

O CONCEITO DE ONDAS NA VISÃO DOS ESTUDANTES[‡]

THE WAVE CONCEPT UNDER THE STUDENTS' EYE

Shirley Takeco Gobara¹
Nádia Cristina Guimarães Errobidart²⁺
Simone Machado Marques³⁺
Maria Inês Affonseca Jardim^{4§}
Hudson Azevedo Errobidart⁵
Luiz Felipe Praça⁶

¹ UFMS/ Professora e orientadora do Programa de Pós-graduação em Educação, gobara@dfi.ufms.br

² UFMS/ Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Educação, nacriquer@terra.com.br

³ UFMS/ Mestranda do Programa de Pós-graduação em Educação, simone_m_marques@yahoo.com.br

⁴ UFMS/ Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Educação, inesaffonseca@gmail.com

⁵ UFMS/ Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências, herobidart13@yahoo.com.br

⁶ UFMS/ Bolsista PEP- Física, jazsem_konj@yahoo.com.br

RESUMO

O objetivo desse artigo é apresentar os resultados de uma pesquisa exploratória que foi realizada para investigar o que os alunos pensam sobre ondas e avaliar de que forma o conhecimento do senso comum pode interferir na aprendizagem de ondas sonoras. Essa investigação faz parte de uma das etapas de um projeto de pesquisa, que está sendo desenvolvido por um grupo de professores, que tem como objetivo geral realizar uma transposição didática que contribua para que o ensino de física, em particular das ondas sonoras, prepare o aluno para interpretar o mundo usando conceitos, leis e teorias científicas, para compreender sua realidade e se preciso transformá-la. O embasamento teórico usado para justificar e analisar as produções dos alunos foram a teoria de Ausubel e a teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird. As representações mentais observadas nas respostas dos alunos estão baseadas em suas interações com o meio e com suas experiências sensoriais e não apresentaram diferenças significativas entre alunos que pertenciam às escolas de localidades diferentes.

Palavras-chave: modelo mental, onda, aprendizagem.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to present the results of an exploratory research that was developed in order to investigate what students think about waves and evaluate the way the common sense knowledge may interfere in the learning of sound waves. This research is part of one of the stages of a research project being developed by a group of teachers, that has as a general objective realize a didactic transposition that contributes for the teaching of physics, sound waves in particular, prepare the student for interpreting the world using concepts, laws and scientific theories, to comprehend his reality, and change it if necessary. The theoretical basis used to justify and analyse the students performance were the theory of Ausubel and the

[‡] Financiado pela FUNDECT

⁺ Bolsista FUNDECT

⁺ Bolsista FUNDECT

[§] Bolsista da fundação Manuel de Barros

theory of Mental Models of Johnson-Laird. The observed mental representations in the students' answers are based in their interactions with the environment and with their sensorial experiences, and they do not present meaningful differences between students pertaining to schools of different places.

Keywords: mental model, wave, learning.

INTRODUÇÃO

Esse trabalho faz parte de uma das etapas de um projeto de pesquisa que está sendo desenvolvido por um grupo de professores. Trata-se de uma pesquisa exploratória que foi realizada para investigar o que os alunos pensam sobre ondas e avaliar de que forma o conhecimento do senso comum pode interferir na aprendizagem de ondas sonoras.

Esse grupo foi constituído no segundo semestre de 2006, inicialmente por 4 professores da rede de ensino médio de Campo Grande e dois professores da UFMS. Os membros do grupo reúnem-se quinzenalmente. Atualmente participam do grupo, além desses professores, 4 alunos da graduação. Uma das primeiras ações desse grupo foi definir uma área de conhecimento da Física para iniciar o processo de investigação coletiva para a elaboração de um projeto de pesquisa.

A área de conhecimento escolhida foi a física ondulatória, e, mais especificamente, onda sonoras. A escolha desse conhecimento foi motivada pela quantidade de fenômenos naturais relacionados, a falta de materiais didáticos de apoio ao professor para ensinar esse conhecimento e, portanto, a dificuldades de realizar a transposição didática para o nível médio.

Esse conteúdo foi escolhido a partir de um levantamento preliminar, em alguns livros didáticos em que se verificou que os fenômenos ondulatórios, tão presentes no cotidiano, não são muito explorados e aparecem bastantes fragmentados. Após um período de discussões sobre os problemas que cada membro do grupo enfrentava no seu dia a dia, passamos por uma fase de estudos sobre os referenciais teórico-metodológicos, o que resultou na escolha do objeto de investigação e na elaboração das questões de investigação.

