usar em aula, seja para introduzir um assunto, iniciar uma discussão, incentivar a investigação, ilustrar um conceito ou motivar o estudo de determinado tema, é preciso ter cuidado com o que se encontra. Por ser um portal aberto em que qualquer pessoa pode publicar conteúdo, alguns vídeos podem apresentar conceitos errôneos, falas inadequadas à proposta pedagógica ou ilustrações ou simulações que levam os estudantes a terem uma visão incorreta sobre o tema.

Assim, os professores que recorrem ao *YouTube* para procurar por vídeos que serão usados em aulas devem ter criticidade sobre o que assistem e critérios para a escolha de um vídeo em detrimento de outro: aspectos quanto ao conteúdo apresentado no vídeo, adequação ao tempo disponível de aula, qualidade de imagem e áudio e potencialidades para uso didático devem ser considerados. A literatura acerca dessa problemática mostra poucas sugestões de critérios para avaliação de vídeos para fins didáticos, especialmente quando se trata de vídeos encontrados no *YouTube*, que apenas recentemente passou a ser uma fonte de materiais com fim educacional, o que exige do professor seus próprios critérios.

Nesta perspectiva e considerando a formação dos professores brasileiros, ainda predominantemente tradicional, um roteiro para avaliação de vídeos *on-line* seria de grande ajuda para os professores, algo ainda não encontrado na revisão bibliográfica realizada neste trabalho. O que se encontra são poucos autores (Cabero, 2001; Carneiro e Fiorentini, 2001; Ferrés, 2001; Moran, 1997), que tratam sobre as especificidades do trabalho com vídeos didáticos e deixam alguns critérios de avaliação, mas, dada a idade de suas publicações, não se aplicam totalmente aos vídeos encontrado no YouTube, onde predomina a produção amadora, enquanto os citados autores tratam de materiais produzidos para a TV ou como acompanhamento de outros materiais didáticos, como livros, manuais e cursos.

Pelo exposto acima, é possível perceber a necessidade de um roteiro de critérios para análise de vídeos que possibilitem aos professores selecionar os materiais que melhor se adéquam à sua prática pedagógica e que contribuam para a construção do conhecimento de seus estudantes. Em vista disto, o presente trabalho tem como proposta analisar vídeos de experimentos demonstrativos sobre ondulatória de produções brasileiras no *YouTube*, a fim de identificar a oferta de vídeos disponíveis sobre o tema e a qualidade dos mesmos, definida por critérios sugeridos por autores especializados e adaptados para as especificidades dos vídeos do portal. Dessa forma, será possível conhecer e indicar vídeos adequados para serem usados em aulas de ondulatória, que permitam explorar conceitos a partir de uma abordagem experimental demonstrativa-investigativa.

2 JUSTIFICATIVA

Existem dificuldades específicas ao ensino de Física ondulatória que precisam ser levadas em conta durante o planejamento e execução de atividades. A área da ondulatória apresenta conceitos pouco intuitivos e que exigem muita abstração, o que faz com que seja negligenciada no planejamento de muitos professores, como aponta Gaspar:

Infelizmente, como ocorre com o estudo de ondas, os professores não gostam desse assunto e procuram evitá-lo. Muitos argumentam que não é importante porque nem os vestibulares e nem a maioria dos livros didáticos lhe dão destaque. É bem provável que isso se deva ao pouco apreço dos professores pelo assunto.” (Gaspar, 2004, p. 216)

Porém, os conhecimentos em ondulatória são essenciais para uma melhor compreensão dos fenômenos da natureza: o som, o eletromagnetismo e a óptica são algumas áreas da Física que necessitam da abordagem ondulatória, além da Quântica, que tende a ser abordada cada vez mais no Ensino Médio. Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), documento do Ministério da Educação Brasileiro que orienta o desenvolvimento do currículo da escola e no trabalho dos professores (BRASIL, 1999), a presença de conceitos da ondulatória aparecem várias vezes, em diferentes temas, como em som e imagem, eletrônicos, telecomunicações e radiação. Outros documentos, como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL, 1996) e as Orientações Curriculares Nacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – PCN+ (BRASIL, 2002), no que se referem ao ensino de física, indicam que a escolha dos temas a serem trabalhados no nível médio deve ser feita de modo que o estudo da Física não seja um objeto em si mesmo, mas que seja entendido como um instrumento para a compreensão do mundo a partir da realidade do estudante.

Atualmente, as escolas têm recebido alunos que em pouco mais de uma década de vida acompanharam o desenvolvimento e tiveram acesso a várias novas tecnologias, resultantes dos avanços científicos e tecnológicos das últimas décadas,

nos quais a Física Moderna e Contemporânea (FMC) tem o papel principal. Porém, o ensino de Física não tem acompanhado esse desenvolvimento, o que o distancia das tecnologias atuais e dos interesses dos estudantes, que tendem à curiosidade sobre, por exemplo, como funcionam seus celulares, como são desenvolvidos seus *video games* e o que os humanos sabem sobre o Universo e os corpos celestes.

O ensino desatualizado de Física leva a uma prática pedagógica descontextualizada, impedindo que o estudante compreenda a necessidade de estudar Física, uma vez que a disciplina em geral se resume em fórmulas e equações matemáticas, ignorando conceitos e o papel histórico, cultural e social desempenhados por ela, fazendo dessa disciplina apenas mais uma no currículo escolar, tão desinteressante e fora da realidade quanto qualquer outra. Embora haja documentos que norteiam o currículo de Física, incluindo tópicos atuais desta ciência, os professores brasileiros demonstram despreparo em trabalhar tais temas, principalmente por não terem uma base conceitual adequada, em especial em Ondulatória, que seria subsunçor¹ para o entendimento da FMC. Nessa linha, o ensino de Ondulatória justificase como uma área que fundamenta outras áreas da Física, vide a relação entre a Teoria Quântica e a Ondulatória, pois como aponta Pessoa (1997, p. 30), o “regime quântico é a Física Ondulatória para baixas intensidades”. Como seria, então, possível compreender fenômenos quânticos sem uma base sólida em conceitos ondulatórios?

Estes são conteúdos intimamente relacionados com a vida das pessoas, sendo esperado que sempre fossem abordados no ensino médio, inclusive por serem cobrados em provas de larga escala, como Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Gonçalves Junior (2012, p. 104) constatou, em um estudo sobre as questões do ENEM, que o número de questões relacionadas a “Oscilações, ondas, óptica e radiação” foi de três a quatro questões em 3 provas analisadas, dos anos de 2010 e 2011. O número de questões sobre o tema é expressivo se for considerado o número total de questões de Física, em média, 15 por prova.

¹ Conceitos presentes na estrutura cognitiva do estudante, que serão ligados aos novos conceitos trabalhados em aula. Os subsunçores são parte da Teoria Cognitivista de David Ausubel, que explica o processo de cognição como uma evolução do conhecimento do estudante, um processo no qual o conhecimento em questão é construído sobre estruturas cognitivas já determinadas, também chamadas de conhecimentos prévios (Moreira, 1999).

Estes pontos expostos indicam uma contradição sobre o ensino da ondulatória: por um lado, é considerado importante pelos PCN e não é desconsiderado no ENEM, porém, por motivos já citados, é deixado em segundo plano no ensino médio. Sobre este cenário, Sartori (2012, p. 22) aponta que os esforços das políticas educacionais são amortecidos por variáveis da realidade escolar e da formação de professores, que nem sempre são as adequadas e, por isso, devem ser consideradas. O autor ainda ressalta que

“é consensual a afirmação de que a formação de professores existente no Brasil não tem contribuído de forma suficiente para que os alunos se desenvolvam como cidadãos críticos e bem informados” (Sartori, 2012, p. 23)

Para que as políticas educacionais como os PCN e o Plano Nacional do Livro Didático (PNLD), por exemplo, sejam realmente aproveitados pelos professores, é preciso que em sua formação eles desenvolvam o próprio senso crítico sobre suas práticas, os materiais que utilizam e a resposta dos alunos ao ensino que promovem.

Dentro desta perspectiva e considerando sujeitos inseridos em uma realidade com acesso à tecnologia e à internet, o uso de vídeos nas aulas de Física torna-se uma realidade, por iniciativa do professor ou da curiosidade dos próprios alunos. Porém, como tudo que leva à sala de aula, é preciso ter um olhar crítico sobre o material: a pertinência ao ensino de Física virá de sua qualidade audiovisual e de conteúdo, como os conceitos abordados e o que é possível explorar a partir dele.

É possível encontrar disponíveis no portal de vídeos *YouTube*, a plataforma de compartilhamentos de vídeos mais popular do mundo, vídeos com diferentes abordagens sobre Física, sendo os mais populares os vídeos no formato vídeo-aula e de experimentos que, em maior número, tratam de conceitos relativos à mecânica, inserida no primeiro ano do ensino médio nos currículos tradicionais. Por outro lado, vídeos sobre ondulatória, em especial os com abordagem experimental, são encontrados em menor número e, por experiência pessoal, com baixa qualidade de vídeo e som. Além disto, se a busca for restringida para o português brasileiro, o número de vídeos encontrados é ainda menor.

Por estas razões, esta pesquisa busca analisar os vídeos sobre ondulatória com abordagem experimental disponíveis no *YouTube*, em português brasileiro, a partir dos

conceitos abordados por eles, seus aspectos estéticos e sonoros e a proposta pedagógica inserida neles.

3 OBJETIVOS

Objetivo geral: Analisar a qualidade de vídeos de experimentos sobre ondulatória disponíveis no *YouTube*.

Objetivos específicos:

- Levantar os conceitos abordados relativos à ondulatória nos vídeos;
- Caracterizar os vídeos quanto aos seus aspectos estéticos e técnicos, como qualidade de som e imagem e tempo de vídeo;
- Avaliar a proposta pedagógica inserida nos vídeos.

4 PROBLEMA DE PESQUISA

Como são apresentados os experimentos do conteúdo de ondulatória em vídeos do *YouTube*?

5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

5.1 USO DA EXPERIMENTAÇÃO

A educação voltada para a participação dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem tem sido apresentada como solução dos problemas e dificuldades enfrentados no ensino de Física. Nessa perspectiva, o indivíduo é capaz de perceber e entender avanços tecnológicos, formando-se um sujeito consciente das possibilidades que a ciência traz e responsável pelas interferências desta na sociedade.

Segundo Paulo Freire (1997, p. 18), é preciso experimentar a teoria para compreendê-la, portanto as atividades experimentais são ferramentas para que o estudante estabeleça a relação entre teoria e prática. Uma busca rápida em um portal de periódicos é suficiente para mostrar como as atividades experimentais têm sido apontadas como um estratégia de ensino que minimiza as dificuldades de aprender e ensinar Física. Embora haja um consenso sobre sua importância, a mesma pesquisa em periódicos mostraria uma grande diversidade de abordagens, que ainda podem variar a depender do contexto em que são inseridas, indo desde a verificação de leis até a reflexão sobre problemas e revisão de conceitos.

Uma das possíveis abordagens é a atividade de demonstração, da qual:

“a característica mais marcante dessas atividades é a possibilidade de ilustrar alguns aspectos dos fenômenos físicos abordados, tornando-os de alguma forma perceptíveis e com possibilidade de propiciar aos estudantes a elaboração de representações concretas referenciadas.” (Araújo e Abib, 2003, p. 181)

Atividades deste tipo, se não usadas corretamente, tornam-se um monótono momento em que os alunos apenas observam o professor manipular os materiais enquanto explica a teoria envolvida na demonstração. Por outro lado, uma atividade de demonstração quando bem planejada tem ainda aproximação com a investigação ao possibilitar que os estudantes testem hipóteses, levando ao desenvolvimento da capacidade de observação, descrição de fenômenos e elaboração de explicações causais, aspectos que podem facilitar a reflexão e o progresso intelectual dos estudantes.

As atividades de demonstração podem incorporar muitos elementos, dando uma maior abertura e flexibilidade para discussões, permitindo um aprofundamento dos aspectos conceituais e práticos relacionados aos equipamentos, à possibilidade de levantar hipóteses dos estudantes e à reflexão crítica por parte dos mesmos. Deste modo, como apontam Araújo e Abib (2003, p. 187), a demonstração serviria como partida para a discussão dos fenômenos observados e exploração do tema que está sendo estudado, preferencialmente assumindo um caráter investigativo, sobre a qual Azevedo escreve:

Utilizar atividades investigativas como ponto de partida para desenvolver a compreensão de conceitos é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a perceber e a agir sobre o seu objeto de estudo, relacionando o objeto com acontecimentos e buscando as causas dessa relação, procurando, portanto, uma explicação causal para o resultado de suas ações e/ou interações. (AZEVEDO, 2001, p.22)

Além das possibilidades de exploração no âmbito conceitual, a demonstração tem ainda a possibilidade de ser realizada com um único equipamento para todos os alunos, dispensando a necessidade de uma sala de laboratório específica, além de ser possível utilizá-la em meio à apresentação teórica, sem quebra de continuidade da abordagem conceitual que está sendo trabalhada e, talvez o fator mais importante, a

motivação ou interesse que desperta e que pode predispor os alunos para a aprendizagem.

5.2 USO DE VÍDEOS PARA DEMONSTRAÇÃO

Porém, ainda que os professores reconheçam a importância do uso da demonstração para o ensino de Física, a realidade de muitas escolas brasileiras, inclusive das catarinenses, vai contra o ideal para a realização deste tipo de atividade. A falta de materiais para as demonstrações e pouca vivência dos professores com estas atividades podem ser apontadas como as principais dificuldades na elaboração de aulas pautadas na demonstração de fenômenos. Além destas, o custo de alguns materiais é elevado, o que impede tanto o professor quanto a escola de adquiri-los; por outro lado, mesmo havendo diversas sugestões de demonstrações que podem ser feitas utilizando materiais de baixo custo, nem sempre o professor dispõe de tempo ou habilidade para montá-las, por conta da alta carga horária em sala de aula ou falta de aprofundamento destas questões em sua graduação.

Diante desta problemática, os vídeos tornam-se uma alternativa aos experimentos demonstrativos. Segundo Morán (1997, p. 29), a “linguagem audiovisual desenvolve múltiplas atitudes perceptivas: solicita constantemente a imaginação e atribui à afetividade um papel de mediadora primordial, enquanto a linguagem escrita desenvolve mais o rigor, a organização, a abstração e a análise lógica”. O vídeo, então, auxilia o aluno em sua imaginação, algo dificilmente atingido quando as ideias são expostas apenas pela fala, leitura e escrita, que dependem de um maior grau de interpretação e exigem do aluno a capacidade de analisar separadamente as partes de um todo.

Como aponta Silva (2010, p. 16), o apoio à fala do professor deve ser devidamente articulado, pois “é difícil criar uma sequência de imagens que se revelem eficazes para o discurso e para as diferentes partes que o compõem”. Dessa forma, o professor precisa estar atento à sequência do vídeo, selecionando neste o que melhor se encaixa em sua aula, com total liberdade para pular trechos que julgar desinteressantes para os alunos e partir para o que julgar importante ou mesmo

modificar toda a sequência. Em um vídeo que apresente um experimento qualquer, por exemplo, pode haver um momento específico em que os estudantes não tiveram clareza do que aconteceu; o professor pode repetir o momento quantas vezes for necessário, explorando cada detalhe do fenômeno. Em relação aos experimentos demonstrativos, o vídeo apresenta esta vantagem: é possível repetir, pausar, voltar, acelerar e desacelerar as imagens, adaptando-o totalmente à aula.

Porém, a linguagem audiovisual veiculada pelo vídeo, na sala de aula, exige uma estrutura metodológica diferenciada em relação às práticas tradicionais. Neste contexto, Cinelli (2003, p. 58) sugere que “a escolha do conteúdo do vídeo e do momento que será utilizado em sala de aula deverá acontecer em plena harmonia com o desenrolar do conteúdo programático”, dessa forma, o vídeo é incorporado à aula sem causar uma ruptura brusca na sequência do professor. Para isso, o professor deve conhecer o material e ter bem definida sua metodologia, pois o uso do vídeo exigirá dele uma postura ativa em relação ao apresentado, caso contrário, utilizará o vídeo como “tapa-buraco” ou “enrolação”, como alerta Morán (1995). Sobre o papel do professor ao utilizar recursos didáticos como o vídeo, Oliari afirma:

Um primeiro passo é a transformação do próprio professor, que precisa deixar de ser o fornecedor do conhecimento para se tornar um provocador do aprender e do pensar, o que podemos chamar de “um formador”. (OLIARI, 2005, p. 58)

Para Umberto Eco (1984, p. 47), “uma escola que se pretenda moderna, ativa e participativa, deverá colocar o acento cada vez mais nas mensagens abertas, solicitando a implicação e a participação do aluno”. Esta ideia, aplicada ao uso de vídeos em sala de aula, sugere que estes não sejam recebidos de forma passiva pelos estudantes, mas que haja um momento de discussão e aprofundamento do conteúdo a partir dele. Utilizado desta forma, o vídeo tem função de apoio, funcionando como auxiliar do professor em sua tarefa de demonstração, possibilitando que este dinamize as imagens e estas, por sua vez, ilustram e complementam sua fala.

