

SIMONE MACHADO MARQUES

**A INFLUÊNCIA DO USO DE UM ARTEFATO
TECNOLÓGICO – O TELEFONE – NA
APRENDIZAGEM DE ONDAS SONORAS**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
Campo Grande/MS
2009**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Coordenadoria de Biblioteca Central – UFMS, Campo Grande, MS, Brasil)

M357i Marques, Simone Machado.
A influência do uso de um artefato tecnológico, o telefone, na
aprendizagem de ondas sonoras / Simone Machado Marques. -- Campo
Grande, MS, 2009.

228 f. ; 30 cm.

Orientador: Shirley Takeco Gobara.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.
Centro de Ciências Humanas e Sociais.

1. Ondas sonoras - Estudo e ensino. 2. Física – Estudo e ensino. 3.
Telefone. I. Gobara, Shirley Takeco. II. Título.

CDD (22) 534.20072

SIMONE MACHADO MARQUES

**A INFLUÊNCIA DO USO DE UM ARTEFATO
TECNOLÓGICO – O TELEFONE – NA
APRENDIZAGEM DE ONDAS SONORAS**

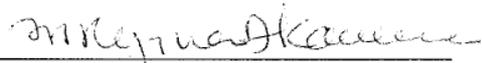
Dissertação apresentada como exigência final para obtenção do grau de Mestre em Educação à comissão Julgadora da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul sob a orientação da Professora Dr.^a Shirley Takeco Gobara.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
Campo Grande/MS
2009**

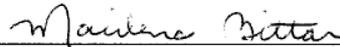
COMISSÃO JULGADORA



Prof^a. Dr.^a Shirley Takeco Gobara



Prof^a. Dr.^a Maria Regina Dubeux Kawamura



Prof^a. Dr.^a Marilena Bittar

DEDICATÓRIA

À memória da minha avó Maria, exemplo de força e determinação.

Aos meus pais, Carmen e Geraldo, meu referencial de amor, confiança e dedicação.

Ao Glaucius, meu amado companheiro e incentivador.

Ao meu querido filho Eduardo, que com a sua chegada tornou a minha vida realmente feliz. E a minha querida sobrinha e afilhada Antônia. Eles me inspiram e motivam a vencer desafios!

Mãe (Mário Quintana)

Mãe... São três letras apenas
As desse nome bendito:
Também o Céu tem três letras...
E nelas cabe o infinito.
Para louvar nossa mãe,
Todo o bem que se disse
Nunca há de ser tão grande
Como o bem que ela nos quer...
Palavra tão pequenina,
Bem sabem os lábios meus
Que és do tamanho do Céu
E apenas menor que Deus!

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos, amigos e colegas, com quem convivi neste período e que de alguma forma contribuíram para que este trabalho fosse realizado. Em especial quero agradecer:

À colega e amiga Danise, pelo apoio e valiosa participação durante as atividades com os alunos, tornando mais fácil esta etapa fundamental da pesquisa.

Às amigas Rosane e Sônia que conheci antes de iniciar o mestrado e com as quais compartilhei momentos importantes da minha vida. Aos amigos Hudson e Nádia, pelo apoio e incentivo. Ao amigo Rodrigo, com quem partilhei muitas angústias e alegrias, e que mesmo à distância continuou me ajudando.

Ao Vit, querido amigo e cunhado, que contribuiu com o seu talento, elaborando as ilustrações que enriqueceram as atividades dos alunos. A minha querida irmã Cristine, que sempre acreditou na minha capacidade de realizar este trabalho.

À Jaqueline Mesquita, que mais do que secretária do programa, sempre foi amiga, ouvindo pacientemente muitos desabafos.

Ao professor Sérgio Piubéli, que nos auxiliou com sugestões e críticas no início da elaboração das atividades e do material experimental.

Aos professores Marilena Bittar, Maria Regina Dubeux Kawamura e Luiz Carlos Pais que aceitaram participar da banca e deram valiosas contribuições para o desenvolvimento deste trabalho.

À Fundect, pela bolsa de pesquisa.

Aos diretores das escolas, que permitiram a realização dos testes iniciais e da pesquisa com seus estudantes.

Aos professores que auxiliaram na aplicação das atividades junto aos alunos e cederam seus tempos de aula para a realização da pesquisa.