O objeto de pesquisa é o processo de transposição didática (ASTOLFI; DEVELAY, 1995) e as questões de investigação propostas foram: 1. De onde vem os saberes que ensinamos na disciplina de Física, em particular para as ondas sonoras? 2. Quais as transformações que esses conhecimentos sofreram para se constituírem em saber a ensinar, isto é, como esses conhecimentos aparecem nos textos didáticos no segundo e terceiro graus? 3. Qual a importância dos conhecimentos do senso comum? 4. Quais são as transformações pelas quais passam os saberes até chegarem à sala de aula para o conteúdo de física ondulatória?

O objetivo geral da pesquisa coletiva é realizar uma transposição didática que contribua para que o ensino de física, em particular das ondas sonoras, passe a fazer sentido para o aluno, e que o prepare para interpretar o mundo em que vive, maneje conceitos, leis e teorias científicas, utilizando o que aprendeu para compreender sua realidade e se preciso transformá-la. A pesquisa coletiva foi organizada para ser desenvolvida em várias etapas.

Este trabalho foi desenvolvido para tentar responder a questão 3. Para o desenvolvimento dessa etapa da pesquisa, elaboramos coletivamente um questionário e os professores, membros do grupo, que estavam atuando em sala de aula (4) foram escolhidos para aplicar esse questionário em suas respectivas escolas. Três escolas de Campo Grande/MS foram selecionadas e 45 alunos da segunda série do ensino médio participaram voluntariamente dessa pesquisa. O instrumento continha sete questões, as respostas foram solicitadas na forma escrita e algumas com desenhos. Entretanto, neste artigo, consideramos apenas as análises das quatro primeiras questões em função da quantidade de informação apresentadas nas respostas dos alunos e a necessidade de se fazer um recorte. As questões 5, 6 e 7 procuram explorar algumas propriedades das ondas e a análise dessas questões ficará para um próximo artigo.

Os referenciais teóricos utilizados para analisar as produções dos alunos foram, fundamentalmente, as teorias construtivistas. Para este trabalho utilizamos a teoria de Ausubel pelas importantes contribuições desta para o estudo dos processos de formação e desenvolvimento da estrutura cognitiva dos alunos e dos meios utilizados pelos mesmos para explicar suas experiências.

Para Ausubel (1978) o fator que mais influencia a aprendizagem significativa é aquilo que o aluno já sabe (conceito subsunçor ou simplesmente subsunçor).

Outro referencial que julgamos importante para a análise das produções dos alunos é a Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird (MOREIRA, 2003). Esses Modelos são representações internas de informações que, apesar de nem sempre serem completamente fiéis ao mundo real, pretendem representá-lo de forma funcional.

Esta teoria propõe que nossa habilidade em dar explicações está diretamente ligada à nossa compreensão daquilo que é explicado, e para compreender qualquer fenômeno ou estado de coisas, é necessária a construção de um modelo funcional dele. Estes modelos permitem ao sujeito compreender fenômenos e eventos. Alguns desses modelos são concebidos por meio de interações com o meio, com outras pessoas, e/ou pelas experiências sensoriais. Podendo, portanto, existir mais de um modelo mental para um determinado estado de coisas.

Os modelos mentais, em geral, têm validade restrita. Em contrapartida, defini-se modelos conceituais que são modelos precisos, consistentes e completos elaborados por pesquisadores e/ou grupos de interesses com o intuito de facilitar a compreensão de sistemas físicos utilizados para fins econômicos e/ou de ensino.

Para identificar modelos mentais em alunos é necessário compreendermos como estes modelos são organizados em suas mentes. Inicialmente buscamos investigar as pesquisas já realizadas e que levantaram as concepções do conceito de ondas.

Visando a melhoria do ensino de ciências alguns grupos desenvolvem projetos para investigar as concepções de alunos sobre conceitos de ondas. O projeto LASER** realizado no estado de Washington - EUA apontam as concepções de ondas transportando matéria, representações de uma onda com forma senoidal, à semelhança de um pulso em uma corda.

** http://www.wastatelaser.org/_resources/toolkits/foss/physics_of_sound/misconcepts.asp

Outro grupo de pesquisa de Educação em Física da Universidade do Kansas – EUA^{††}, investigou 16 alunos, de uma classe introdutória de Física, utilizando entrevistas antes e depois do curso, onde identificaram três modelos explicativos; o modelo científico, um outro que considerava o som uma unidade “auto-contida” denominado modelo entidade e um último denominado híbrido por apresentar as características do modelo “entidade” e do modelo “científico”.