Além da função de apoio, Ferrés (1997 apud Silva, 2010, p. 16) fala da função motivadora do vídeo, que ocorre “quando o interesse do ato comunicativo se centra no destinatário, procurando afetar de alguma maneira a sua vontade para incrementar as possibilidades de um determinado tipo de resposta”. Dessa forma, o vídeo sensibiliza o estudante para um determinado conteúdo e o estimula à discussão, tornando-o participativo e requisitando suas percepções, ideias e considerações sobre um fenômeno que é observado pelo vídeo. O autor cita também categorias de vídeos dentre as quais há o vídeo monoconceito, que corresponde a vídeos com duração entre 2 e 10 minutos e geralmente mudos, de forma que a aprendizagem seja baseada principalmente na observação e posterior discussão do que é apresentado. O autor descreve os vídeos monoconceito como uma junção dos vídeos com função de apoio e motivador, o que resulta em um vídeo curto, direto, com abordagem simples e que podem ser utilizados como introdução de conteúdos e novas atividades.

No contexto desta pesquisa, a exibição de audiovisuais pelo professor visa substituir a atividade experimental em sua finalidade de demonstração (Muramatsu, 1976). Mostrar um fenômeno ou uma experiência, do ponto de vista da linguagem audiovisual, trata-se de um uso restritivo e ingênuo, segundo o autor, mas é uma função que se mostra ainda necessária no ensino da Física no Brasil, uma vez que as instituições brasileiras, em sua maioria, passam por dificuldades já mencionadas anteriormente. Os estudantes, assim, podem identificar características relacionadas aos fenômenos explorados no experimento, o que de outra forma não teria como acontecer.

5.3 ANÁLISE E SELEÇÃO DE VÍDEOS

Basso e Amaral (2006, p. 66) apontam que o surgimento e acesso dos estudantes às novas tecnologias criam um novo espaço de formação de identidade e novos referenciais de cultura, em um cenário no qual não cabe mais a figura do professor tradicional, detentor do conhecimento compartimentado, e do aluno mero receptor. Neste novo cenário, não basta que o professor domine o conteúdo, mas também que esteja “preparado para utilizar a linguagem audiovisual com sensibilidade

e senso crítico de forma a desenvolver, com seus alunos, uma alfabetização audiovisual”² (Mandarino, 2002), uma vez que esta linguagem está fortemente presente no mundo contemporâneo e acessível às camadas populares. Ferrés (1997, p. 54 apud Silva, 2010, p.21) afirma que “A tecnologia do vídeo chegou demasiado tarde à escola se atendermos ao contexto social e cultural, mas demasiado cedo se atendermos à formação específica do professor”, o que, em outras palavras, significa que os estudantes estão mais avançados que seus professores no que diz respeito ao consumo de vídeos, neste caso específicos, de vídeos amadores, característicos do *YouTube*.

Além disso, o conteúdo produzido e divulgado na internet cresce cada vez mais por conta do conjunto das tecnologias da informação e comunicação na sociedade, e a facilidade de produzir vídeos, com equipamentos de baixo custo e boa qualidade, como *smartphones*, câmeras digitais de uso doméstico, microfones e *softwares* de edição de vídeo. Porém, o fácil acesso aos meios de comunicação e o rápido consumo de dados, se não forem organizadas, refletidas e sistematizadas, não são convertidos em informação, tão pouco em conhecimento, mas sim em fatos isolados, desconexos entre si e distantes do contexto original. Não só os estudantes, também os professores estão sujeitos à confusão causada pela atual imersão da sociedade em uma multiplicidade de dados. Portanto, diante de tantas opções, é preciso saber selecionar o que usar em sala de aula, evitando ignorar este fenômeno e cumprindo com o papel social da escola de conduzir o estudante à observação, à experiência e à crítica, a partir das informações provenientes tanto de dentro quanto de fora da escola.

Segundo Cabero (2001, p. 281 apud Silva, 2010, p. 15), é de suma importância que o professor “reflita e decida sobre a qualidade técnica-estética e curricular dos materiais que lhe são apresentados, a sua adequação às características de seus alunos e a ideologia subjacente no mesmo”. Assim como ele deve analisar e selecionar um livro, um texto ou uma reportagem que levará para a sala de aula, os vídeos, atualmente em grande oferta na rede, também devem ser escolhidos seguindo

² Processo de compreensão do uso dos meios de comunicação: o que são, como funcionam, como produzem significados, como se organizam e como influenciam a sociedade. Assim, o estudante desenvolve um senso crítico sobre materiais audiovisuais, sabendo fazer uso destes (Costa e Barbosa, 2015).

aspectos que melhor se adéquam à atividade do professor, considerando também as particularidades dos estudantes. Uma revisão bibliográfica sobre a avaliação de vídeos para fins educacionais revela uma preocupação em defender e promover o uso de vídeos em sala de aula, porém nada se encontra sobre, especificamente, a avaliação de tais vídeos. Foram encontrados trabalhos (Cinelli, 2003; Engelmann, 2015; Pereira, Barros, Rezende et al., 2011; Sartori, 2012; Silva, 2010) que tratam sobre o uso dos vídeos e propõem formas de utilizá-los, mas seus autores não sugerem critérios para escolha e avaliação dos vídeos.

Gomes (2008) considera esta problemática ao sugerir critérios para seleção de vídeos didáticos, não necessariamente disponíveis *on-line*, mas produzidos unicamente para apoio em atividades pedagógicas. Estes materiais se diferem dos vídeos encontrados no *YouTube* principalmente por serem produzidos por profissionais do audiovisual, com apoio para a elaboração de roteiros, filmagem e edição, algo ainda fora de alcance dos professores que produzem conteúdo para o portal de vídeos. Por esta razão, o roteiro de critérios do autor não se aplica totalmente aos vídeos *on-line*, sendo necessário fazer adaptações que se adequem ao formato dos vídeos, geralmente amador.

O autor (Gomes, 2008) indica cinco categorias de análise: a primeira categoria analisa os “conteúdos”, referindo-se à qualidade e clareza da informação científica, bem como contextualização, pertinência e suficiência da quantidade de informações, necessidade de conhecimentos prévios, adequação de linguagem e conteúdo para o público-alvo e referências utilizadas na produção do roteiro; a segunda categoria, sobre “aspectos técnico-estéticos”, é dividida em outras cinco subcategorias referentes às linguagens utilizadas, roteiro, estrutura narrativa, formato e produção; a terceira categoria refere-se à “proposta pedagógica”, na qual são avaliadas as aplicações práticas do conteúdo abordado, os objetivos do vídeo (informar, motivar, sensibilizar, exemplificar, etc.), a interdisciplinaridade envolvida, atividades sugeridas, criação de situações de aprendizagem, duração do vídeo, ideologias subjacentes aos conteúdos e personagens e a concepção dos papéis de alunos e professores e do próprio material audiovisual; a quarta categoria visa analisar o “material de acompanhamento” do vídeo,

como a ficha de informações do vídeo (título, autores, data e local de produção e duração) e a presença de um guia do material didático, no qual devem estar contidas informações sobre o conteúdo do vídeo, sugestões para seu uso e atividades complementares; e, por fim, a quinta categoria, referente ao “público-alvo” do vídeo, que avalia a clareza de definição do público-alvo e adaptações feitas nas informações, proposta pedagógica, linguagem e formato para este determinado público.

5.4 FÍSICA ONDULATÓRIA

Ondulatória é a área da Física que estuda as ondas. A compreensão da Física Ondulatória é essencial para o estudo de muitos fenômenos físicos, porém, os conceitos que a envolvem não são triviais para os estudantes, mas são de difícil assimilação e exigem muita abstração. No desenvolvimento deste trabalho, foram encontrados diferentes conceitos da área, sendo necessário descrevê-los como apresentado a seguir.

5.4.1 Ondas

Na Física, denomina-se onda o movimento causado por uma perturbação que se propaga através de um meio (Halliday, 2009). Um exemplo muito utilizado trata de uma corda com cada extremidade sendo segurada por uma pessoa. Se uma das pessoas sacode a corda para cima, provoca nela uma perturbação, que por sua vez origina uma sinuosidade na corda. Esta sinuosidade é causada por um acréscimo de energia a um ponto da corda, fornecida pela pessoa que a sacode. A energia modifica a corda (sinuosidade), porém, como ela é um meio elástico, tende a voltar à sua forma original. Assim, de ponto a ponto, a energia é transmitida em direção à pessoa que se encontra segurando a corda em sua outra extremidade.

A perturbação provocada na corda é chamada de pulso e o movimento do pulso ao longo da corda constitui uma onda. Os pulsos podem ser criados periodicamente, criando uma onda periódica. É muito importante tomar atenção para uma característica fundamental de todas as ondas que ocorrem na natureza: as ondas não transportam

matéria, apenas energia. Isso quer dizer que o ponto da corda que é modificado pelo pulso volta à sua posição inicial e o ponto seguinte ao ponto inicial recebe esta mesma energia, modificando seu estado e retornando ao estado inicial, e assim por diante, ao longo de toda a corda. A energia propagada pela corda é parte cinética, originada da massa do elemento de corda, e parte potencial elástica, por conta da deformação sofrida (Halliday, 2009).

As ondas são classificadas por diferentes aspectos. Primeiramente, são classificadas quanto à sua natureza: mecânica ou eletromagnética. As ondas mecânicas são originadas pela deformação de uma região de um meio elástico, como a corda no exemplo anterior, o ar ou a água. Precisam, obrigatoriamente, de um meio material para se propagarem. Já as ondas eletromagnéticas são originadas por cargas elétricas que oscilam em um ponto, criando campos elétricos e magnéticos oscilantes. Estas ondas não necessitam de um meio material para se propagarem, podendo percorrer o vácuo e certos meios materiais. São exemplos de ondas eletromagnéticas a luz e os raios X.

Outras classificações se referem à direção de propagação da energia e à direção de vibração da onda. A direção de propagação da energia se dá de três formas: unidimensional, quando as ondas se propagam em uma só direção, como em uma corda; bidimensional, quando as ondas se propagam em um plano, como na superfície da água quando perturbada por uma gota de água ou uma pedra; e tridimensionais, quando as ondas se propagam em todas as direções, como ocorre com as ondas sonoras no ar. Quanto à direção de vibração, esta se dá de forma transversal, quando a direção de vibração é perpendicular à direção de propagação, ou longitudinal, em que as direções de vibração e de propagação são a mesma. São exemplos as que se propagam em uma corda e as ondas sonoras, respectivamente.

As ondas são também descritas a partir de algumas características: comprimento de onda, amplitude, frequência e período. O comprimento de onda λ é a distância entre duas cristas (pontos mais altos da onda) ou entre dois vales (pontos mais baixos) consecutivos. A amplitude α é a medida, positiva ou negativa, da magnitude da oscilação da onda. O período T é o tempo necessário para a onda percorrer um

comprimento de onda, gerando uma onda completa. A frequência f indica quantas oscilações a onda efetua a cada unidade de tempo (Halliday, 2009).

As ondas bi e tridimensionais apresentam frentes de onda, um conjunto de todos os pontos do meio que são atingidos pela mesma fase³ da onda, em determinado instante. Uma propagação bidimensional em um meio homogêneo e isotrópico⁴ pode apresentar frentes de onda retas ou circulares, chamadas de ondas retas ou ondas circulares, respectivamente. Já na propagação tridimensional, em um meio também homogêneo e isotrópico, as frentes de onda podem ser planas ou esféricas.

5.4.2 Fenômenos ondulatórios

Fenômenos ondulatórios são aqueles que ocorrem com as ondas e possibilitam descrever vários fenômenos naturais. A mecânica quântica, por exemplo, tem seus fundamentos baseados no estudo de fenômenos ondulatórios. Cavalcante et al. (1999) destaca a importância do entendimento dos fenômenos para a compreensão de uma das ideias da física moderna, ao pontuar que “para o entendimento adequado do princípio da dualidade (onda-partícula) devemos entender com clareza os fenômenos de interferência e difração”. Além dos fenômenos citados pelos autores, serão descritos, ainda, a reflexão, a refração e a polarização.

Na reflexão uma onda incide sobre um obstáculo e retorna ao meio de propagação, mantendo as características da onda incidente. Não importa o tipo de onda, o módulo de sua velocidade após a reflexão não é alterado, pois ela volta a se propagar no mesmo meio. Em uma onda unidimensional, como a que se propaga em uma corda, ocorrem dois casos de reflexão: um particular de uma extremidade de corda fixa, outro com extremidade móvel. No caso de uma extremidade fixa, presa a uma parede ou outro objeto, a energia que se propaga na corda aplica uma força ao objeto que a prende, gerando uma força contrária que causa um movimento na direção da aplicação do pulso, com um sentido inverso, gerando um pulso refletido. Se a

³ Altura de um ponto da onda em relação à amplitude e ao ponto de equilíbrio. Dois pontos estão na mesma fase se estes se encontram à mesma altura.

⁴ Meio que apresenta as mesmas propriedades em todas as direções (Halliday, 2009).

extremidade for livre, por exemplo, presa por um anel a uma haste, o pulso incide sobre o obstáculo e faz o anel se movimentar no sentido perpendicular à propagação da onda. O pulso então é refletido na mesma direção do pulso incidente e no sentido inverso. O mesmo pode ser observado para uma onda bidimensional, reta ou circular, onde as frentes de onda incidem sobre um anteparo, com um determinado ângulo de incidência, e são refletidos com o mesmo ângulo, em relação a uma reta perpendicular à superfície do anteparo (Halliday, 2009). A igualdade entre os ângulos de incidência e reflexão é válida para todo tipo de onda, como as luminosas e sonoras.

A refração de ondas ocorre quando uma onda muda de meio de propagação, alterando a sua velocidade de propagação (Halliday, 2009). Esta diferença de velocidade de propagação pode ser identificada comparando a velocidade do som no ar e em um sólido, enquanto pode-se observar o fenômeno de refração em ondas do mar, que se propagam com velocidade maior onde a água é mais profunda. Ao chegar na praia, diminuindo a profundidade da água e, portanto, a velocidade, também há uma mudança na direção de propagação, fazendo mudar ângulo das frentes de onda, inclinando-o para mais próximo da reta perpendicular à reta que separa os dois meios.

O fenômeno da difração é caracterizado pelo encurvamento de frentes de onda quando estas se deparam com um anteparo onde se encontra uma fenda. O princípio de Huygens⁵ explica a difração: quando frentes de onda em uma superfície incidem sobre uma fenda, os pontos da abertura tornam-se fontes de ondas secundárias que mudam a direção de propagação da onda incidente, contornando o obstáculo (Halliday, 2009). Uma demonstração deste fenômeno pode ser feita com uma cuba de água e um anteparo com fenda, porém, se o mesmo for experimentado com um feixe de luz, a difração não será observada. Isto ocorre porque a difração é nítida apenas quando as dimensões da fenda forem da ordem de grandeza do comprimento de onda da onda incidente. Portanto, para observar a difração da luz, a fenda deverá ser muito pequena.

Por fim, o fenômeno da polarização. Uma corda que é movimentada para cima, para baixo e lateralmente produz pulsos que oscilam em várias direções perpendiculares à propagação da onda. Uma onda nessas condições é uma onda não

⁵ Para um considerado instante, cada ponto da frente de onda comporta-se como fonte de ondas secundárias. Princípio proposto por Christian Huygens (1629 – 1695), físico, matemático e astrônomo holandês.

polarizada. Quando as oscilações estão todas em uma só direção, esta é uma onda polarizada. É possível tornar uma onda não polarizada em onda polarizada fazendo-a passar por um polarizador: um filtro que permitirá que passem somente os pulsos em uma direção específica (Halliday, 2009). As ondas longitudinais não podem ser polarizadas, pois oscilam na mesma direção de propagação.

5.4.3 Interferência de ondas

Considerando, novamente, uma corda esticada segurada por duas pessoas, e que elas produzam um pulso na corda, cada uma em uma extremidade. Como já exposto, o pulso cria uma onda que se propaga para frente. Porém, nesta situação, são produzidos dois pulsos que se propagam ao longo da corda em sentidos contrários, encontrando-se em um ponto. Neste momento ocorre uma superposição de ondas: enquanto elas se cruzam, uma atravessa a outra sem se modificarem. Após a superposição, as ondas continuam a se propagar como antes, com a mesma forma. Esse fenômeno é chamado de independência das ondas e é comum a todos os tipos de ondas. A interferência também acontece se as ondas estão se propagando na mesma direção, mas com velocidades diferentes (Halliday, 2009).