A todos os alunos que participaram tanto dos testes iniciais quanto da pesquisa propriamente dita, sem os quais este trabalho não teria sido realizado.

À Nalva, sem os seus cuidados e carinho com o Dudu eu não teria conseguido tranquilidade para trabalhar.

A minha mãe, minha maior incentivadora, pelo seu amor, disponibilidade e determinação em me ajudar neste desafio. Ao meu pai, pelo apoio e por ter suportado a ausência da minha mãe por mim.

Ao meu marido e companheiro Glaucius, que me incentivou a começar este trabalho. Sem o seu apoio eu não teria conseguido transformar este sonho em realidade.

E especialmente à professora Shirley Takeco Gobara, minha orientadora, pela dedicação, disponibilidade e amizade, sempre com uma palavra de estímulo nos momentos difíceis, e pela confiança depositada em mim.

Obrigada a todos!

RESUMO

A pesquisa desenvolvida teve por objetivo investigar a influência do princípio de funcionamento do telefone na aprendizagem de ondas sonoras por meio de uma situação adidática. O objeto de investigação se refere aos **procedimentos de aprendizagem de ondas sonoras**. A metodologia usada para organizar os passos da investigação é a Engenharia Didática utilizada para responder a seguinte questão de pesquisa: O uso do telefone como artefato tecnológico e seu funcionamento podem facilitar a aprendizagem de ondas sonoras? Para respondê-la uma sequência didática foi construída na forma de uma situação-problema – uma situação adidática segundo a Teoria das Situações Didáticas desenvolvida por Brousseau. A sequência didática constou de duas partes, uma experimental construída na forma de situação-problema e outra com textos para leitura e interpretação. A situação-problema se refere a um casal que foi sequestrado e mantido em um cativeiro em cômodos separados. Os alunos foram desafiados a propor soluções para que o casal pudesse se comunicar e pedir socorro para alguém fora da casa sem despertar a atenção dos sequestradores. Os textos foram propostos com o objetivo de conhecer a opinião dos alunos em relação ao uso do artefato tecnológico, o telefone. A realização da sequência contribuiu satisfatoriamente para que os alunos obtivessem a solução desse desafio, validando a proposta. As situações adidáticas se ajustam muito bem ao ensino de Física e contribuem para despertar no aluno o interesse e a motivação necessários para a construção de novos conhecimentos.

Palavras-chaves:

aprendizagem ondas sonoras situação adidática Engenharia Didática

ABSTRACT

The objective of the research was to investigate the influence of the working principle of the telephone in the learning of sound waves by the means of adidactical situation. The object of investigation is related to **procedures for the learning of sound waves**. The employed methodology to organize the steps of investigation is the so called Didactical Engineering, used to answer the following research question: The use of the telephone as an technological artifact and its working may easy the learning of sound waves? To answer it, a didactical sequence was built in the form of a problem-situation – an adidactical situation based upon the Theory of Didactical Situations developed by Brousseau. The didactical sequence was divided in two parts, one experimental, built in the form of a problem-situation, and the other with texts for reading and interpretation. The problem-situation is the following: a couple was kidnapped and held in captivity in separate rooms. The students were challenged to propose solutions in order to allow the couple to communicate and ask for help to someone outside the house without being noticed by the kidnappers. The texts were proposed with the aim of knowing the opinion of the students about the use of an tecnological artifact, the telephone. The realization of the sequence contributed satisfactorily for the students to obtain the solution to the challenge, validating the proposal. The adidactical situations fit well to the teaching of physics and contribute to awake the student to the necessary motivation and interest for the construction of new knowledgment.

Keywords:

learning sound waves adidactical situation Didactical Engineering

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema didático.....	23
Figura 2 – Ilustração colorida da situação-problema.....	50
Figura 3 – Ilustração em preto e branco da situação-problema.....	51
Figura 4 – Sino feito com o cabide e barbantes.....	53
Figura 5 – Telefone com fio.....	56
Figura 6 – Sino feito com cabide e barbante.....	66
Figura 7 – Sino feito com cabide e barbante.....	99
Figura 8 – Sino com os fones.....	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Respostas do questionário inicial com informações e opiniões dos alunos.....	140
Tabela 2 – Tabelamento das respostas da questão 2.....	147
Tabela 3 – Tabelamento das respostas da questão 4.b.....	149
Tabela 4 – Tabelamento das respostas da questão 5.a.....	150
Tabela 5 – Tabelamento das respostas da questão 5.b.....	150
Tabela 6 - Afirmativas do opinário (anexo G) com as respostas dos alunos.....	224