Em âmbito nacional, são poucas as pesquisas que procuram identificar modelos explicativos utilizados pelos alunos para ondas, em especial para ondas sonoras. Investigando alunos de oitava série do ensino fundamental, Gobara e Nascimento (2005) desenvolveram atividades em que os alunos observavam a produção de som de alguns objetos simples (caixa de pasta de dente, borrachas de dinheiro, "corneta de torcida", etc). Os resultados que as autoras chegaram é que a maioria dos alunos associou a produção do som com a vibração dos objetos manuseados, mas não identificou o som como uma onda física. Esses alunos apresentaram uma noção intuitiva (transporte de matéria) ao associar o som ao deslocamento do ar.

No quadro internacional Maurines (1986) investiga se o raciocínio espontâneo do tipo mecanicista é responsável por dificuldades no estudo da propagação de uma onda em uma corda. As concepções levantadas foram: 1. Uma relação entre a velocidade do som e a amplitude do sinal (maior é a amplitude, maior e a velocidade); 2. O som é dotado de um “capital”, uma mistura de energia, intensidade e velocidade que gera uma confusão entre essas grandezas.

Linder e Erikson (1989) realizaram um estudo sobre as concepções com 10 estudantes de Física canadenses. Duas concepções do fenômeno sonoro foram levantadas: 1. O som, microscopicamente, é descrito como uma entidade que transportada pelas moléculas através do meio tal como o ar, ou se transfere de uma molécula para a outra por um mecanismo de condução; 2. O som, macroscopicamente, é considerado como uma substância que se propaga sob a forma de uma corrente de ar ou sob a forma de um sinal. Em uma outra pesquisa, Linder (1993) investigou as concepções de 14 alunos do Canadá e África do Sul, que cursavam a faculdade de Física, sobre fatores que influenciam na velocidade e propagação do som. Três diferentes concepções sobre a velocidade do som foram identificadas: 1) relacionada a obstrução física que as moléculas do meio oferecem a sua passagem, 2) a dependência com a separação entre as moléculas e 3) a dependência com a compressibilidade do meio.

Utilizando questionário e entrevistas semi-estruturadas Welti (2002) investigou as concepções de alunos do curso de Física Básica sobre os mecanismos físicos associados com a geração e propagação de uma onda assim como o tipo de energia presente nestes processos. Identificou problemas nos conceitos de conservação e transferência de energia para uma onda se propagando em uma corda e concluiu que esses obstáculos conceituais interferem na aprendizagem.

As pesquisas sobre concepções prévias iniciaram-se na década de 1970. A partir de 1980 tiveram grande acréscimo sendo que as concepções prévias dos alunos passaram a ser consideradas como uma das variáveis mais importantes do ensino de Ciências. Estas pesquisas que constituíram o que foi chamado de Movimento das Concepções Alternativas – MCA – surgiram para contrapor as idéias de Piaget que davam grande ênfase no desenvolvimento das estruturas lógicas desconsiderando a variedade de idéias apresentada pelas crianças (GEBARA, 2001).

^{††} <http://web.phys.ksu.edu/papers/2003/SoundMental.pdf>

A partir destas pesquisas e graças ao MCA hoje temos um vasto conhecimento sobre a conceituação de senso comum que os alunos trazem para o ambiente escolar.

Relataremos nossa atividade inicial de trabalho, em que buscamos identificar o que os alunos já conheciam sobre ondas, mais precisamente, investigar possíveis modelos mentais que são representações mais elaboradas, mas que ainda não estão de acordo como modelo físico. Partindo desses conhecimentos pretendemos elaborar atividades ou situações que possibilitem a aprendizagem significativa dos conceitos relacionados aos fenômenos ondulatórios.

O LEVANTAMENTO DAS REPRESENTAÇÕES DOS ALUNOS

Orientados pelo objetivo de identificar as representações dos alunos sobre conceitos de onda, sua produção e propagação, assim como a interpretação destes conceitos, dentro de um ambiente formal de ensino e aprendizagem, optamos por uma técnica de coleta de dados consubstanciada em um questionário por nós elaborado.

Partindo da idéia de que esses conceitos quando não foram ainda sistematicamente estudados pelos alunos, podem ser construídos pela observação e interação dos sujeitos com os fenômenos da natureza e são, em geral, percebidos por meio dos sentidos (visão, audição e tato) ou por influências das práticas sociais de referência (Welti, 2002) que lhes permitem construir um modelo explicativo.

Aplicamos o questionário, de nossa pesquisa exploratória, em alunos do ensino médio, selecionados aleatoriamente entre aqueles que estavam cursando a segunda série, no ano letivo de 2006 das escolas selecionadas. Escolhemos como campo de pesquisa as escolas: Joaquim Murtinho, José Barbosa Rodrigues e José Ferreira Barbosa unidades escolares integrantes da Rede Estadual de Ensino representando respectivamente as tipologias A, C e E do município de Campo Grande – MS ^{‡‡}.