A interferência de ondas forma uma onda resultante igual à soma algébrica das perturbações das ondas ponto a ponto e pode ser construtiva ou destrutiva. A interferência construtiva ocorre quando as duas ondas têm amplitude (altura) positiva, gerando uma amplitude momentaneamente maior em módulo. Já a interferência destrutiva ocorre quando a amplitude é momentaneamente reduzida em módulo, porque uma das ondas tem amplitude negativa. Também pode ocorrer a interferência totalmente destrutiva, quando as ondas têm amplitudes iguais em módulo, mas sinais diferentes.

A interferência entre duas ondas com mesma frequência, comprimento de onda e velocidade, na mesma direção porém em sentidos opostos produz ondas estacionárias. Este tipo de onda surge quando uma onda progressiva é refletida por uma extremidade fixa: a onda incidente e a onda refletida se sobrepõem, criando um padrão de interferência estacionário, com pontos vibrando em várias amplitudes. Alguns pontos

vibram com amplitude máxima, igual a duas vezes a amplitude da onda progressiva, originando os ventres, e outros pontos permanecem em repouso, ou seja, têm amplitude nula, e são denominados nós. As ondas estacionárias não transportam energia ao longo da corda, pois um nó não permite que a energia seja transmitida para o ponto seguinte, uma vez que permanece em repouso, mantendo a energia estacionária na corda (Halliday, 2009). Porém, nos demais pontos, há transformação contínua de energia cinética em energia potencial elástica e vice-versa.

Se uma corda for mantida fixa em ambas as extremidades com um MHS (movimento harmônico simples) de pequena amplitude, serão produzidos padrões de ondas estacionárias para certas frequências. As frequências que geram ondas estacionárias são chamadas de frequência de ressonância. A menor frequência de ressonância é a frequência fundamental da corda e produz um padrão de onda estacionária chamado de modo fundamental ou primeiro harmônico, com dois nós (nas extremidades da corda) e um ventre. A mesma corda terá frequências de ressonância para o segundo harmônico, com três nós e dois ventres, terceiro harmônico, com quatro nós e três ventres, e assim por diante. Este fenômeno é observado em cordas de instrumentos musicais, como os violões, por exemplo.

5.4.4 Acústica

As ondas sonoras são ondas longitudinais de pressão, que se propagam nos fluidos em geral. Neste tipo de onda, o comprimento de onda é definido pela distância entre duas regiões consecutivas de compressão ou de expansão (Halliday, 2009). Uma onda sonora pode ser criada em um tubo de ar pelo movimento periódico de um êmbolo, que comprime e expande o ar, propagando a perturbação ao longo do tubo. As ondas sonoras têm origem mecânica, pois são produzidas por deformações em um meio elástico (o êmbolo em movimento, uma corda que vibra ou um alto-falante fazendo vibrar o ar ao seu redor), portanto não se propagam no vácuo.

Os tímpanos, membranas localizadas dentro dos ouvidos, percebem as variações de pressão no meio e vibram na mesma frequência das perturbações. O sistema auditivo de um humano saudável é sensível a perturbações com frequências

entre 20 Hz⁶ e 20.000 Hz, podendo variar com a idade e outros fatores. O sistema auditivo é capaz de distinguir certas características do som, denominadas qualidades fisiológicas: altura, intensidade e timbre.

A altura do som difere sons graves de agudos e é referente à frequência do som, sendo mais grave quanto menor for a frequência e mais agudo quanto maior a frequência. A intensidade, também chamada sonoridade, diferencia sons fortes de sons fracos e depende da energia transportada pela onda sonora que atravessa uma superfície com área A , como o tímpano, em uma unidade de tempo. Assim, mais forte será o som quanto mais energia atravessar uma área em uma unidade de tempo; da mesma forma, será mais fraco o som quanto menos energia atravessar uma área em uma unidade de tempo. O timbre é o que permite o sistema auditivo diferenciar um som com mesma altura e intensidade porém emitido por instrumentos distintos. A diferença ocorre pois cada instrumento, ao produzir uma nota musical, emite diversos sons de frequências múltiplas, que se superpõem e constituem a nota. Dentre os sons, o de menor frequência constitui o som fundamental, ou primeiro harmônico, e os demais são os harmônicos. A superposição destas frequências determina a forma da onda que o instrumento emite. O primeiro harmônico determina a frequência do som e os demais harmônicos emitidos variam para cada instrumento (Halliday, 2009).

Um fenômeno observado cotidianamente com ondas sonoras é efeito Doppler⁷. Considerando um observador parado na calçada de uma rua quando passa por ele uma viatura com a sirene ligada. O observador deve notar que a altura do som (frequência) diminui de forma repentina depois que a viatura o ultrapassa. Se o observador puder comparar a altura do som emitido pela sirene quando a viatura está se aproximando e se afastando, deverá notar que a altura aumenta quando se aproxima e diminui quando se afasta. Este fenômeno é o chamado efeito Doppler, que também ocorre com as ondas eletromagnéticas. É indispensável reforçar que a frequência emitida pela viatura não muda, o que o observador percebe é uma frequência aparente que resulta do

⁶ Hertz: unidade de medida do Sistema Internacional para a frequência, expressa em ciclos por segundo. Homenagem ao físico alemão Heinrich Rudolf Hertz (1857 – 1894).

⁷ Christian Johan Doppler (1803 – 1853), físico austríaco que descreveu o fenômeno para o som .

movimento relativo entre observador e viatura, variando a frequência das frentes de onda que chegam ao ouvido do observador (Halliday, 2009).

5.4.5 Física Moderna: a teoria quântica

A evolução da Física é dividida em três grandes etapas: a Clássica, a partir dos trabalhos de Copérnico, Galileu e Newton até a teoria do Eletromagnetismo, no final do século XIX (Dominguini, 2012). Os conceitos descritos até aqui pertencem à Física Clássica, na época vista como o máximo que a ciência poderia alcançar, uma vez que “a Mecânica, Termodinâmica e Eletromagnetismo constituíam um formidável arcabouço teórico no qual nada mais parecia necessário, nem mesmo possível, acrescentar” (Dionísio, 2005, p. 149). Porém, ainda no final do século, na década de 1890, uma série de fenômenos desafiava as teorias vigentes, entre eles a radiação de corpo negro, o efeito fotoelétrico e o espectro de raios dos elementos.

Com a busca por explicações para estas problemáticas, tem início a Física Moderna a partir dos trabalhos de Max Planck (1858–1947), sobre os fenômenos físicos da matéria em escala atômica, e de Albert Einstein (1879-1955), sobre os fenômenos em escalas astronômicas, que envolvem grandes quantidades de energia e massa, desenvolvendo sua Teoria da Relatividade.

Até então, os experimentos de Thomas Young sobre interferência e difração e a descrição ondulatória da luz, feita por Maxwell a partir da sua teoria eletromagnética, sugeriam que a luz fosse um fenômeno ondulatório. Porém, o estudo do efeito fotoelétrico, descoberto por Hertz, explicado por Albert Einstein e verificado experimentalmente por Robert Andrews Millikan (1868-1953), exigia que a luz fosse considerada também como partícula (Williams, 1969). Ou seja, os dois possíveis comportamentos deveriam ser considerados na descrição da luz.

Após avanços feitos por Planck e Einstein na compreensão do comportamento dos elétrons, Niels Bohr (1885–1962) passou a trabalhar em explicar como os elétrons se comportam, estudando átomos de hidrogênio, o mais simples dos átomos, contendo apenas um elétron e o núcleo com somente um próton. A teoria permitiu o cálculo dos comprimentos de onda da luz visível a partir da observação da luz emitida por gás de

hidrogênio, baseado em duas suposições: na primeira, o elétron não irradia energia quando está em um dos estados de energia permitidos (apenas quando salta de um estado para outro) e, no segundo, os valores permitidos para o momento angular são dados pela equação $mvr = n \frac{h}{2\pi}$, onde h é a constante de Planck e n são número inteiros maiores que 1 (Williams, 1969, p. 369). Tais suposições são arbitrárias e não encontram base na física clássica, mas permitem calcular as frequências observadas, portanto as suposições de Bohr estariam de acordo com o que ocorre no átomo, sendo apropriadas para a construção de uma teoria que busca descrever eventos de dimensões atômicas.

Porém, a teoria de Bohr aplicava-se somente aos átomos de hidrogênio, sendo o seu modelo incapaz de lidar com átomos maiores, porém seus postulados foram tão revolucionários que romperam a descrição clássica dos elétrons. Este era o início do que hoje conhecemos por Mecânica Quântica, área da Física Moderna.

Louis de Broglie (1892-1987) buscou expandir a teoria de Bohr, possibilitando sua aplicação para além do átomo de hidrogênio. Na verdade, ele procurou uma equação que pudesse explicar as características do comprimento de onda de toda a matéria. Em vista dos avanços feitos por Planck, Einstein e Bohr, de Broglie propôs que, se a luz comporta-se como onda e às vezes como partícula, então, talvez haja simetria na natureza, portanto os elétrons comportem-se como partícula, e às vezes como ondas. Esta ideia inicialmente sofreu muita resistência da comunidade científica, porém, os físicos americanos Clinton Davisson e Lester Germer confirmaram, em 1927, a hipótese de de Broglie. Eles dispararam um feixe de elétrons, com velocidade tão constante quanto o equipamento permitia, assim cada elétron teria a mesma energia cinética e momento, em direção a um cristal de níquel, enquanto um detector mensurou o número de elétrons refletidos em várias direções. Em valores específicos para a velocidade dos elétrons, portanto para o momento, eram observadas concentrações no número de elétrons refletidos em certas direções, formando cristas (Williams, 1969, p. 376). Estas cristas foram interpretadas como um fenômeno de interferência, essencialmente ondulatório. Portanto, os elétrons teriam caráter ondulatório, uma vez que apresentam fenômenos de interferência e difração, como Young havia mostrado..

Os resultados obtidos no experimento foram previstos por de Broglie, relacionando o comprimento de onda λ com o momento mv do elétron, de forma que $\lambda = \frac{h}{mv}$.

O mesmo experimento, se feito com átomos de hélio, apresenta efeitos similares aos dos elétrons, mostrando um padrão de interferência no qual o “comprimento de onda” aparente dos átomos é aproximadamente igual ao espaçamento dos átomos do cristal. Isto indica que toda a matéria apresenta comportamento ondulatório, ainda que, para dimensões triviais de objetos massivo, por exemplo, uma bola, o comprimento de onda seja muito pequeno, sendo impossível observar os fenômenos ondulatórios das ondas associadas a estes objetos (Williams, 1969, p. 378).

No entanto, para corpos menores, os resultados experimentais indicam que os elétrons se comportam como partículas, mas também como ondas. Porém, esta noção de comportamento onda-partícula é contraditório, pois dessa forma, “implicaria dizer que essa coisa [elétrons, átomos] é ao mesmo tempo indivisível e divisível (contínua), segue uma trajetória e não segue (é espalhada)” (Pessoa, 1997, p. 28). Isso porque, na Física Clássica, onda é uma excitação que se propaga em um meio, como já foi definido anteriormente neste trabalho, e tem a característica de se espalhar no espaço, sem uma localização definida. Outra característica é a possibilidade de dividir sua amplitude o quanto se queira, o que faz das ondas entidades contínuas, que podem assumir qualquer valor arbitrário. Já as partículas são indivisíveis em condições normais, têm posição definida no espaço a cada instante e, com o passar do tempo, descrevem uma trajetória bem definida (Pessoa, 1997, p. 28).

Se onda e partícula têm características contraditórias, como é possível conciliar os dois comportamentos? Desta questão surgiu a dualidade onda-partícula, característica central da atual descrição da luz e de elétrons. Neste ponto, Cavalcanti et al reconhecem o papel dos fenômenos ondulatórios na natureza e a importância do seu compreensão, pois, “para o entendimento adequado do princípio da dualidade (onda-partícula) devemos entender com clareza os fenômenos de interferência e difração” (Cavalcante, M.; Jardim, V.; Barros, J., 1999).

A partir da dualidade, foi elaborado o Princípio da Incerteza de Heisenberg, pelo físico alemão Werner Heisenberg (1901- 1976) em 1927. Basicamente, o princípio da incerteza diz que não há como saber a posição e o momento do elétron com precisão e

simultaneamente. Se por um lado é conhecida a posição, não é possível determinar o momento, e vice-versa (Williams, 1969, p. 382).

Se considerarmos uma pedra sendo jogada em um lago, veremos que ela produz ondas circulares ao entrar em contato com a água. Instantes após a pedra perturbar a superfície do lago, as ondas produzidas terão se afastado do centro da perturbação em uma espécie de grupo de ondas. Um elétron, de maneira semelhante, também possui um grupo de ondas movendo-se juntas, e podemos saber onde o elétron está procurando pela região com maior amplitude do grupo de ondas. Assim, uma onda tem grande amplitude onde o elétron está, e amplitudes menores ou nulas onde não está. Pelo princípio da incerteza, se é possível determinar a posição do elétron, então não é possível determinar seu momento, obtido do comprimento de onda segundo a relação de de Broglie, pois o grupo de ondas apresentará amplitudes diferentes. Porém, se o grupo de ondas apresentar amplitudes uniformes, seria possível determinar seu comprimento de onda, portanto o momento do elétron, mas não a posição dele, pois não haveria diferença entre as amplitudes (Williams, 1969, p. 382). Heisenberg pontuou, ainda, que não é possível determinar o comprimento de onda do elétron e observá-lo para determinar a posição, pois a observação implica em incidir fótons sobre o elétron, o que seria suficiente para mudar sua posição, mantendo o princípio da incerteza.

Os conceitos apresentados nesta seção representam uma pequena parte do início do estudo da Mecânica Quântica, essencial se considerarmos um ensino de Física que pretenda, segundo Ostermann e Cavalcanti:

Despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima dos estudantes; estabelecer o contato dos alunos com as ideias revolucionárias que mudaram totalmente a Ciência do século XX; atrair jovens para a carreira científica, futuros pesquisadores, professores. (OSTERMANN e CAVALCANTI, 1999)

Nesta visão, ao inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea⁸ em seu planejamento, um professor precisa ter empenhado um tempo e esforço considerável no ensino da Ondulatória. Se pretendermos uma atualização no currículo de Física, é essencial que a Física Ondulatória seja trabalhada de forma eficaz, pois seus conceitos serão revisitados diversas vezes. Além disso, a Mecânica Quântica pode ser interpretada de várias maneiras diferentes, formando conjuntos de teses que se agregam para fazer afirmações sobre a realidade por trás dos fenômenos observados, porém sem alterar as previsões da teoria (Pessoa, 1997, p. 29), e, para que se tenha condições conceituais de tomar para si uma delas, é preciso compreender a Ondulatória. Portanto, um ensino de Física atualizado passa pelo ensino da Ondulatória como um pré-requisito para a Física Moderna.

⁸ Período posterior à Física Moderna. Tem início na Segunda Guerra Mundial a partir de estudos sobre as partículas subatômicas (Dominguini, 2012).

6 METODOLOGIA

A pesquisa tem abordagem qualitativa e, em vista de seus objetivos, é do tipo exploratória, a qual, segundo Gil (1991, p. 41), “visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses”, a partir de vídeos disponíveis no *site* de compartilhamento de vídeos *YouTube*. A execução da pesquisa seguiu três etapas, sendo elas:

- I) Pesquisa por temas da ondulatória e seleção dos vídeos;
- II) Visualização e caracterização dos vídeos; e
- III) Avaliação segundo os critérios escolhidos.

Na primeira etapa foi realizada a pesquisa e seleção no *YouTube* de vídeos com caráter experimental/demonstrativo de temas da ondulatória selecionados a partir da importância do conceito como base para outros temas e dificuldade para o ensino-aprendizagem, por conta da abstração necessária para compreendê-los. São eles:

- Onda;
- Elementos de onda;
- Ondas mecânicas e eletromagnéticas;
- Ondas transversais e longitudinais;
- Ondas progressivas;
- Fenômenos ondulatórios (reflexão, refração, difração e polarização);
- Princípio da superposição de ondas;
- Interferência entre ondas;
- Ondas estacionárias;
- Ressonância;
- Onda sonora como onda longitudinal;
- Intensidade sonora;
- Interferência de ondas sonoras;
- Efeito Doppler.

Buscando pelos temas descritos, mantendo o padrão de busca como “(tema) experimento”, foi realizada a seleção dos vídeos que apresentaram experimentos ou simulações na primeira página de resultados da busca. Desse modo, foram verificados 22 vídeos por busca, excluindo os resultados irrelevantes (vídeos fora da proposta de análise do trabalho, como músicas, filmes ou vídeos em línguas estrangeiras), pois, por ser um portal de vídeos com conteúdos diversos, uma busca no *YouTube* pode retornar vídeos que não são pertinentes à pesquisa aqui descrita.