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Critérios de classificação para as respostas.....	98
Quadro 2 – Critério de classificação das respostas das questões referentes ao texto 1.....	141

LISTA DE FOTOS

Foto 1 – Material da atividade 1: sino construído com um cabide e barbantes.....	52
Foto 2 – Material da atividade 2: telefones com fio.....	52
Foto 3 – Material da atividade 3: tubos acústicos.....	58
Foto 4 – Material da atividade 4: pedaço de madeira e tubo de papelão.....	60

LISTA DE ANEXOS

Anexo A – Roteiro da primeira parte da atividade experimental.....	170
Anexo B – Roteiro da segunda parte da atividade experimental.....	175
Anexo C – Roteiro dos textos para discussão.....	180
Anexo D – Pedido de autorização da escola.....	187
Anexo E – Termo de consentimento livre e esclarecido.....	188
Anexo F – Análise geral da atividade experimental da sequência.....	189
Anexo G – Opiniário.....	223
Anexo H – Tabela 6: Afirmativas do opinário com as respostas dos alunos.....	224

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	16
CAPÍTULO I – CONTEXTO DA PESQUISA.....	19
1.1 – Objeto de pesquisa.....	20
1.2 – Questão da investigação e objetivos da pesquisa.....	20
CAPÍTULO II – REFERENCIAL TEÓRICO.....	22
2.1 – Teoria das Situações Didáticas.....	22
2.1.1 – Situações Didáticas, Adidáticas e Não Didáticas.....	26
2.2 – A teoria das situações e a didática das disciplinas científicas.....	32
CAPÍTULO III – METODOLOGIA: ENGENHARIA DIDÁTICA.....	36
CAPÍTULO IV – ETAPAS DA PESQUISA.....	41
4.1 – Análises preliminares.....	41
4.1.1 – Levantamento da literatura associada ao nosso tema.....	41
4.2 – Análises <i>a priori</i>	46
4.2.1 – Análise <i>a priori</i> da atividade experimental da sequência didática....	48
4.2.2 – Testagem piloto da sequência.....	64
4.2.2.a – Análise por atividade e por grupo.....	65
4.2.2.b – Análise das observações e respostas referentes à primeira parte....	66
4.2.2.c – Análise das observações e respostas referentes à segunda parte....	69
4.2.2.d – Análise dos desafios.....	74
4.2.2.e – Comentários e considerações sobre a testagem piloto.....	76
4.2.2.f – Alterações na análise <i>a priori</i> em consequência da análise da testagem piloto.....	77
4.2.3 – Análise <i>a priori</i> da atividade com os textos.....	80
4.3 – Experimentação.....	88
CAPÍTULO V – ANÁLISE A POSTERIORI E VALIDAÇÃO.....	91
5.1 – Sequência Didática: Análise da Atividade Experimental.....	91
5.1.1 – Análise Geral das Respostas dos Alunos ao Desafio.....	92
5.1.2 – Análise das Respostas dos Três Alunos.....	97
5.1.2.a – Análise do aluno 11.2.....	98
5.1.2.b – Análise do aluno 2.2.....	114
5.1.2.c – Análise do aluno 5.2.....	126

5.2 – Sequência Didática: Análise dos textos de leitura e interpretação.....	138
CAPÍTULO VI – INSTITUCIONALIZAÇÃO.....	152
CAPÍTULO VII – ANÁLISE DO OPINÁRIO.....	158
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	161
ANEXOS.....	169
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	225

INTRODUÇÃO

A educação de crianças e jovens no nosso país sempre foi e ainda é motivo de grande preocupação e inquietação a todos que desejam viver numa sociedade melhor e mais justa. A construção desta sociedade passa necessariamente pela formação de um cidadão consciente e possuidor de conhecimento. Mesmo com todo avanço tecnológico e recursos cada vez mais disponíveis, inclusive com salas de informática na maioria das escolas, percebemos que alguns problemas relacionados com o processo ensino-aprendizagem continuam existindo. Independentemente dos recursos usados, a construção do conhecimento só acontece quando o aluno se envolve e consegue ver sentido no que está aprendendo.