O instrumento de coleta de dados foi um questionário elaborado com sete questões. Ele foi previamente testado com alguns alunos de séries variadas das unidades escolares selecionadas para o desenvolvimento da pesquisa. Para a definição dos sujeitos da pesquisa, priorizamos os alunos da segunda série do ensino médio por considerar que os conteúdos de ondas são tradicionalmente ensinados a partir dessa série. As questões foram preparadas de forma a possibilitar que os alunos tivessem liberdade de resposta tornando possível o enriquecimento da análise dos dados. Neste artigo apenas as quatro primeiras questões serão analisadas e discutidas.

RESULTADOS E ANÁLISE

As escolas utilizadas como campo de pesquisa, diferenciam-se não só pela tipologia, mas também pela localização. A Escola Estadual Joaquim Murtinho, escola tipo A, está localizada na região central e atende a alunos de quase todos os bairros de Campo Grande; a Escola Estadual

^{‡‡} Decreto nº 11.753 de 22 de dezembro de 2004 e o decreto nº 11.948 de 17 outubro de 2005 trata da tipologia das escolas estaduais de ensino do MS, classificando-as em A, B, C, D, E, F, G, e H. <http://www.educar.ms.gov.br> em 15/07/2007.

José Barbosa Rodrigues, do tipo C, está localizada no bairro Universitário, próximo da UFMS, saída para São Paulo, atende alunos do próprio bairro e a Escola Estadual José Ferreira Barbosa, tipo E, está localizada na vila Bordon saída para o município de Aquidauana e atende os alunos da própria região.

Percebemos, ao analisar os questionários, que as respostas apresentadas indicavam representações bem semelhantes entre as respostas dos alunos das três escolas o que nos possibilitou realizar a análise e a construção de categorias para mapear o tipo de resposta e os exemplos por questões.

As categorias escolhidas, em geral, estão relacionadas à quantidade (frequência) de respostas semelhantes identificadas no questionário. Em algumas questões tivemos respostas que não se enquadravam nas categorias já identificadas e que não apresentavam relação com a questão; criamos para essas respostas a categoria denominada “outros”.

Apresentamos para cada questão exemplos de respostas dos alunos. Identificamos os alunos pela letra que caracteriza a tipologia da escola (A, C e E) e por um número que foi aleatoriamente colocado nos questionários durante a análise representando a quantidade de alunos de cada escola ($A_1, A_2, \dots, C_1, \dots, E_1, \dots$).

As quatro primeiras questões tinham por objetivo verificar como os alunos percebiam as ondas por meio dos seus sentidos e das representações gráficas (desenhos) para explicar fenômenos ondulatórios observados no seu cotidiano. Essas representações são importantes para que possamos conhecer aquilo que os alunos sabem (conhecem), pois de acordo com Ausubel (1978), esses conhecimentos influenciam de forma significativa porque vão servir como ponte, ancoragem, para os novos conhecimentos ou podem se constituir em obstáculos epistemológicos (BACHELARD, 1978) para a construção de um novo conhecimento.

ANÁLISE DAS RESPOSTAS DOS ALUNOS POR QUESTÕES

Na primeira questão, a maioria respondeu afirmativamente que já tinha visto uma onda. Esses alunos ao dar exemplos de ondas apresentaram concepções relacionadas à noção cotidiana de onda: 47,5% das respostas que afirmaram terem visto uma onda deram como exemplo uma onda se propagando na água (mar ou rio). Outros apresentaram exemplos que estão de acordo com o modelo físico de onda (ondas na corda ou eletromagnéticas). Esses exemplos aparecem com frequência muito baixa, resultado este já esperado porque os alunos investigados pertenciam à segunda série e eles não haviam estudado o conteúdo de ondas. Também verificamos exemplos de ondas que estão relacionadas a expressões do cotidiano tais como ondas de calor. Essa expressão aparece com frequência nas previsões do tempo, evidenciando influências das práticas sociais de referência. A tabela 1 apresenta uma síntese das respostas dos alunos.

Os exemplos dados pelos alunos sugerem que as representações sobre ondas construídas pelos alunos estão relacionadas às experiências vivenciadas no cotidiano ao presenciarem o fenômeno da propagação da onda na superfície do mar ou do rio ou quando eles os observam pelos meios de comunicação como podemos perceber nos exemplos que se seguem.

E₁₄: “Já vi sim uma onda, creio que todo mundo já viu ou presenciou uma onda no mar. O surfista surfa na onda”.