A segunda etapa foi direcionada ao fichamento dos vídeos selecionados, criando tabelas por temas que informem os dados de cada vídeo: nome, link para acesso, tempo de duração, qualidade da imagem (em pixels), data de envio e data de acesso. Esta etapa não envolve a avaliação dos vídeos, apenas a caracterização destes. Os dados levantados nesta etapa estão organizados em tabela (Apêndice A).

Na terceira etapa, os vídeos que atenderam aos critérios de seleção e foram devidamente caracterizados passaram por uma segunda seleção, uma vez que o número de vídeos caracterizados foi alto, totalizando 124 vídeos. Assim, a seleção para análise foi feita selecionando, em cada busca, os cinco vídeos com mais visualizações, reduzindo o número de vídeos analisados para 62 excluindo os vídeos repetidos, que apareceram em uma ou mais buscas. A avaliação foi realizada segundo sugestão de critérios de Gomes (2008), elaborados para análise de programas educativos de TV e de manuais pedagógicos, adaptados para os vídeos do *YouTube*, em geral produzidos de forma independente por estudantes e professores.

A adaptação dos critérios de Gomes (2008) para os vídeos do *YouTube* foi feita comparando a produção de vídeos didáticos profissionais e amadores, transpondo a realidade das produções amadoras para os critérios, selecionando-os de acordo com a coerência de aplicação destes aos vídeos amadores. A categoria “Público a que se destina” também foi retirada na seleção de critérios, uma vez que vídeos deste tipo já possuem um público-alvo bem definido, composto por estudantes de nível médio e superior e professores destes mesmos níveis.

Além da natureza amadora da produção dos vídeos, a delimitação do tipo de vídeo a ser analisado, experimentais e demonstrativos, retira os critérios de formato e estrutura narrativa, exceto a classificação referente à função do vídeo, presentes na

categoria “Aspectos técnico-estéticos”, uma vez que o formato do vídeo já foi preestabelecido na seleção e tal formato não abrange uma narrativa.

Feitos estes recortes, foram ainda excluídos da seleção alguns critérios cuja especificidade não se aplica a esta análise. O próprio autor (Gomes, 2008, p. 486) indica que, dentre os critérios propostos, o professor selecione aqueles que melhor se encaixem às suas expectativas acerca dos vídeos, sem necessariamente seguir todos os itens elencados. Assim, foi ainda retirado da análise o grupo de critérios de tratamento formal da imagem, descritos na subcategoria de linguagens da categoria “aspectos técnico-estéticos”.

Dessa forma, ao findar a seleção de critérios para análise dos vídeos sobre experimentos, o roteiro de análise inclui aspectos referentes ao conteúdo, estética e técnica e proposta pedagógica.

Quanto ao conteúdo, foram listados os conceitos apresentados ao longo do vídeo e avaliada a confiabilidade das informações, bem como a pertinência e suficiência destas. A confiabilidade de uma informação tem relação com “a idéia de autoridade cognitiva – prestígio, respeito, reputação da fonte, autor ou instituição” (Paim et al., 1996, p. 116), ou seja, avalia as fontes do vídeo (quem produziu, quem apresenta, em nome de qual instituição o vídeo foi produzido); enquanto a pertinência identifica o que concerne ao assunto, o que não é informação irrelevante; e a suficiência trata das informações que bastam para o entendimento do experimento. Desta forma, a análise dos vídeos indicará a reputação das fontes e avaliará a quantidade de informações, verificando se são apresentadas informações em excesso, o que estenderia o trabalho do professor ao selecionar o que é relevante para sua aula, ou se a apresentação é insuficiente, obrigando-o a recorrer a outras fontes ou apresentar conceitos subsunçores.

Sobre a estética e qualidade técnica, serão avaliados os elementos visuais, como figuras, animações e a própria filmagem, quanto ao uso do espaço do vídeo, cores, iluminação e coerência dos elementos sonoros, quanto à qualidade e sincronia do áudio com as imagens, uso e pertinência de efeitos sonoros e músicas.

Segundo Richard Mayer (2001, p 81 apud Costa, 2010, p. 31), professor pesquisador da Teoria da Carga Cognitiva, as produções audiovisuais exigem que os

estudantes utilizem mais de um canal de percepção simultaneamente, como a audição e a visão. A combinação de canais de percepção pode potencializar o aprendizado, porém, se o material se utilizar de efeitos visuais, sonoros, textos, imagens e outros elementos adicionais em demasia, o estudante pode sofrer com a sobrecarga cognitiva, gerando desorientação, desestímulo e perda das informações contidas no audiovisual. Assim, Mayer recomenda que os audiovisuais utilizados em sala de aula sigam alguns princípios, a fim de evitar a sobrecarga cognitiva e o consequente desperdício de recursos mentais dos estudantes. Em vídeos cujo foco é a apresentação de um experimento, o Princípio da Coerência é o que melhor orienta sua avaliação, pois recomenda que sejam excluídas palavras, imagens ou sons irrelevantes para o assunto, valorizando a apresentação simples e objetiva do conteúdo, tornando mais livre a memória do estudante para processar os conhecimentos abordados pelo vídeo.

A sobrecarga cognitiva pode também ocorrer por falhas na qualidade técnica e estética dos vídeos, uma vez que uma imagem em baixa resolução ou uma narração abafada por ruídos são fatores que provocam a perda de informações apresentadas no vídeo, o que por sua vez gera uma distração. Além disso, os estudantes já estão habituados a uma qualidade técnica e estética superior, resultados do avanço tecnológico na produção de filmes, programas de televisão e videogames. Assim, por mais que um vídeo apresente uma boa qualidade pedagógica, completo em conteúdo e com boas referências, uma baixa qualidade técnica pode levá-lo à rejeição por parte dos estudantes, que certamente irão compará-lo às produções comerciais.

Por último, sobre a proposta pedagógica, foram identificados no vídeo os objetivos do mesmo, usos possíveis em sala de aula, em vista dos conceitos abordados e objetivos, e duração do vídeo em relação ao tempo disponível médio por aula. Morán (1995) lista as funções pedagógicas do vídeo em sala de aula, de onde foram selecionadas três funções nas quais poderiam se encaixar um vídeo que apresenta um experimento, sendo elas sensibilização, ilustração e simulação. A função de sensibilização visa introduzir um assunto novo, despertando a curiosidade e motivação, podendo ainda ser desafiador, de modo que incite os alunos ao aprofundamento no assunto; a função de ilustração, pedagogicamente a mais simples, expõe o que se fala em aula, como por exemplo, ao falar em uma onda do mar, o vídeo mostra ondas no

mar; a função de simulação trata de uma ilustração mais sofisticada, simulando experiências mais complexas e com maior demanda de tempo e recursos.

Ao finalizar estas etapas, foi possível descrever a atual oferta de vídeos com abordagem experimental-demonstrativa em português brasileiro no *YouTube*, bom como a qualidade destes para uso em sala de aula.

7 RESULTADOS E ANÁLISE

A primeira etapa, que constituiu-se de busca e seleção de vídeos, resultou em 124 (cento e vinte e quatro) vídeos, listados e caracterizados de acordo com o descrito na metodologia. O número de vídeos selecionados por busca está listado na Tabela 1.

<i>Termo de busca</i>	<i>Número de vídeos</i>
Ondas experimento	15
Ondas mecânicas experimento	11
Ondas eletromagnéticas experimento	10
Ondas transversais e longitudinais experimento	7
Ondas progressivas e estacionárias experimento	5
Fenômenos ondulatórios experimento	6
Reflexão experimento	14
Refração experimento	13
Difração de ondas experimento	17
Polarização de ondas experimento	5
Superposição de ondas experimento	5
Ressonância experimento	5
Ondas sonoras experimento	7
Interferência de ondas sonoras experimento	1
Efeito Doppler experimento	3
Total	124

Tabela 1 Número de vídeos por tema de busca.

A contagem inclui vídeos repetidos, ou seja, que aparecem como resultado de duas ou mais buscas. Dos vídeos selecionados na primeira busca, “ondas experimento”, 10 (dez) se repetem em outras buscas, por ser um termo genérico e sem outras especificações além do caráter experimental, portanto os resultados são diversos, resultando em vídeos sobre ondas mecânicas, ondas eletromagnéticas, ondas

sonoras, interferência de ondas e ondas estacionárias. Excluindo os vídeos repetidos da contagem, foram selecionados e caracterizados 89 (oitenta e nove) vídeos no total. Deste total e partindo dos dados de caracterização, é possível estabelecer uma caracterização geral dos vídeos selecionados quanto ao número de visualizações e a duração do vídeo.

O número de visualizações considerado foi o apresentado na página do vídeo no dia de sua seleção, entre 16 e 24 de abril. O número de vídeos por faixa de número de visualizações é apresentado no gráfico da Figura 1.

A faixa com número de visualizações entre 10.001 e 1.000.000, apesar de ter o maior intervalo, fica em segundo lugar no número de vídeos no contexto desta pesquisa. O maior número de vídeos está na faixa entre 1.000 e 10.000 visualizações, o que indica uma baixa procura por vídeos deste tipo ou, como observado em alguns casos, pelos vídeos serem recentes, postados alguns meses antes do levantamento. Os vídeos nesta faixa são, em geral, de boa qualidade técnica, apresentados por professores e exibem experimentos e conteúdos, o que são pontos positivos para o uso em sala de aula. Por outro lado, o número de visualizações indica que há uma baixa procura por estes vídeos ou, ainda, que os termos de busca utilizados não resultam nestes vídeos, assim, sendo preciso verificar as palavras presentes no título, descrição e palavras-chave adicionadas pelo criador.

Deve-se notar também que a quantidade de vídeos com número de visualizações entre 100 e 500 é expressiva, mas nesta faixa estão, em maioria, os vídeos apresentados por estudantes, sem fontes e/ou com qualidade estética e técnica baixa. Há ainda, nesta faixa, os vídeos com vários pontos positivos, como os do canal Física Universitária, do Prof. Dr. Gil da Costa Marques da Universidade de São Paulo, postados há aproximadamente um ano, mas não são visualizados ou não aparecem como resultado em outras buscas, provavelmente por não terem descrição ou palavras-chave, além de serem curtos, objetivos, com linguagem e apresentação formais e terem um público alvo mais específico, composto por estudantes de cursos de graduação.

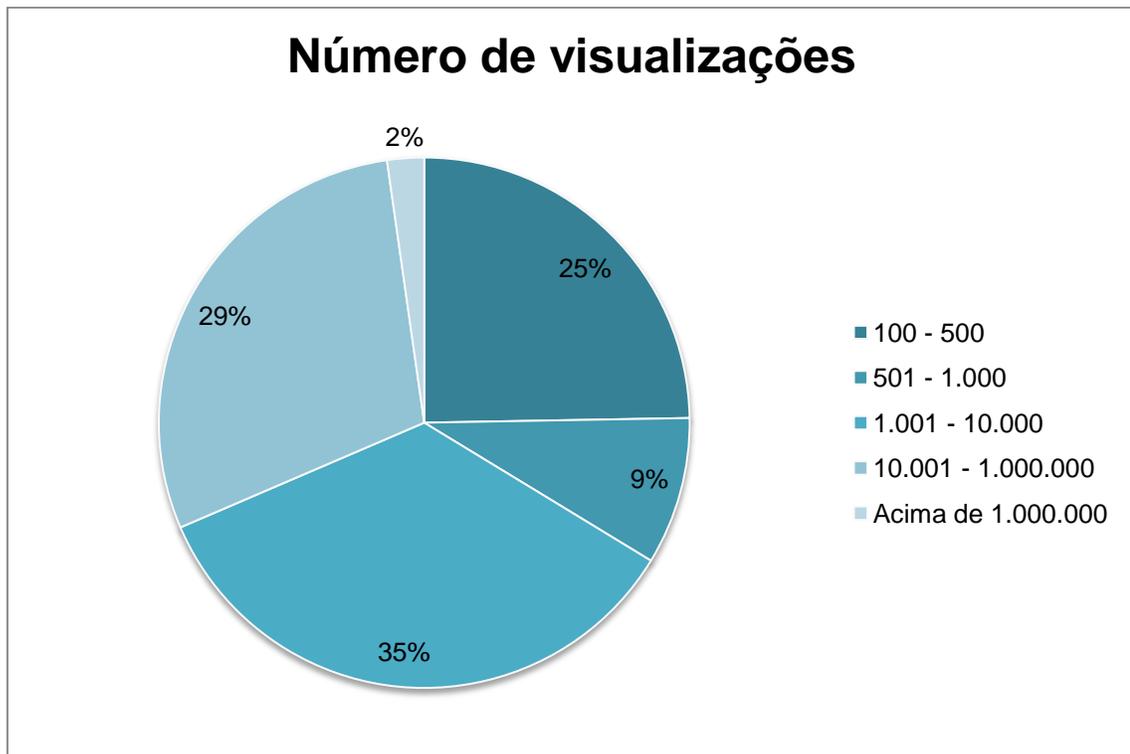


Figura 1 Número de vídeos por faixa de número de visualizações

Já os vídeos com número de visualizações acima de 1.000.000, ambos pertencentes ao canal Manual do Mundo, são populares, pois, além da qualidade técnica e estética, apresentam uma abordagem divertida, com linguagem acessível a várias idades, elementos visuais coloridos e experimentos apresentados em forma de brincadeira. Além disto, o canal foi adaptado para um série de TV, que estreou no Cartoon Network em 2014. Os vídeos não são restritos a conteúdos de Física, apresentando também experimentos de Química, Biologia, conteúdos de Matemática, receitas, montagem de máquinas, truques de mágica e “pegadinhas”. Assim, por ter crianças e adolescentes como público alvo e conteúdos diversificados, os vídeos têm grande alcance.

7.1 CONTEÚDOS

O primeiro critério analisado, referente à confiabilidade, revelou que, entre os 62 vídeos analisados, em 30 não eram identificados uma fonte de consulta, autor ou vínculo com instituição de ensino, sendo produzidos por estudantes de nível médio. Nos

demais vídeos, a apresentação era feita por um professor e, em alguns casos, mencionava instituições de ensino conhecidas. Ainda neste critério, alguns canais se destacaram, sendo eles: Mago da Física, Física Universitária, Pontociência e Ciência Curiosa.

O canal Mago da Física é um dos mais antigos canais sobre ciências no *YouTube*, criado em 2007 pelo professor Amadeu Albino Júnior, na época lecionando no CEFET-RN. Atualmente é doutorando em Ensino de Ciências pela Universidade do Minho⁹, em Portugal. Possui vídeos sobre experimentos em diferentes assuntos, mas criou pouco conteúdo no último ano.

O canal Física Universitária pertence ao professor Gil da Costa Marques¹⁰, docente no Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Em seu canal, estão disponíveis vídeo aulas em várias áreas da Física, resoluções de exercícios e experimentos. Nos vídeos analisados, o apresentador era o professor Cláudio Furukawa¹¹, licenciado em Física pela mesma instituição.

O canal Pontociência faz parte de um portal com materiais para o ensino de ciências, para professores de Química, Física e Biologia. É mantido por professores doutores das três áreas, lecionando na Universidade Federal de Minas Gerais, realizadora do portal. O número de vídeos postados no canal é alto, mas o mais recente é de março de 2015, desde então o canal não passa por atualização.

O canal Ciência Curiosa tem vídeos não apenas sobre experimentos, mas também possui entrevistas com professores e pesquisadores, resenhas de livros e filmes sobre ciências e tutoriais de softwares para ensino de ciências. Porém, o último vídeo postado é de setembro de 2015 e o responsável pelo canal não foi identificado, apresentando-se apenas como professor de Ciências em sua conta no *Twitter*¹². O maior ponto deste canal é o acesso que o autor tem a laboratórios e professores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, inclusive produzindo vídeos nas dependências dos laboratórios.

⁹ Retirado do Currículo Lattes (<http://lattes.cnpq.br/5894954395581612>).

¹⁰ Retirado do Currículo Lattes (<http://lattes.cnpq.br/3344707113314780>).

¹¹ Retirado do Currículo Lattes (<http://lattes.cnpq.br/6244251056612806>).

¹² Rede social baseada em postagens curtas de até 140 caracteres.

Além dos canais produzidos por professores, há o canal Manual do Mundo, um dos maiores do *YouTube*, com mais de oito milhões de inscritos, atualizações semanais e vídeos não apenas sobre experimentos. O dono do canal, Iberê Thenório, não é professor, mas jornalista, e conta com uma equipe responsável por produzir, editar e pesquisar sobre os temas dos vídeos, porém não foram encontradas informações sobre as pessoas responsáveis por esta última tarefa, então não é possível saber se há professores por trás da produção.