A₉: “Sim. Já vi uma onda no rio Aquidauana. Não é igual a do mar, mas é bem legal. Ela se formava a partir da correnteza e do giro do motor do barco”.

A₇: “Sim, onda do mar”.

Tabela 1: Mapeamento das respostas da questão 1.

Questão 1 – Você já viu uma onda? Se você viu, dê alguns exemplos.					
Tipos de respostas	Tipologia da escola				Exemplos
	A	C	E	Total	
Não sei	0	0	1	1	
Não	4	8	2	14	
Sim	2	0	0	2	Ondas sonoras
	0	0	1	1	Ondas de calor
	0	0	2	2	Ondas em corda
	1	1	2	4	Ondas eletromagnéticas
	7	4	9	20	Ondas na água (mar e rio)
	2	0	1	3	outros

No mapeamento da segunda questão, apresentado na Tabela 02, 40% dos alunos responderam ter sentido uma onda quando estavam dentro da água do rio ou do mar e 25,9% responderam que já haviam sentido uma onda por meio do som produzido pela vibração nos alto-falantes.

Tabela 2: Mapeamento das respostas da questão 2.

Questão 2 – Você já sentiu uma onda? Se você sentiu dê exemplos.					
Tipos de respostas	Tipologia da escola				Exemplos
	A	C	E	Total	
Sem resposta	0	1	1	2	
Não	5	6	4	15	
Sim	1	0	0	1	Choque elétrico
	2	4	1	7	Som
	5	0	6	11	Mar
	2	1	0	3	Calor (quente ou frio)
	0	0	5	5	outros

Entre aqueles que disseram ter sentido uma onda, mas apresentaram respostas como a dos alunos E₈: “nunca reparei” e E₉: “Sim. O vento”, estas foram classificadas na categoria “outros” (18,5%) porque são respostas que não apresentam informações relevantes sobre os conhecimentos relacionados com a questão.

A associação feita entre a propagação de uma onda e o transporte de matéria fica evidente nas respostas do aluno A₉ “Sim. Você se sente levado pela onda. Se não se segurar em algo ela te leva”. Resultados já identificados na literatura.

A resposta do aluno A₁₄ - “onda sonora, quando se ouve música em um volume elevado sente-se um certo tremor - já apresenta um modelo um pouco mais elaborado, pois ele associa a onda a alguma coisa que “treme”, isto é, vibra.

A resposta de C₅ - “*Já senti ondas de frio e calor.*” evidencia uma noção de onda influenciada por expressões do cotidiano bastante comum em previsões do tempo.

As respostas dos alunos E₁₄ - “*Sim. Enquanto tomo banho em um rio e passa um barco, as ondas chegam a mim. Do barco, no meio do rio, chega a mim na beira, quer dizer, se propagam rapidamente.*” e A₇ - “*Sim, já senti uma onda do mar e a onda sonora e a magnética através do choque*”- entre outros, indicam uma coerência com a resposta dada na questão 1 evidenciando que os seus modelos explicativos, sobre a noção de onda, estão relacionados às sensações por eles vivenciadas e ao modelo de onda que transporta matéria.

Em relação às duas primeiras questões, a maioria dos estudantes relaciona ondas com as ondas do mar, na beira da praia ou na margem de um rio. Como vimos na análise das primeiras questões, as expressões uma onda de calor ou frio ou expressões do tipo na altura das ondas no mar também foram utilizadas nas respostas de alguns alunos na segunda questão. A idéia de onda está associada com o uso comum da palavra e não ao conceito físico de onda.

Na tabela 03 apresentamos o mapeamento das respostas da terceira questão e como já era esperado, 67,5% dos investigados que afirmaram ter ouvido uma onda associavam seus exemplos às ondas sonoras.

Respostas curiosas, como a do aluno C₃ - “*Sim, um curto-circuito*”, foram classificadas em “outros”. Os alunos A₇ e A₄ apresentaram o som como exemplo de onda ouvida, entretanto, eles se referiram ao som da onda do mar.

A₄: “*Sim quando paramos na praia à noite. Com o silêncio podemos ouvir um som das ondas. Subindo nas beiras dos morros, até parece um vendaval*”.

A₇: “*Já ouvi o barulho de uma onda do mar*”.

Tabela 3: Mapeamento das respostas da questão 3.

Questão 3 – Você já ouviu uma onda? Se você já ouviu, dê exemplos.					
Tipos de respostas	Tipologia da escola				Exemplos
	A	C	E	total	
Não	0	3	1	4	
Sim	11	5	11	27	Ondas sonoras
	1	2	1	4	TV/Rádio
	2	2	0	4	Mar
	1	3	1	5	outros

Nas respostas reproduzidas acima, não fica claro se esses alunos realmente consideram o som como uma onda porque eles se referiram ao som da onda do mar. Nas três questões desses alunos as respostas estavam associadas às experiências com o mar.

Para facilitar a interpretação dos resultados da quarta questão, que apresenta em alguns casos mais de uma representação por questão, resolvemos classificar as respostas em duas grandes categorias: quanto aos meios de propagação utilizados pelos alunos e quanto à forma usada na representação da onda mostrada no mapeamento apresentado na tabela 04.

Analisaremos as categorias utilizadas apresentando exemplos de representações gráficas, criadas pelos alunos. Os desenhos apresentam representações construídas a partir de sua

vivência cotidiana como podemos observar nas figuras abaixo. Assim como nas questões anteriores a representação de uma onda se propagando na superfície da água é maioria, aparecendo em 45,2% dos exemplos citados pelos alunos.

A figura 1 e a figura 2 indicam a representação que os alunos A₁₀ e C₅ respectivamente, fazem de “ondas” associadas as “ondas do mar” quebrando na praia. Essa forma de representar foi denominada modelo da onda do mar.

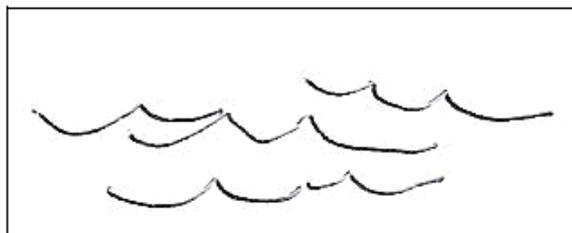


Figura 1- Representação de ondas na superfície da água



Figura 2 - Representação de uma quebra de onda.

As figuras 3, 4, 5 e 6, são exemplos de configuração que sugere a noção de frente de ondas e representam 16,6% dos desenhos sendo que nas figuras 3, 5 e 6 podemos perceber uma fonte para produzir a onda que se propaga. Identificamos esse tipo de representação como modelo frente de onda.

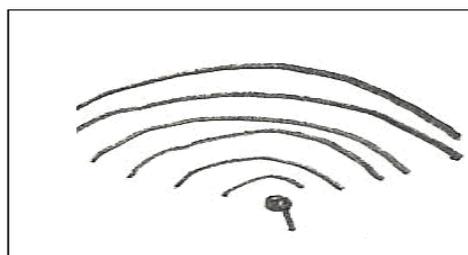


Figura 3 - Representação de frente de ondas produzidas por uma fonte

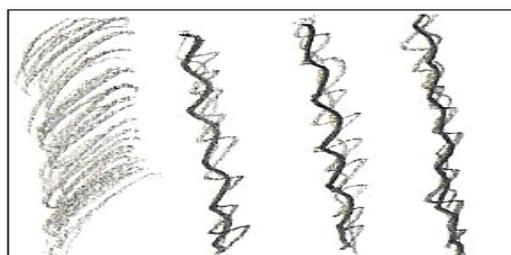


Figura 4 - Representação de frentes de ondas de forma senoidal

Tabela 4: Mapeamento das respostas da questão 4.

Questão 4 – Desenhe e identifique as ondas que você conhece.						
Tipos de respostas	Classificação	Tipologia da escola				Exemplos
		A	C	E	total	
Sem desenho	-	1	0	2	3	
Com desenho	Quanto aos meios	7	1	11	19	Água
		5	3	2	10	Ar
		0	0	1	1	Cordas
		6	3	3	12	outras
	Quanto à forma da onda	3	1	4	8	Senóide
		3	3	6	12	Quebra de onda
		4	2	1	7	Frente de onda
		0	3	1	4	Circular
		8	0	3	11	outros

Os desenhos da figura 5 já são representações mais comuns reproduzidas com frequência nas revistas, TVs e sites (textos ou animações, etc). Percebemos a influência desses modelos gráficos encontrados no dia a dia nos desenhos do aluno A₁₂ ao representar a propagação das

ondas sonoras transmitidas pela antena e pelo aparelho de som (rádio), identificados como modelo circular de antena.