Na listagem de conceitos abordados nos vídeos analisados o número e qualidade de vídeos que apresentam características das ondas (comprimento, amplitude e frequência) são satisfatórios, mas percebe-se que apenas dois vídeos mencionam a velocidade de propagação da onda, porém, não foi identificada a proposta pedagógica de um deles. O vídeo que menciona a velocidade de propagação de ondas é sobre refração (*Tema 13 - Fenômenos Associados a Propagação Ondulatória | Experimentos - Cuba de ondas: refração*, disponível em www.youtube.com/watch?v=CMd2KnrQwQI), limitando-se a dizer que a velocidade da onda muda de um meio para o outro, sem falar sobre o que causa essa mudança, influenciada pela densidade, tensão (no caso de uma corda esticada) ou elasticidade volumétrica (no caso de fluidos). Há um vídeo analisado que faz uma relação entre o número de nós e anti-nós em um fio e a tensão aplicada ao fio, porém não é estabelecida uma relação entre esses dados e a velocidade de propagação da onda no fio (*EXPERIMENTO DE ONDAS ESTACIONÁRIAS(PRÁTICA)*., disponível em www.youtube.com/watch?v=CfBR3SCruOE), de forma que o foco do vídeo é o cálculo da tensão na corda partindo dos dados de massa do corpo ligado ao fio, frequência e comprimento do fio. Este vídeo, portanto, deixa a demonstração em segundo plano, tornando-o desinteressante para o uso didático, uma vez que qualquer outro vídeo, com melhor qualidade de imagem, que mostre uma onda estacionária pode ser usado pelo professor para fazer estas relações.

Há um grande número de vídeos sobre ondas mecânicas, mas são demonstrações simples, possíveis de serem feitas em sala de aula com materiais de baixo custo pelos próprios alunos. Por outro lado, foram encontrados poucos vídeos sobre ondas sonoras e os experimentos apresentados são de fácil reprodução em sala

de aula. Ao refinar a busca para ondas sonoras, seria esperado que os resultados mostrassem vídeos mais específicos sobre o assunto, porém isto não foi observado. Entre os vídeos analisados, chama a atenção o fato de nenhum deles tratarem das ondas sonoras como ondas mecânicas longitudinais. O único vídeo a mencionar isto foi resultado da busca por vídeos sobre ondas transversais e longitudinais, citando as ondas sonoras como exemplo.

As ondas sonoras são invisíveis, portanto, diferente da demonstração de uma onda transversal em uma corda ou em uma superfície, suas demonstrações não são pautadas na observação das ondas em si, mas da interação com outros materiais ou equipamentos. Em um vídeo que apresenta um experimento sobre interferência, por exemplo, o microfone capta sinais sonoros e, ligado a um *software*, produz um gráfico da onda captada. Porém, o gráfico mostrado no vídeo dá a entender que as ondas sonoras são transversais, sendo necessário evitar essa concepção deixando claro que são longitudinais e que o padrão visualizado no gráfico não corresponde à forma da onda sonora.

É preciso promover a interação adequada da onda sonora com a matéria para fazer possível sua visualização. Um experimento no qual as características das ondas sonoras seriam abordadas de forma apropriada é o tubo de Kundt, que consiste em um tubo de vidro ou acrílico que contém ar e pó de serra ou cortiça em seu interior (Cavalcante, 2013). Nele são produzidas ondas estacionárias, a partir de uma fonte sonora, que fazem vibrar o ar e o pó. Quando ocorre ressonância, há acúmulo de pó nas regiões com vibração nula (nós). Este é um experimento complexo pelos materiais envolvidos e o tempo para preparação do pó no tubo, além do cuidado que os estudantes devem ter ao se aproximar para visualizar o padrão formado. Um vídeo sobre o tubo de Kundt seria uma boa alternativa, então, para levantar uma discussão sobre ondas sonoras e ressonância, enfatizando o sentido de propagação e vibração deste tipo de ondas.

Outro assunto referente a ondas sonoras cujo número de vídeos foi baixo é o efeito Doppler, sobre o qual foram selecionados apenas três vídeos. É possível demonstrar o efeito Doppler dentro de uma sala de aula, utilizando uma frequência emitida por um aparelho celular, por exemplo, em movimento, como mostrado em um

dos vídeos analisados (*Experimento com Efeito Doppler*, disponível em www.youtube.com/watch?v=iZ-svSBoaNw), mas é percebido de forma mais eficiente quando envolve distâncias e velocidades maiores, como as descritas por automóveis. Demonstrar o efeito Doppler dessa forma em uma escola é certamente complexo, então vídeos como o do Mago da Física, “*Efeito Doppler (Aula Experimental)*” (disponível em www.youtube.com/watch?v=8XcJf4rOefE), onde o efeito é observado em diferentes situações, é muito útil. O estudo do efeito Doppler, tanto para o som quanto para a luz, é necessário para, por exemplo, a compreensão da Lei de Hubble e a expansão do Universo, tópicos da Física atual e de interesse dos estudantes, uma vez que são mencionadas nas mídias em reportagens e documentários.

Tratando-se do número de vídeos selecionados, destacam-se as buscas relacionadas aos fenômenos de reflexão, refração e difração. A análise dos vídeos sobre reflexão mostra que estes são produzidos por estudantes, sendo um deles apresentado por estudante do curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Santa Catarina, que apresenta a reflexão e refração sofridas por um feixe de luz incidido sobre uma peça de acrílico, tratando os fenômenos como complementares no sentido de que a ocorrência de um implica na ocorrência de outro quando há mudança de meio.

Porém, três dos vídeos analisados representavam apenas a refração da luz, demonstrada pela distorção de imagens vistas através de recipientes com água. O quinto vídeo mostra a reflexão sofrida por um pulso em uma mola, com qualidade de imagem que permite visualizar o fenômeno, embora fosse interessante se o autor usasse um efeito de *slow motion* (diminuir a velocidade das imagens), assim o momento da reflexão seria observado com mais detalhes. O *player* do próprio *YouTube* permite alterar a velocidade do vídeo, então este efeito pode ser criado independente da edição do autor, porém, no caso de o professor fazer *download* desse vídeo, o *player* utilizado para apresentá-lo pode não ter este recurso.

Os vídeos analisados na busca por refração apresentam, também, foco na distorção de imagens, sendo que um deles demonstra a inversão das imagens refratadas. Dois vídeos analisados desta busca não mencionam a refração, mas sim reflexão e difração. O primeiro, “*A luz que faz curva na água (experiência de Física)*” do

canal Manual do Mundo (disponível em www.youtube.com/watch?v=F69tWoZa4ic), apresenta um experimento com reflexão total da luz dentro de uma corrente de água que escoar de uma garrafa e trata de explicar o princípio da fibra óptica. O segundo vídeo, do mesmo canal, “*Como fazer arco-íris caseiro com vela e DVD (Experiência de Física - Ótica)*” (disponível em www.youtube.com/watch?v=-e9crnQEA78), apresenta o fenômeno da difração sofrida pela luz de diferentes fontes (vela, lâmpada fluorescente, incandescente, luz negra e LED) ao atravessar um DVD. Estes vídeos foram resultados da busca por vídeos de reflexão, mas não apareceram na busca por refração e difração, o que indica que as palavras-chave, ferramenta que o dono do canal pode utilizar para expandir o alcance dos seus vídeos, não sejam usadas de forma objetiva, expondo do que realmente se trata o vídeo. Assim, os resultados da busca não correspondem ao tema procurado, o que dificulta a busca por vídeos sobre assuntos que um professor deseja abordar e aumenta o tempo que precisa dedicar a esta procura.

Ainda sobre a refração, são encontrados vídeos sobre a refração da luz e de ondas na superfície da água, mas nenhum sobre refração em cordas com densidades lineares diferentes. Um vídeo que mostrasse a refração de um pulso em uma corda seria de grande ajuda para um professor, visto que este fenômeno não é notado no cotidiano dos seus estudantes e pode ainda gerar interesse pelo assunto, se apresentado com uma abordagem investigativa.

A busca por vídeos sobre difração resultou no maior número de vídeos da seleção e a análise teve um destaque: vídeo do canal Ciência Curiosa, “*Experimento da Difração de Elétrons*” (disponível em www.youtube.com/watch?v=daviRMAAt4E), que utiliza os equipamentos de um laboratório de Física Moderna para demonstrar o fenômeno. Como já discutido neste trabalho, conceitos da Física Ondulatória são aplicados à Física Moderna, e este vídeo mostra como é possível apresentar tópicos desta área de forma acessível para estudantes de nível médio, abrangendo as discussões acerca da dualidade onda-partícula com recursos que dificilmente uma escola teria acesso. Além da difração de elétrons, há vídeos sobre difração de ondas na superfície da água e difração da luz, porém, a difração para ondas sonoras não é mencionada.

As ondas sonoras são tratadas com maior rigor em um vídeo do Mago da Física, “*Mago da Física - Interferência, Ressonância e Batimento*” (www.youtube.com/watch?v=UitcHO8PYt8), resultado de uma busca genérica por vídeos sobre fenômenos ondulatórios. No vídeo, não é mencionada a característica longitudinal das ondas sonoras, mas são feitas demonstrações de ressonância, abordando o termo energia de propagação, ao colocar um diapásão para oscilar por meio da ressonância com outro diapásão, além de abordar a interferência e batimentos.

De forma geral, os pontos de destaque da análise dos conteúdos dos vídeos são:

- 1) Há um grande número de vídeos sobre ondas mecânicas e fenômenos ondulatórios;
- 2) A busca por vídeos sobre reflexão resulta em vídeos sobre outros fenômenos ondulatórios, como refração e difração;
- 3) As ondas sonoras são mencionadas em poucos vídeos, seja sobre suas características, seja sobre fenômenos;
- 4) Há predominância de vídeos produzidos e postados por estudantes de nível médio;
- 5) Os canais de professores contêm vídeos adequados para a sala de aula, mas estão desatualizados quanto ao material postado, com exceção do canal Física Universitária.

7.2 ESTÉTICA E TÉCNICA

Nesta categoria de análise, inicialmente, pode-se observar o número de vídeos selecionados por qualidade de imagem, em pixels. O número de vídeos por qualidade de imagem está apresentado no gráfico da Figura 2. Os pixels são pontos que formam as imagens em aparelhos eletrônicos e, quanto maior o número de pixels, mais definida é a imagem. A resolução de vídeos diz respeito ao nível de detalhes da imagem, expresso pelo número de linhas horizontais de pixels. Portanto, dizer que um vídeo tem qualidade de imagem de 480p quer dizer que as imagens deste vídeo são formadas por 480 linhas horizontais e 854 linhas verticais, gerando 409.920 pontos. Esta resolução é

considerada, atualmente, de boa qualidade e é popular em vídeos *online* como os do *YouTube*, pela possibilidade de produzi-los com câmeras de celulares acessíveis e serem leves para transmissão.

Os vídeos de baixa qualidade estão entre 144p, 240p e 360p e representam o menor número de vídeos selecionados. Vídeos com esta resolução não são adequados para exibição em sala de aula, pois, além de serem originalmente de baixa qualidade, a ampliação da imagem feita pelo projetor diminui ainda mais a resolução, dificultando a visualização dos experimentos.

Seria esperado que, entre os vídeos selecionados, este formato fosse encontrado em maior número, porém os dados revelam que cerca de um terço dos vídeos correspondem a este formato. Por outro lado, mais da metade dos vídeos têm alta definição de imagem, de 720p ou 1080p, conhecidos como HD e Full HD, respectivamente. São indicados para apresentação, pois o aumento da imagem na tela de projeção mantém a resolução original.

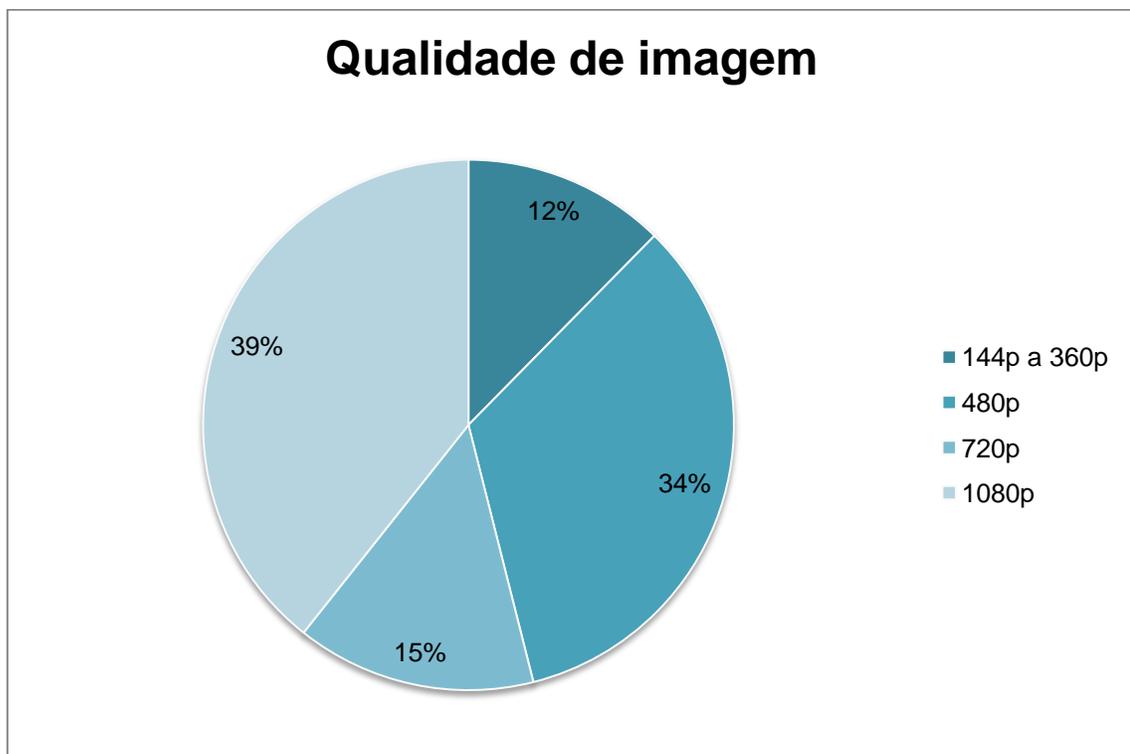


Figura 2 Número de vídeos por qualidade de imagem

Para ilustrar a diferença na qualidade de imagem, foram selecionados dois vídeos, apresentados na Figura 3, que apresentam a mesma demonstração, no entanto um deles está disponível em 1080p e o outro em 240p. Na imagem da direita, de menor qualidade, a mola utilizada parece uma corda grossa, enquanto na imagem da esquerda a mola é nítida. A princípio, as duas têm boa resolução, pois estão em tamanho reduzido, mas, considerando que estas imagens seriam ampliadas em um projetor, a da esquerda continuará com boa resolução, enquanto a outra estará distorcida.

Os exemplos exibidos tratam de demonstrações bastante simples e a qualidade de 240p não chega a ser prejudicial para a visualização, porém, para vídeos que apresentem outros fenômenos, como a superposição ou mesmo a difração, é importante que a qualidade de imagem seja considerada, uma vez que detalhes podem não ser percebidos por conta da baixa resolução.

Para além da qualidade de imagem, a análise dos elementos visuais e sonoros apresenta poucos pontos de destaque. Os vídeos analisados de canais voltados para a produção de conteúdos para professores, como o Ciência Curiosa e Pontociência, além de disponibilizarem seus vídeos em alta qualidade, também realizam um trabalho de edição com elementos apropriados para a sala de aula, evitando músicas no fundo do vídeo, a não ser que em volume baixo em relação à voz do apresentador e poucos efeitos sonoros e elementos visuais.



Figura 3 Exemplos de vídeos com qualidades de imagem diferentes. À esquerda, o vídeo “Tema 07 - O que são Ondas | Experimentos - Mola Slink: ondas transversais e longitudinais” (disponível em https://www.youtube.com/watch?v=zYdho_gcCRE), em 1080p; à esquerda, o vídeo “ONDAS LONGITUDINAIS E TRANSVERSAIS - ONDULATÓRIA EXPERIMENTAL.” (disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=zMcFb6Nsk0c>), em 240p.

Nota-se que nove vídeos têm música de fundo inadequada, que se sobrepõe à voz do apresentador ou causa distração por ter um ritmo agitado, como músicas eletrônicas, e todos são produzidos por estudantes. Em alguns casos é possível utilizar o vídeo sem o áudio, apresentando aos estudantes apenas a demonstração. Os demais vídeos, produzidos por professores, não utilizam música ou efeitos sonoros, o que sugere que produzem os vídeos pensando em apresentá-los em suas aulas, portanto, a edição é feita a partir do que o professor considera adequado. Esta percepção da música como elemento supérfluo está de acordo com o princípio da coerência de Mayer (2005 apud Costa, 2010, p.31), segundo o qual a aprendizagem é mais efetiva quando os elementos supérfluos são excluídos, evitando que as informações relevantes sejam perdidas em meio às informações em excesso.