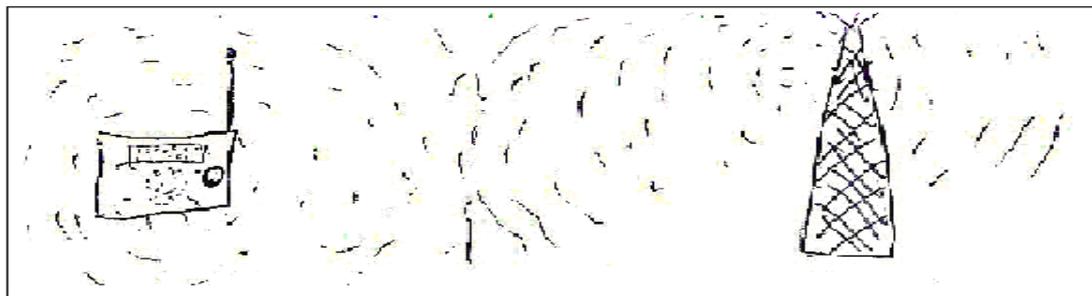


Figura 5 - Representação de ondas produzidas por uma fonte

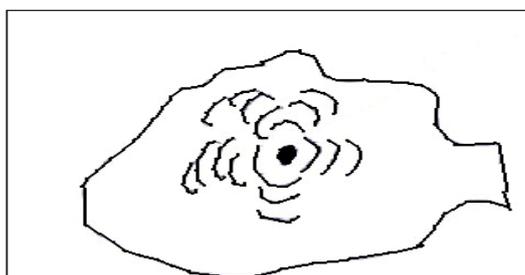


Figura 6 - Representação de ondas na superfície de um lago.

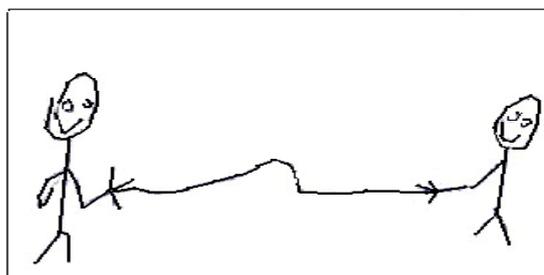


Figura 7 - Representação de ondas em uma corda.

A representação do aluno E₁₄, figura 7, que apresenta uma onda se propagando em uma corda com uma forma senoidal evidencia certa influência dos modelos utilizados na representação de ondas que aparecem nos textos didáticos. Essa representação sugere que esse aluno já havia visto essas figuras anteriormente. Podemos perceber essa influência também no desenho do aluno A₁₁, figura 4 e C₁₂, figura 10.

Alguns desenhos, como os dos alunos A₅, figura 8, e A₃, figura 9, foram enquadrados na categoria “outros”, porque necessitariam mais informações para interpretá-las de acordo com a pergunta solicitada.

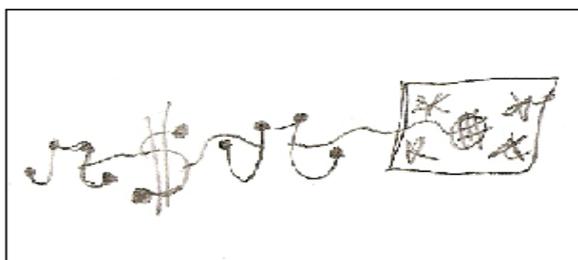


Figura 8 - Representação de uma onda sonora.



Figura 9 - Representação de uma onda sonora.

A figura 11, construída pelo aluno A₁₃, representa os 23,8% das respostas que sugeriam uma onda sonora se propagando no ar identificado como modelo senoidal de onda.

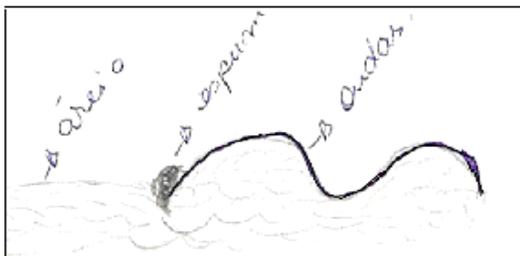


Figura 10 - Representação de ondas no mar com forma senoidal.

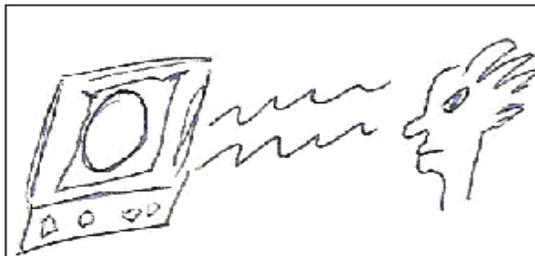


Figura 11 - Representação de ondas no ar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificamos pela análise dos resultados acima apresentados que a diferença de tipologia e localidade das escolas não refletiu nas representações construídas pelos alunos para responderem e interpretar as questões sobre onda. As representações mentais observadas nas respostas dos alunos estão baseadas em suas interações com o meio e com suas experiências sensoriais e não apresentaram diferenças significativas entre alunos de localidades diferentes.