A presença de efeitos visuais nos vídeos é muito baixa, sendo utilizada em apenas um dos vídeos analisados, em que é empregado o *slow motion* para dar ênfase à reflexão de um pulso em uma corda (*Tema 07 - O que são Ondas | Experimentos - Mola Slink: ondas transversais e longitudinais*, disponível em www.youtube.com/watch?v=zYdho_gcCRE). Este efeito poderia ser empregado em alguns dos vídeos analisados, para destacar a superposição de pulsos e reflexão, principalmente.

Os canais Manual do Mundo e Ciência Curiosa destacam-se na utilização de elementos visuais que complementam as imagens dinâmicas, associando-as a esquemas, gráficos, fotos ou até mesmo detalhes do próprio vídeo. Nestes vídeos aplica-se o princípio da proximidade espacial, de acordo com Mayer (2005 apud Costa, 2010, p. 31), no qual o vídeo e os elementos visuais estão integrados, facilitando o acesso às informações e armazenamento destas na memória operacional do estudante.

Nesta categoria de análise destacam-se os pontos:

- 1) O material produzido por estudantes tende a conter músicas de fundo inadequadas, gerando distração;
- 2) Os professores que produzem vídeos o fazem conforme o que acham adequado para a sala de aula, evitando distrações;
- 3) Efeitos visuais como o *slow motion* não são utilizados;

- 4) É feito pouco uso de elementos visuais, porém os vídeos que os utilizam o fazem com coerência.

7.3 PROPOSTA PEDAGÓGICA

O número de vídeos por tempo de duração é apresentado no gráfico da Figura 4. É importante notar a duração dos vídeos, pois este parâmetro, combinado à duração das aulas do ensino médio, de 40 a 50 minutos, indica quais vídeos seriam apropriados para apresentação durante a aula, permitindo ainda um momento de discussão dos conteúdos do vídeo, a depender do planejamento da aula.

Segundo a classificação de Ferrés (1997, p. 40 apud Silva, 2010, p. 17), a maior parte dos vídeos (65%) se enquadraria na categoria de vídeo monoconceito, com duração usual de 2 a 5 min, tendo no máximo 10 minutos de duração. Porém, originalmente, são mudos ou apresentam poucas falas, tornando o processo de aprendizagem mais intuitivo por não apresentar explicações completas, estimulando o diálogo entre professor, estudantes e conteúdos. Dentro desta faixa de duração, existem vídeos produzidos por estudantes e professores, de forma amadora ou profissional, com diferentes níveis de qualidade técnica e estética, abordando os conteúdos de forma mais ou menos aprofundada e apenas três vídeos mudos, sendo que em dois deles não foi identificada função pedagógica.

Porém, há de se considerar a adaptação feita pelo professor de acordo com sua metodologia e objetivos. Se, por um lado, Ferrés (1997, p. 40 apud Silva, 2010, p. 17) indica que um vídeo ideal seria mudo e curto, por outro, o professor que seleciona um vídeo para usar em sua aula pode manipulá-lo da forma que melhor lhe couber: é possível avançar as imagens e cortar partes que julgar desinteressantes ou inapropriadas, selecionando apenas aquilo que lhe interessa apresentar, bem como cortar o áudio do vídeo, apresentando-o mudo. Porém, para ter essa autonomia sobre o material, o professor precisa conhecê-lo e ter bem definida sua sequência didática, ou seja, precisa investir um bom tempo para o planejamento de suas aulas, uma vez que irá buscar vídeos, assisti-los, selecioná-los e adequá-los à aula planejada.

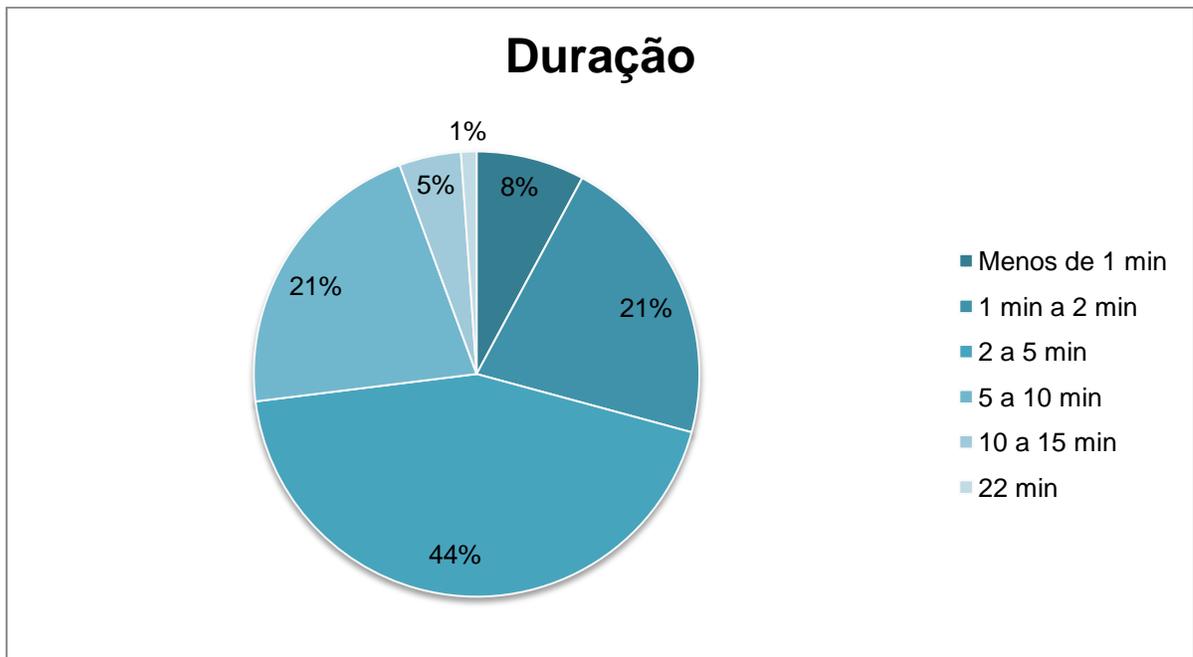


Figura 4 Número de vídeos por faixa de duração em minutos

Portanto, os vídeos com mais de 10 minutos de duração também podem ser considerados para exibição. Dentre os vídeos analisados, por exemplo, dois são destacados: “*PROPRIEDADES DAS ONDAS SONORAS – EXPERIMENTOS*” (disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=OXtTBFLmXEU>), do canal Mago da Física, e “*Experimento da Difração de Elétrons*” (disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=daviR MAAt 4E>), do canal Ciência Curiosa.

O primeiro apresenta demonstrações dos fenômenos de interferência, ressonância, batimentos e o efeito Doppler, com breve discussão de conceitos entre uma demonstração e outra. Este vídeo foi classificado como simulação, é completo ao tratar de ondas sonoras, tem boa qualidade de imagem e áudio e é apresentado por um professor. Porém, tem duração de 12 min e 16s, o que ocuparia uma parcela considerável da aula. A busca por outros vídeos sobre ondas sonoras revela uma baixa oferta de materiais deste assunto, além de serem inferiores ao vídeo do Mago da Física. Diante disto, o professor pode adaptar este vídeo para o tempo de aula disponível cortando pela metade sua duração se selecionar os trechos em que o foco são as demonstrações.

O segundo vídeo também é bem produzido e apresenta a difração de elétrons, tratando-se de uma simulação. Em sua produção foram utilizados equipamentos de um laboratório de Física Moderna da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, além de apresentar uma longa discussão sobre o funcionamento dos equipamentos e sobre o fenômeno ondulatório, sendo rico em informações para além da Física Clássica. Mas sua duração é de 22 min e 24 s, o que representa quase metade de uma aula. Embora todo o conteúdo apresentado no vídeo seja relevante, um professor que desejasse demonstrar a difração de elétrons em sua aula poderia exibir apenas a cena em que o experimento é executado. Estes exemplos demonstram como o professor pode, a partir de seus objetivos e dos assuntos que deseja trabalhar com sua turma, manipular o material para se encaixar em sua metodologia.

O número de vídeos referente a cada proposta pedagógica é apresentado na Tabela 2. A classificação mostra um menor número de vídeos com função de sensibilização, ao qual Morán (1995) atribui “o uso mais importante na escola”. Do total, nove vídeos foram identificados com esta função, que teria como foco a motivação e curiosidade do estudante por um novo tema, com apelo para o lúdico e até mesmo extraordinário. Este tipo de vídeo pode ser usado, principalmente, para iniciar um novo assunto, usando o conteúdo apresentado nele para estimular nos estudantes a observação e reflexão sobre fenômenos e, assim, levar a turma a uma discussão sobre o que é apresentado, o que estaria de acordo com a metodologia investigativa já apresentada neste trabalho.

Proposta pedagógica	Número de vídeos
Sensibilização	9
Simulação	24
Ilustração	22
Vídeo-processo	11
Total	66

Tabela 2 Número de vídeos por classificação de proposta pedagógica.

Um exemplo de vídeo com função de sensibilização, cujo tema são as ondas eletromagnéticas, é apresentado na Figura 5 à esquerda, em que um balão volumétrico com vapor de água a baixa pressão é colocado em um micro-ondas ligado, ionizando o gás, que apresenta coloração rosada como mostra a figura. No mesmo vídeo, lâminas de alumínio são colocadas no micro-ondas, que, ao ser ligado, faz com que elas produzam faíscas.

Adiante, a função de ilustração foi identificada em 22 vídeos. Estes são, para Morán (1995), os vídeos com menor valor pedagógico, pois a função de ilustração busca apenas representar um elemento, sem esperar que acrescente informações novas ou que se crie uma discussão a partir dele. Além disso, na ilustração, os materiais são simples, sendo possível reproduzir as demonstrações em sala de aula. Outros exemplos de vídeo de demonstração são aqueles que mostram a reflexão sofrida por um pulso em uma corda, ondas transversais e longitudinais em uma mola ou ondas bidimensionais produzidas na superfície da água.

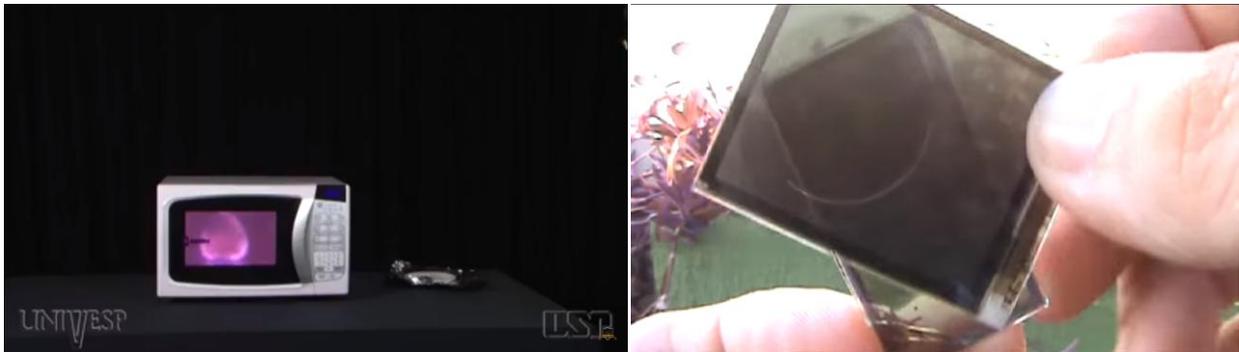


Figura 5 Exemplos de vídeos de sensibilização e ilustração, respectivamente. À esquerda, “Tema 03 - Ondas Eletromagnéticas | Experimentos - Forno de microondas”, disponível em www.youtube.com/watch?v=1Aj1Mvbpf9U; à direita, “Mago da Física - Polarização (Como obter um Polarizador)”, disponível em www.youtube.com/watch?v=WQo9tGUEcT..

O número de vídeos com função de simulação foi igual a 24. As simulações são de certa forma ilustrações mais sofisticadas, que utilizam materiais ou equipamentos caros ou de difícil acesso, locais específicos, um longo período de tempo para preparação ou realização ou até mesmo apresentem perigo se realizadas próximas a

estudantes. O maior interesse está na função de simulação, pois a ideia deste trabalho é que os vídeos disponíveis no *YouTube* sejam usados como uma alternativa em vista da dificuldade que o professor pode encontrar ao planejar uma aula com experimentos, por motivos diversos já citados. Assim, um maior número de vídeos analisados com tal função pedagógica dá indícios da facilidade de encontrar vídeos que correspondam a esta ideia para incluir em uma aula.

Para exemplificar a diferença entre as duas funções, foram selecionados dois vídeos que apresentam a mesma demonstração, apresentados na Figura 6. Em ambos os vídeos são demonstradas a produção e reflexão de ondas bidimensionais na superfície da água. A princípio, os dois ilustram esta situação. Porém, o vídeo à direita utiliza uma cuba de ondas, equipamento que as escolas não costumam possuir, enquanto o vídeo à esquerda mostra as ondas produzidas na superfície da água dentro de um pote de plástico.

Porém é necessário enfatizar que, apesar da classificação segundo Morán (1995), a metodologia associada ao uso do vídeo é de responsabilidade do professor. Este é quem decide se fará uso de um vídeo com função de ilustração, de fato, apenas como ilustração, ou se acrescentará informações ou atividades que enriqueçam o momento do vídeo. É possível, por exemplo, partir de vídeos com quaisquer uma das funções pedagógicas descritas para uma abordagem investigativa.



Figura 6 À esquerda, exemplo de vídeo com proposta pedagógica de ilustração “[Experimento Física] Ondas na superfície de um líquido - 2.4”, disponível em www.youtube.com/watch?v=zxLqN6pAT_M; à direita, exemplo de vídeo com proposta pedagógica de simulação “Experimento da Cuba de Ondas - Ondulatória Pt. 1”, disponível em www.youtube.com/watch?v=S2Mw9v4uqQs.

Na Figura 7, à esquerda, é apresentado um exemplo de vídeo de simulação. Disponível no canal Mago da Física, o vídeo foi assim classificado pois demonstra o efeito Doppler utilizando recursos não aplicáveis em sala de aula, mostrando a frequência aparente em seis situações envolvendo uma moto, um carro e um observador. Entre cada situação é feito um momento de explicação, analisando o movimento relativo entre as partes em cada experimento. Um professor que seleciona este vídeo para utilizá-lo em uma aula pode, por exemplo, apresentá-lo por inteiro, sem fazer pausas; pode apresentá-lo pausando entre um experimento e outro para que os estudantes façam comentários sobre o que observaram; pausar em um experimento e usá-lo para promover uma discussão com abordagem investigativa e aprofundar a discussão à medida que avança o vídeo, porém pulando os momentos em que os apresentadores explicam o que ocorre.

Por este exemplo, nota-se o que Ferrés (1997, p. 83 apud Silva, 2010, p. 31) aponta ao salientar a versatilidade do vídeo, permitindo que o professor trabalhe as imagens para destacar elementos, coletar dados e aprofundar a análise destes, características que favorecem a investigação. Assim, o vídeo pode ser utilizado como forma de introduzir um problema, aprofundado por questões levantadas pelo professor ou pelos próprios estudantes, provocando na turma uma discussão, a fim de que exercitem a argumentação.



Figura 7 Exemplo de vídeo de simulação, à esquerda “Mago da Física - Efeito Doppler”, disponível em www.youtube.com/watch?v=8XcJf4rOefE; à direita, exemplo de vídeo-processo “(Aula Experimental) Física: Experiencia Ondas Eletromagneticas”, disponível em www.youtube.com/watch?v=ppYtGucUQIU.

No ensino de Física, as demonstrações de experimentos são feitas, geralmente, com o objetivo de ilustrar uma teoria comprovando-a por meio da demonstração. Porém, esta atividade pode ter uma contribuição maior para o ensino se for direcionada à investigação dos fenômenos demonstrados. A demonstração não precisa, necessariamente, acontecer “ao vivo”, sendo possível substituí-la por um vídeo. Diante da diversidade de vídeos encontrados na seleção e análise de diferentes funções pedagógicas, destaca-se a importância da postura crítica do professor sobre estes materiais, de forma que possa manipulá-los e atribuir a eles uma abordagem proveitosa que contribua para o ensino de Física.

É importante destacar, portanto, a importância do planejamento do professor ao optar pelo trabalho com vídeos, uma vez que é o planejamento que dará qual papel professor e estudantes terão sobre o vídeo. Como já apresentado neste trabalho, o professor deve desempenhar o papel de instigador sobre os seus estudantes, levando-os a uma postura ativa, além de mediador, construindo com a turma uma passagem do saber cotidiano, do senso comum, para o saber científico (Azevedo, 2001, p. 25).

Sobre o papel do estudante em atividades investigativas, Moreira (1983) afirma que a resolução de problemas deve ser fundamentada nos estudantes, que devem ser estimulados a agir sobre os fenômenos observados, porém sem limitar-se à observação. Para que haja investigação, é necessário que o estudante tenha a oportunidade de relatar, refletir, discutir e explicar os problemas propostos pelo professor. Nesta perspectiva, Carvalho et al. expõem como o professor pode influenciar na autonomia do estudante, que o leva à construção do seu conhecimento:

É o professor que propõe problemas a ser resolvidos, que irão gerar ideias que, sendo discutidas, permitirão a ampliação dos conhecimentos prévios; promove oportunidades para a reflexão, indo além das atividades puramente práticas; estabelece métodos de trabalho colaborativo e um ambiente na sala de aula que todas as ideias são respeitadas. (CARVALHO et al., 1998)

Entre os 62 vídeos analisados, em 11 a proposta pedagógica não foi identificada, porém, ao notar que todos estes vídeos eram produzidos por estudantes de nível médio, uma nova classificação de acordo com Morán (1995) foi identificada. A função

de expressão está presente em vídeos que envolvem os próprios estudantes em sua produção, desenvolvendo autonomia, manipulação de tecnologias e criatividade, bem como pesquisa sobre um experimento e organização de um roteiro para apresentá-lo. Ferrés também classifica os vídeos produzidos por estudantes, identificando-os como vídeo-processo, definido como “aquela modalidade em que a câmera de vídeo torna possível uma aprendizagem dinâmica. Uma dinâmica em que os alunos se sentem implicados como criadores ou, pelo menos, como sujeitos ativos.” (1997, p. 36 apud Silva, 2010, p. 16).

Um exemplo é exposto na Figura 7, à direita, em que dois estudantes demonstram a blindagem eletromagnética de um celular com folha de alumínio. Nesta perspectiva, os vídeo-processo não têm uma proposta pedagógica, mas são resultados de uma proposta que envolve os estudantes em um processo de criação dos próprios materiais, contribuindo para a alfabetização audiovisual. Porém, os vídeos criados neste processo não têm a intenção primária de servirem como material para o professor.



Figura 8 Exemplos de vídeos classificados com função de simulação e sensibilização. À esquerda, “Ondas Estacionárias - Cordas de um violão”, disponível em www.youtube.com/watch?v=tKxJ6Xxmiwc; à direita, “Tema 13 - Fenômenos Associados a Propagação Ondulatória | Experimentos - Difração em partículas”, disponível em www.youtube.com/watch?v=jGPZacjoEKE.

Na Tabela 2, nota-se que o número total de vídeos classificados por proposta pedagógica é diferente do número de vídeos analisados. Isto ocorre porque quatro dos vídeos classificados como sensibilização foram também classificados como simulação. A classificação foi feita desta forma pois estes vídeos apresentam elementos descritos

para sensibilização, como abordagem lúdica e apelo ao fascínio, mas também envolvem demonstrações com equipamentos específicos. A função que será destacada é definida pelo professor, mediante sua metodologia de trabalho com o vídeo, embora as duas funções estejam presentes durante a apresentação.

Na Figura 8 são apresentados dois exemplos de vídeos classificados como sensibilização e simulação: o vídeo à esquerda da figura mostra as ondas produzidas nas cordas de um violão, utilizando uma câmera com número alto de frames (imagens que formam o vídeo) por segundo, o que permite capturar detalhes que dificilmente seriam percebidos com uma câmera comum; à direita da figura, o vídeo mostra a difração em partículas presentes em uma gota de água.

Os destaques na análise da proposta pedagógica são:

- 1) Mais da metade dos vídeos são descritos como monoconceito, com até 10 minutos de duração;
- 2) Cerca de um terço dos vídeos são classificados como simulação;
- 3) Um número próximo de vídeos são classificados como ilustração;
- 4) Os vídeos produzidos por estudantes têm uma classificação própria e são material de uma proposta pedagógica, porém não são adequados para uso em sala de aula.

8 CONSIDERAÇÕES

Esta pesquisa procurou conhecer como são apresentados os vídeos sobre ondulatória disponíveis no *YouTube*, considerando aspectos acerca dos conteúdos explorados, qualidade estética e técnica e a proposta pedagógica identificada.

No primeiro momento da metodologia, que consistiu na seleção de vídeos a partir dos resultados de buscas sobre temas da ondulatória, notou-se que a busca por tais temas não necessariamente resultou em vídeos sobre o assunto desejado. Isto pode acontecer quando o vídeo apresenta um título desvinculado do assunto apresentado ou por não apresentar objetividade na descrição e nas palavras-chaves ou, sequer, utilizar estes campos. Assim, a procura pelos vídeos é dificultada, uma vez que os termos mencionados na busca não são encontrados nos dados dos vídeos.

Além de restringir a busca por vídeos com abordagem experimental, também houve restrição quanto ao idioma, limitado ao português brasileiro. Não é possível precisar o número de resultados em outros idiomas, mas foram encontrados vídeos em espanhol, português europeu e inglês. Estes vídeos não são abarcados pela pesquisa, mas, a depender do conhecimento do professor nos idiomas citados, é possível utilizá-los em sala de aula, inclusive avaliando-os a partir dos critérios descritos neste trabalho.

A etapa de seleção de vídeos resultou em uma lista com 124 vídeos que, ao serem excluídos os vídeos repetidos em diferentes buscas, foi reduzida para 89 vídeos. Destes, foi feita a análise dos cinco vídeos, em cada busca, com mais visualizações, totalizando 62 vídeos analisados. Entre estes vídeos, não foram encontrados erros conceituais, porém, isto não significa que em todos os vídeos selecionados os conteúdos sejam apresentados de forma adequada.

Quanto aos conteúdos levantados, percebeu-se que há uma oferta maior de vídeos sobre fenômenos ondulatórios de reflexão, refração e difração, porém, a abordagem é feita, na maioria dos vídeos, para a luz. Há um vídeo que mostra a refração de ondas na superfície da água e outro que mostra a difração de elétrons, por exemplo, mas nenhum vídeo mostra a refração de ondas em uma corda ou de ondas sonoras.

São poucos os vídeos sobre ondas sonoras, tanto sobre suas características, quanto sobre seus fenômenos. Foram analisados vídeos sobre ressonância e interferência, mas estes conceitos eram apresentados de forma muito simplificada. O efeito Doppler, também um fenômeno ondulatório, é abordado em um número reduzido de vídeos, sendo importante destacar a dificuldade de demonstrar este efeito em sala de aula. Entre os três vídeos analisados sobre o tema, em apenas um o efeito era notado de forma significativa.

Destaca-se, ainda na análise dos conteúdos dos vídeos, como alguns temas fundamentais da Ondulatória são pouco mencionados e, quando feito, não são explorados. A propagação de energia, a velocidade de propagação da onda e o caráter longitudinal das ondas sonoras são exemplos de termos mencionados em apenas um vídeo cada, além de não serem aprofundados. Quanto menos informações apresentadas no vídeo, maior deve ser a ação do professor sobre ele. Isto não é necessariamente um ponto negativo, porém, a depender da função que o professor deseja dar ao vídeo em sua aula, pode ser um fator limitante. Assim destaca-se, novamente, a importância da seleção de critérios pelo professor para a escolha de um vídeo, em conjunto com a metodologia de sua sequência didática.

Quanto aos aspectos de qualidade estética e técnica, notou-se o pouco uso de efeitos visuais e sonoros, limitados a música de fundo e elementos textuais nas mudanças de cenas dos vídeos. A utilização de música de fundo é feita principalmente por estudantes, enquanto os professores tentam evitar efeitos sonoros. Isto pode estar relacionada à percepção dos professores sobre elementos que seriam inadequados para um vídeo a ser apresentado em sala de aula, considerando que uma música de fundo pode ser uma distração para os estudantes.

Poucos vídeos utilizam elementos visuais, como imagens e gráficos, mas o apresentam em momentos apropriados, explorando estes elementos de forma que enriqueçam a apresentação dos temas. Por outro lado, foram analisados vídeos que poderiam fazer uso destes elementos, principalmente do *slow motion*, mas seus produtores não o fizeram, talvez, por pouca experiência com edição de vídeos ou por não terem acesso a editores que tenham estes recursos.

Quanto à proposta pedagógica, o número de vídeos identificados como simulação é semelhante aos de ilustração. Já a função de sensibilização foi identificada em apenas nove vídeos, sendo que quatro deles foram também classificados como simulação. Este número reduzido de vídeos de sensibilização pode estar relacionado à visão mais prática que os professores têm sobre a produção de audiovisuais, direcionados para a exibição de experimentos em detrimento da abordagem lúdica que os vídeos de sensibilização apresentam.

Além das três propostas pedagógicas, foi necessário adicionar uma nova classificação que abrangesse os vídeos produzidos por estudantes e que não apresentavam as características descritas nas funções de ilustração, simulação e sensibilização. Estes vídeos foram classificados como vídeo-processo, que resulta de uma proposta em que o professor envolve os estudantes na produção de vídeos sem a finalidade de uso em sala de aula.

A análise gerou uma lista de vídeos, disponível como Apêndice deste trabalho, que pode ser utilizada para consulta por professores. Os vídeos estão organizados por tema e apresentam uma breve descrição do que é apresentado. É preciso fazer um destaque para os vídeos de dois canais, produzidos por professores, que demonstram preocupação com os conteúdos abordados, com a qualidade estética de imagem e a edição, além de apresentarem vídeos com experimentos mais complexos. Primeiramente, o canal Ciência Curiosa, que pertence a um professor de Ciências e, embora esteja desatualizado em postagens, possui vídeos com experimentos de Física Moderna e discute mais profundamente ondas sonoras. Porém, em especial, o canal Física Universitária, com vídeos de outras áreas da Física, além da Ondulatória, em geral curtos e objetivos em suas apresentações. As demonstrações deste canal também são feitas com equipamentos específicos, sendo classificadas como simulações.

Os critérios aplicados na análise dos vídeos foram escolhidos por serem considerados, de alguma forma, importantes pela autora deste trabalho. Da mesma forma, um professor que busca por vídeos para suas aulas, sejam elas de outras áreas da Física ou mesmo de outras disciplinas escolares, pode considerar os mesmos

critérios. Porém, é importante reforçar que cada professor tem suas preferências e conhece as particularidades de suas turmas, portanto, os critérios podem variar.

A análise segundo os critérios, no geral, confirmou as problemáticas apontadas na justificativa deste trabalho. A oferta de vídeos sobre temas da Ondulatória é baixa e a abordagem dos conteúdos é rasa e, se for considerada a restrição do idioma, diminui ainda mais. Isto afeta o ensino da Ondulatória no sentido em que, por serem um recurso didático, os professores recorrem aos vídeos como forma de complementar suas aulas, porém, os vídeos com qualidade adequada para este fim são poucos, então passa a ser necessário considerar os vídeos em outros idiomas. Outra problemática identificada é a pouca diversificação de conteúdos e experimentos, o que vai ao encontro com a importância de apontar estas falhas, seja por meio de pesquisas como esta ou pela vivência dos professores.

É interessante reforçar que os professores tenham clareza do que esperam encontrar em um vídeo e saibam selecionar critérios para suas escolhas, como já abordado no referencial teórico. Desta forma, pretende-se que os professores desenvolvam sua leitura crítica sobre os vídeos, uma vez que a oferta cresce a cada dia, e possam optar por vídeos que correspondam à sua metodologia. Além disso, uma vez que os professores passem a avaliar os vídeos disponíveis no *YouTube* a partir de critérios bem definidos, eles podem também criar uma demanda por assuntos ou experimentos específicos, orientando a criação de vídeos para o *site*.

Como perspectiva para futuros trabalhos, a verificação da qualidade de vídeos em outros idiomas e também a análise direcionada a outras áreas da Física, como Mecânica e Eletromagnetismo, que apresentam um grande número de vídeos, contribuirá para um melhor aproveitamento e conhecimento do que é disponível em recursos audiovisuais com o objetivo de auxiliar professores e estudantes.

9 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. S. T. de; ABIB, M. L. V. dos S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 2: p. 176 -194, jun., 2003.

AZEVEDO, M. C. P. S. de. Ensino por Investigação: Problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). *O ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

BASSO, I.; AMARAL, S. F. do. Competências e habilidades no uso da linguagem audiovisual interativa sob enfoque educacional. *Educação Temática Digital*, Campinas, v.8, n.1, p.49-71, dez. 2006.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura – Secretaria de Educação Básica, *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCN+)*, 2002.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura - Secretaria de Educação Básica. *Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio*, 2000.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio*. Brasília: Ministério da Educação, 1999.

BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

BRASIL. Lei n. 9.394, 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. 1996.

CABERO, J. C. Avaliar para melhorar: meios e materiais de ensino. In: SANCHO, J. María (Org.). Para uma tecnologia educacional. Trad. Beatriz Affonso Neves. Porto Alegre: Artes Médicas, 2001.

CARNEIRO, V. L. Q.; FIORENTINI, L. M. R. TV na escola e os desafios de hoje: Curso de Extensão para Professores do Ensino Fundamental e Médio da Rede Pública. Ed 2. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001.

CARVALHO, A. M. P. et al. Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico. São Paulo: Scipione, 1998.

CAVALCANTE, M. A. Novas tecnologias no estudo de ondas sonoras. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 30, n. 3, p. 579-613, dez. 2013.

CAVALCANTE, M. A.; JARDIM, V.; BARROS, J. A. Inserção de Física Moderna no Ensino Médio: Difração de um Feixe Laser. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 16, n. 2, p. 154-169, 1999.

CINELLI, N. P. F. A influência do vídeo no processo de aprendizagem. Dissertação (Mestrado – Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

COSTA, J.; BARBOSA, M. C. S.. Alfabetização audiovisual e pedagogia das imagens. Revista GEARTE, Porto Alegre, v. 2, n. 3, p. 318-338, dez. 2015.

DIONÍSIO, P. H. Albert Einstein e a Física Quântica. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 22, n. 2: p. 147-164, ago. 2005.

DOMINGUINI, L. Física moderna no Ensino Médio: com a palavra os autores dos livros didáticos do PNLEM. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 34, n. 2, 2012.

ECO, Humberto (1984) Como se faz uma tese em ciências humanas / Umberto Eco ; pref. Hamilton Costa. Lisboa: Editorial Presença. 3ª Ed.

ENGELMANN, J. Vídeo experimental e ensino de física: uma análise sobre os vídeos produzidos pelo mago da física. Monografia (Graduação – Licenciatura em Ciências da Natureza com Habilitação em Física), Instituto Federal de Santa Catarina, 2015.

FREIRE, P. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.

GASPAR, A. Física – Série Brasil – Ensino Médio – Volume Único. 1º Edição, São Paulo: Editora Ática, 2004.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 1991.

GOMES, L. F. Vídeos didáticos: uma proposta de critérios para análise. Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos. v. 89, n. 223, p. 477-492, dez. 2008.

GONÇALVES JUNIOR, W. P. Avaliações em larga escala e o professor de física. Dissertação (Mestrado – Ensino de Física). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

HALLIDAY, RESNICK, WALKER. Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. Vol. 2. 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

HALLIDAY, RESNICK, WALKER. Fundamentos de Física: Óptica e Física Moderna. Vol. 4. 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

MANDARINO, M. C. F. Organizando o trabalho com vídeo em sala de aula. Morpheus – Revista Eletrônica em Ciências Humanas. v. 1, n. 1, 2002.

MORÁN, J. M. O vídeo na sala de aula. Comunicação & Educação. São Paulo, p. 27-35, 1995.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa. Brasília: Editora Universidade de Brasília. 1999.

MURAMATSU, Mikiya. Produção, utilização e avaliação de filmes didáticos de Física. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade: Física). São Paulo: IFUSP/FEUSP, 1976.

OLIARI, Deivid Eduardo. Mídias na sala de aula: a percepção docente sobre o uso das tecnologias e suas consequências na linguagem e na comunicação com os acadêmicos dos cursos de relações públicas do vale do itajaí/sc. Dissertação (Mestrado em Ciências da Linguagem). Universidade do Sul de Santa Catarina, 2005.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. de H. Física moderna e contemporânea no ensino médio: elaboração de material didático, em forma de pôster, sobre partículas elementares e interações fundamentais. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 16, n.3, p. 267-296, dez. 1999.

PAIM, Isis, NEHMY, Rosa Maria Quadro. GUIMARÃES, César Geraldo. Problematização do conceito “qualidade” da informação. Perspectivas em Ciência da Informação, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 111-119, jan./jun. 1996.

PENA, F. L. A. Por que, nós professores de Física do Ensino Médio, devemos inserir tópicos e ideias de física moderna e contemporânea na sala de aula? Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 1, p. 1. 2006.

PEREIRA, M. V.; BARROS, S. de S.; REZENDE FILHO, L. A. de C; FAUTH, L. F. de A. Demonstrações experimentais de física em formato audiovisual produzidas por alunos do ensino médio. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 28, n. 3: p. 676-676 692, dez. 2011.