O conteúdo de ondas é tradicionalmente abordado no quarto bimestre da 2ª série do ensino médio, e essa pesquisa foi realizada no início do terceiro bimestre o que justifica as concepções presentes nas respostas que associam à onda o transporte de matéria e a quantidade de alunos que desconhecem o processo de formação de uma onda.

A resposta do aluno E₂: “As ondas do mar se formam através dos corais que existem no fundo do mar. As ondas sonoras se formam através do movimento das cordas vocais que se transformam em som e conseqüentemente em onda”, evidencia a dificuldade que o aluno demonstra ao tentar explicar como as ondas se formam, porque para a onda do mar ele apresenta um modelo explicativo que é completamente diferente para a onda sonora. Em sua resposta ele afirma que o som é uma onda e apresenta um modelo explicativo um pouco mais elaborado ao associar o movimento das cordas vocais com a produção do som, embora ele tenha usado o termo “transforma”.

Nas questões que tinham por objetivo verificar como os alunos percebiam as ondas por meio dos seus sentidos e pelas representações gráficas (desenhos) para explicar fenômenos ondulatórios observados no seu cotidiano, os maiores percentuais de respostas estavam relacionados às percepções de uma onda se propagando na superfície da água (mar ou rio), às ondas sonoras e/ou expressões como ondas de calor. Os desenhos permitiram identificar modelos de ondas se propagando: modelo circular de antena, modelo circular em águas, modelo da onda do mar e modelos senoidal para ondas sonoras, em cordas e ou em superfícies líquidas (rio, mar ou lagos) e o modelo de frente de onda. O modelo da onda do mar é o mais freqüente e está relacionado ao transporte de matéria.

Os resultados desta pesquisa exploratória mostraram que a maioria desses alunos apresenta um modelo explicativo em que a onda transfere matéria quando ela se propaga e está de acordo com alguns resultados apontados na literatura. Outras concepções que foram levantadas são originadas pela influência das práticas sociais de referência, baseadas em expressões freqüentemente usadas nas previsões do tempo: ondas de frio ou de calor.

Esses resultados somados com as análises das últimas três questões do questionário se constituem nas análises preliminares para a continuidade da pesquisa do grupo e das pesquisas individuais que estão sendo desenvolvidas pelos membros do grupo e podem contribuir também para aqueles que pretendem investigar a aprendizagem dos conceitos relacionados aos fenômenos ondulatórios.

REFERÊNCIAS

ASTOLFI, J. P.; DEVELAY, M. **A didática das Ciências**. São Paulo: Papirus, 1995.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. NEW YORK: HOLT, 1978.

BACHELARD, G. O novo espírito científico. In: **Os Pensadores**. São Paulo: Abril Cultural, 1978.

GEBARA, M. J. F. **O Ensino e a Aprendizagem de Física: Contribuições da História da Ciência e do Movimento das Concepções Alternativas - um estudo de caso**. 2001. Dissertação (Mestrado em Educação) - Orientador: Prof. Dr. Décio Pacheco. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, 2001.

LINDER, C. J.; ERIKSON, G. L. A study of tertiary physics student's Conceptualizations of Sound. **International Journal of Science Education**, v.11, Special Issues, p. 491-501, 1989.

LINDER, C. J. University physics students' conceptualizations of factors affecting the speed of sound propagation. **International Journal of Science Education**, v. 15, n. 6, p. 655-662, 1993.

MAURINES, L. Os alunos e a propagação dos sinais sonoros. **IIème, Séminaire de Recherche em Didactique**, p.18-20, out, 1992.

MAURINES, L. Spontaneous reasoning on the propagation of visible mechanical Signals. **Int. Science Education**, v.14, n. 14, p.279-292, 1986.

MOREIRA, M. A. **Modelos Mentais**. 2003. Disponível em:<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/N3/moreira.htm#numero_1> Acesso em: 09 de julho de 2007.

NASCIMENTO, C. S.; GOBARA, S. T. De onde vem o som da Voz. In: V Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências-VENPEC, 2005, Bauru. **Ata do V ENPEC**. Bauru: ABRAPEC, v. 1, p. 1-11, 2005.

NASCIMENTO, C. S.; GOBARA, S. T., Uma Introdução ao ensino de ondas Sonoras. In: XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2007, São Luis. **Livro do programa do XVII Simpósio**. São Luis, v. 1, p. 1-11, 2007.

PIETROCOLA, M. (org) **Ensaio de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Ed. UFSC, 2001.

WELTI, R. Concepciones de Estudiantes y Profesores Acerca de la Energía de las Ondas. **Enseñanza De Las Ciencias**, v.20, n. 2, p. 261-270, 2002.