RAMALHO JUNIOR, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. de T. Os Fundamentos da Física: Termologia, Óptica e Ondas. Vol. 2. 10 ed. São Paulo: Moderna, 2009.

SARTORI, A. F. Produção docente de vídeos digitais para o ensino de física: Desafios e Potencialidades. Dissertação (Mestrado – Ensino de Ciências), Universidade de São Paulo, 2012.

SILVA, A. F. M. da. O uso do vídeo no processo de ensino-aprendizagem: Análise de vídeos em manuais escolares e percepções dos professores e alunos sobre as potencialidades pedagógicas do vídeo. Dissertação (Mestrado – Ciências da Educação). Universidade do Minho, 2010.

WILLIAMS, G. A. Elementary Physics: atoms, waves, particles. New York: McGraw-Hill Book Company, 1969.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Tabela de Análise de Vídeos

Busca	Título	Link	Descrição
Ondas experim ento	Como enxergar sua própria voz (experimento de Física)	https://www.youtube.com/watch?v=6lArL9pCkhs	Sugestão de experimento de custo baixo para visualização da vibração produzida pela voz. Utiliza um laser e materiais de fácil acesso. Demonstra o uso do aparelho e traz uma breve explicação sobre ondas sonoras. Vídeo apresentado por Iberê Thenório, do canal Manual do Mundo, um dos maiores do Brasil sobre experiências caseiras em ciências, com foco em crianças e adolescentes. Os vídeos são feitos de forma profissional e há um responsável pela pesquisa para os vídeos, Fernando Alves de Souza.
	Experimento de física - Ondas	https://www.youtube.com/watch?v=vfmtBhif6iw	Produzido por alunos de escola sob supervisão de um professor. Apresenta sugestão de demonstração de ondas com material de baixo custo. Não informa fontes e não há mais informações sobre a escola.
	Experimento de física (ondas)	https://www.youtube.com/watch?v=TJgj7p-Usg0	Produzido por alunos de escola sob supervisão de um professor. Apresenta sugestão de demonstração de ondas com material de baixo custo, semelhante à do Manual do Mundo, substituindo o laser por uma lanterna. Não informa fontes e não há mais informações sobre a escola.
	xperimento - Observar a ondas sonoras, por meio da energia cinética dos grãos de açúcar.	https://www.youtube.com/watch?v=RymWjJQCfsE	Vídeo produzido durante uma aula, apresenta um experimento para visualização de ondas sonoras. Não informa fontes ou o nome do professor que apresenta a aula.

	Experimento ondas sonoras	https://www.youtube.com/watch?v=jB143Uc68p4	Produzido por alunos de escola sob supervisão de um professor. Apresenta sugestão de demonstração de ondas com material de baixo custo.
Ondas mecânicas experimento	Experimentos com ondas mecânicas	https://www.youtube.com/watch?v=eb9I7SLe sqg	Demonstração de ondas mecânicas longitudinais e transversais em uma mola e ondas sonoras em taças. Produção caseira feita por uma estudante, sem identificação da escola e fontes.
	Experimento de Física- Ondas Eletromagnéticas	https://www.youtube.com/watch?v=0HYph4BJ0BU	Vídeo produzido por alunas, demonstrando como um telefone celular fica incapaz de receber sinais quando embrulhado em alumínio. Não informa fontes, porém aparenta ser uma escola do sistema S.
	Experimento da semana: ondas mecânicas!	https://www.youtube.com/watch?v=YNjWf5m1UjA	Apresentado por uma adolescente, sugere uma demonstração de onda sonora utilizando materiais de baixo custo.
	Tema 07 - O que são Ondas Experimentos - Mola Slink: ondas transversais e longitudinais	https://www.youtube.com/watch?v=zYdho_gcCRE	Vídeo apresentado por um professor, demonstrando com uma mola as ondas transversais e longitudinais. O professor que apresenta o vídeo é Claudio Furukawa, da USP, e o vídeo é produzido por uma equipe do Instituto de Física da Universidade de São Paulo. O canal Física Universitária disponibiliza vários vídeos com material didático e vídeo aulas de diferentes áreas da Física
	Experimento Telefone de Barbante Ondas Mecânicas	https://www.youtube.com/watch?v=rzmVZv0ms30	Produzido por estudantes. Mostra a montagem de um telefone de barbante e demonstra o uso. Não informa fontes.

Ondas eletromagnéticas	EXPERIÊNCIA - ONDAS ELETROMAGNÉTICAS (N. 203)	https://www.youtube.com/watch?v=v7xezBhs-s-0	Apresentado por aluno, demonstra a blindagem eletrostática de um celular com folha de alumínio. Cita um professor ao definir ondas.
	Física: Experiencia Ondas Eletromagneticas	https://www.youtube.com/watch?v=ppYtGucUQIU	Apresentado por alunos. Demonstra a blindagem eletromagnética de um celular utilizando uma folha de alumínio. Não informa fontes.
	ONDAS ELETROMAGNÉTICAS - EXPERIMENTO DE FÍSICA 2CV	https://www.youtube.com/watch?v=MlclmiGQmul	Apresentado por alunas, mostra a blindagem de um celular.
	Tema 03 - Ondas Eletromagnéticas Experimentos - Forno de microondas	https://www.youtube.com/watch?v=1Aj1Mvbp-f9U	Demonstra o comportamento do vapor de água a baixa pressão e de lâminas de alumínio dentro de um microondas. Vídeo do canal Física Universitária, da USP, apresentado por Claudio Furukawa.
	Experimento Ondas Eletromagnéticas	https://www.youtube.com/watch?v=GutmLJJlwCs	Segundo a descrição do vídeo, demonstra o uso de um filtro de frequências. Mostra um osciloscópio e um gerador de funções, além de montar uma antena.
Ondas transversais e longitudinais	ONDAS LONGITUDINAIS E TRANSVERSAIS - ONDULATÓRIA EXPERIMENTAL.	https://www.youtube.com/watch?v=zMcFb6Nsk0c	O apresentador utiliza uma mola para demonstrar as ondas transversais e longitudinais.
	Pontociencia - Modelo de Torção para Ondas Transversais	https://www.youtube.com/watch?v=FMCTGrhP8p8	Apresenta os materiais e passo a passo para a montagem de uma máquina de ondas. Canal Pontociência, parte do Portal Pontociência, organizado e mantido por professores de química, física e biologia.

	MÁQUINA DE ONDAS - EXPERIMENTO DE FÍSICA	https://www.youtube.com/watch?v=XKpmQiEJcjQ	Montagem de uma máquina de ondas.
	Ondas transversais e ondas longitudinais	https://www.youtube.com/watch?v=m8iG5EX2Y	Demonstração de ondas longitudinais e transversais
ondas progressivas e estacionárias	Mago da Física - Ondas Estacionárias	https://www.youtube.com/watch?v=pDkd-vO1x9k	Demonstração de ondas transversais e longitudinais e ondas estacionárias e harmônicos. Canal Mago da Física, produzido pelo professor Amadeu Albino.
	EXPERIMENTO DE ONDAS ESTACIONÁRIAS(PRÁTICA).	https://www.youtube.com/watch?v=CfBR3SCruOE	Demonstração de ondas estacionárias com uma máquina vibratória. Apresentado pelo professor Alex Amorim.
	Tema 10 - Ondas numa Corda Experimentos - Mola Slinky ondas transversais estacionárias	https://www.youtube.com/watch?v=0EFK_vZTpio	Demonstração de ondas transversais e estacionárias. Vídeo do canal Física Universitária, da USP, apresentado por Claudio Furukawa.
	Pontociência - Ondas Estacionárias	https://www.youtube.com/watch?v=iGQAXNHmX4g	Demonstração do uso de uma máquina de ondas e da relação entre o número de nós e a tensão no fio
	Ondas Estacionárias - Cordas de um violão	https://www.youtube.com/watch?v=tKxJ6Xxm	Demonstra as ondas formadas nas cordas de um violão. Não cita fontes.

		iwc	
Fenômenos ondulatórios	Tema 13 - Fenômenos Associados a Propagação Ondulatória Experimentos - Cuba de ondas: refração	https://www.youtube.com/watch?v=CMd2KnrQwQI	Demonstração da refração de ondas na superfície da água alterando a profundidade de uma cuba de ondas. Vídeo do canal Física Universitária, da USP, apresentado por Claudio Furukawa.
	Tema 13 - Fenômenos Associados a Propagação Ondulatória Experimentos - Difração em partículas	https://www.youtube.com/watch?v=iGPZacioEKE	Demonstração das partículas presentes em uma gota de água e da difração que é possível de ser visualizada ao redor delas. Vídeo do canal Física Universitária, da USP, apresentado por Claudio Furukawa.
	Tema 13 - Fenômenos Associados a Propagação Ondulatória Experimentos - Cuba de ondas: Difração	https://www.youtube.com/watch?v=AjHMKqKTJJY	Demonstração da difração de ondas na superfície da água utilizando uma cuba de ondas e obstáculos. Vídeo do canal Física Universitária, da USP, apresentado por Claudio Furukawa.
	Tema 12 - Interferências Experimentos - Interferência de ondas: película de sabão	https://www.youtube.com/watch?v=MoNOwr4xqIk	Demonstração da interferência sofrida pela luz ao refletir em uma película de sabão. Vídeo do canal Física Universitária, da USP, apresentado por Claudio Furukawa.
	Mago da Física - Interferência, Ressonância e Batimento	https://www.youtube.com/watch?v=UitcHO8PYt8	Demonstração de interferência, ressonância e batimentos utilizando diapasões. Canal Mago da Física, produzido pelo professor Amadeu Albino.

Reflexão de ondas	Trabalho de física - reflexão da luz e do som	https://www.youtube.com/watch?v=x4YIBFTtNAI	Compilação de vídeos de experimentos sobre reflexão e refração da luz, aparentemente produzido por estudantes de nível médio.
	Experiência de Física - Refração	https://www.youtube.com/watch?v=YjQ9LYEgG34	Demonstração da distorção de imagens causada pela refração.
	Refração e Reflexão- Experimento de Física UFSC	https://www.youtube.com/watch?v=04nvH0kmpM0	Demonstração de reflexão e refração usando um cilindro de acrílico.
	Ond: reflexão de pulsos unidimensionais.wmv	https://www.youtube.com/watch?v=nPAXs9cAvbA	Demonstra a reflexão de um pulso em uma mola colorida, com uma extremidade fixa e solta.
	Refração de Luz - Reflexão de Luz (experimento física)	https://www.youtube.com/watch?v=MzwtLg_sKJ8	Demonstração de reflexão total.
Refração	Experiência copo com água e setas	https://www.youtube.com/watch?v=W0VvsM2vawU	Demonstração da inversão de imagem causada pela refração, produzido por estudantes.
	Física - Experimento Refração da Luz - Oficina do Estudante	https://www.youtube.com/watch?v=MtKGlt1Gd4U	Demonstração da inversão de imagem causada pela refração.

	Refração de Luz - Retas Curvas (experimento física)	https://www.youtube.com/watch?v=-bbcFeMaJviU	Demonstração da inversão de imagem causada pela refração, produzido por estudantes.
	A luz que faz curva na água (experiência de Física)	https://www.youtube.com/watch?v=-F69tWoZa4ic	Demonstra a reflexão total da luz na água.
	Como fazer arco-íris caseiro com vela e DVD (Experiência de Física - Ótica)	https://www.youtube.com/watch?v=-e9crnQEA78	Demonstra a difração da luz de diferentes fontes luminosas (vela, lâmpada fluorescente, incandescente, luz negra, led).
Difração o	DIFRAÇÃO DA LUZ - EXPERIMENTO	https://www.youtube.com/watch?v=-tPCOMMPcEPE	Montagem e demonstração de aparato para observar a difração da luz, utilizando um CD virgem. Apresentado por um aluno.
	Difração da Luz/Experimentos Práticos	https://www.youtube.com/watch?v=-mYq0_qCIWIE	Demonstração de dois experimentos com o objetivo de calcular o tamanho das ranhuras de um CD e o diâmetro de um fio de cabelo, a partir do fenômeno de difração da luz. Video produzido por alunos do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Espírito Santo.
	Experimento da Difração de Elétrons	https://www.youtube.com/watch?v=-daviRMAAt4E	Demonstração de difração de elétrons em laboratório de física moderna. Vídeo do canal Ciência Curiosa, o apresentador não é o dono do canal, aparentemente trabalha ou é aluno da UTFPR, pois tem acesso e permissão para usar e filmar os experimentos.
	Ond: difração e comprimento de onda_01.wmv	https://www.youtube.com/watch?v=-JPedschcDFk	Demonstração da difração de ondas na superfície da água utilizando uma cuba de ondas e obstáculos.

	Experimento de difração	https://www.youtube.com/watch?v=qDt3DnMd4gs	Demonstração da difração da luz usando um CD.
Polarização	Pontociência - Polarização da luz	https://www.youtube.com/watch?v=B5sbo4cUeLs	Demonstração de polarização em materiais birrefringentes.
	Mago da Física - Polarização (Como obter um Polarizador)	https://www.youtube.com/watch?v=WQo9tGUEcTc	Demonstração de polarização utilizando polarizadores retirados de aparelhos celulares.
	Experiência de Física	https://www.youtube.com/watch?v=0ygPF93gouw	Demonstração de modelo de polarizador apresentado por alunos.
Superposição de ondas	Tema 06 - Superposição de Oscilações Experimentos - Ressonância e batimento em diapasões	https://www.youtube.com/watch?v=bmh7NseTF_w	Demonstração de ressonância e batimentos com diapasões e demonstra a transmissão de energia do diapasão para um pêndulo de isopor.
	O Princípio da Superposição das ondas!	https://www.youtube.com/watch?v=-SKoEULDr4	Modelo para demonstração de superposição de onda. Canal do professor Helio Dias.
	Tema 12 - Interferências Experimentos - Cuba de ondas:	https://www.youtube.com/watch?v=AG5HYoH	Demonstração de interferência de ondas difratadas em uma cuba de ondas. Vídeo do canal Física Universitária, da USP, apresentado por Claudio Furukawa.

	interferência de ondas	oigc	
	Experimento da Cuba de Ondas - Ondulatória Pt. 1	https://www.youtube.com/watch?v=S2Mw9v4uqQs	Demonstração de interferência de ondas em uma cuba de ondas. Vídeo do canal Ciência Curiosa.
Ressonância	Ressonância com taça de vidro	https://www.youtube.com/watch?v=hY12IUWa22o	Demonstração de ressonância em taças de vidro, mostra a transmissão de energia
	Ressonância com Taças - Experimento de Física II	https://www.youtube.com/watch?v=8mn5wYPPBPI	Demonstração da ressonância em taças de cristal, produzido por estudantes do Instituto Mauá.
	Ressonância no Arroz	https://www.youtube.com/watch?v=EQdEK5yq5pk	Demonstração de padrões formados por grãos de arroz.
Ondas sonoras	A força do som	https://www.youtube.com/watch?v=0eB-Vx_lr1M	Demonstração da transmissão de energia por meio da propagação do som.
	EXPERIMENTO ONDAS SONORAS.	https://www.youtube.com/watch?v=ghsdJ2JT_oE	Demonstração de experimento para "visuzlizar" a voz, apresentado por alunos.
	experiência Ondas Sonoras	https://www.youtube.com/watch?v=TsbZs8U4	Apresentado por estudantes, mostra uma demonstração de "como ver o som".

		<u>ORs</u>	
	PROPRIEDADES DAS ONDAS SONORAS - EXPERIMENTOS	https://www.youtube.com/watch?v=OXtTBFLmXEU	Compilação de vídeos de experimentos sobre propriedades do som. Canal Mago da Física, produzido pelo professor Amadeu Albino.
	Experimento Interferência do Som - Ondulatória Pt. 3	https://www.youtube.com/watch?v=bWohBQXWr0E	Experimento de interferência de ondas sonoras, utilizando material de laboratório de física moderna. Vídeo do canal Ciência Curiosa, produzido em laboratório da UTFPR.
Efeito Doppler	Experimento com Efeito Doppler	https://www.youtube.com/watch?v=iZ-svSBoaNw	Experimento utilizando um celular e um arquivo de áudio para demonstrar o efeito Doppler.
	Mago da Física - Efeito Doppler (Aula Experimental)	https://www.youtube.com/watch?v=8XcJf4rOefE	Demonstração do efeito Doppler com carro e moto. Vídeo do canal Mago da Física, apresentado pelo professor Amadeu Albino.
	Experimento Efeito Doppler	https://www.youtube.com/watch?v=YalyjauTgSc	Montagem caseira de um aparelho que permite experimentar o efeito Doppler, utilizando osciloscópio, gerador de frequências e um motor que faz girar uma fonte sonora.