Acreditamos que uma nova proposta envolvendo o aluno e atribuindo a ele a responsabilidade de, por exemplo, resolver um desafio, pode motivá-lo e assim, por meio da sua ação, construir novos conhecimentos. Não apenas o conhecimento científico, mas também a contextualização social e histórica pode dar significado ao novo saber.

Por acreditar nestas ideias apresentamos uma proposta para investigar os procedimentos de aprendizagem dos alunos e, além disso, verificar se a mesma facilita a aprendizagem de ondas sonoras, considerando que este conteúdo, do ponto de vista da Física, tem uma formalização matemática bastante complexa para este nível. Este trabalho se fundamenta na Teoria das Situações Didáticas desenvolvida por Guy Brousseau. Escolhemos esta teoria porque ela apresenta uma proposta que permite que o aluno construa o conhecimento ao assumir a responsabilidade do problema proposto pelo professor, agindo e interagindo sobre o meio, construindo a aprendizagem esperada à medida que se adapta a este meio.

Nesta dissertação apresentamos a investigação na qual desenvolvemos uma sequência didática que trata de conceitos introdutórios sobre a propagação do som, mostrando a sua aplicação e os resultados obtidos, dividida da seguinte forma:

No capítulo I apresentamos o contexto da pesquisa, o objeto de investigação, os objetivos estabelecidos e a relação entre os objetivos da pesquisa com a questão fundamental da investigação.

O referencial adotado será desenvolvido no capítulo II. Como foi citado anteriormente, o referencial teórico da pesquisa é a Teoria das Situações Didáticas desenvolvida por Guy Brousseau que será utilizada para analisar os procedimentos que os alunos usam para a aprendizagem dos conceitos relacionados às ondas sonoras. Para o desenvolvimento das situações de aprendizagem utilizaremos um artefato tecnológico – o telefone, ou melhor, o seu princípio de funcionamento – como um elemento do meio didático que irá inicialmente contextualizar essas situações para dar um sentido àquilo que o estudante deverá aprender como modelo (teoria) em Física.

No capítulo III descrevemos a metodologia escolhida chamada Engenharia Didática. As quatro etapas desta metodologia organizaram todo o desenvolvimento da nossa investigação.

Os capítulos IV e V contêm as etapas da engenharia utilizada na investigação realizada.

Iniciamos o capítulo IV com a etapa denominada análises preliminares, na qual apresentamos o levantamento da literatura relacionada com o conteúdo de ondas sonoras. Depois passamos para a etapa chamada análise a priori, na qual escolhemos as variáveis que foram trabalhadas, construímos e testamos a sequência didática e apresentamos a análise desta testagem piloto. Esta análise foi confrontada com a descrição e previsão do que poderia acontecer durante a engenharia. Com estes resultados, preparamos a sequência para a etapa seguinte, denominada experimentação, na qual descrevemos a aplicação da sequência definitiva em uma turma de alunos da 2ª série do Ensino Médio, numa escola estadual na periferia da cidade.

Com o material produzido pelos alunos, passamos para a quarta etapa da metodologia, a análise a posteriori e validação, que abordamos no capítulo V.

Discutimos e analisamos as respostas dadas pelos alunos à luz dos referenciais que adotamos para identificarmos os procedimentos de aprendizagem destes ao analisar todas as atividades desenvolvidas por eles proposta na sequência didática. Com a resolução das questões solicitadas inicialmente na forma de desafio, evidenciamos elementos para a validação da situação de aprendizagem proposta, pois a solução do problema é a prova da construção do novo conhecimento pelo aluno.

No capítulo VI apresentamos a Institucionalização, realizada após a experimentação, etapa em que o professor discute com os alunos os novos conhecimentos a serem apreendidos, generalizando o conhecimento que inicialmente foi trabalhado em uma situação particular.

Apesar de termos seguido uma ordem na apresentação das etapas da metodologia adotada, elas não devem ou precisam ser seguidas desta forma, pois, dependendo do andamento da investigação, é possível fazer correções e reavaliar as análises, isto é, retornar a uma outra etapa. Esta possibilidade de transitar entre as etapas é uma característica da Engenharia Didática que a torna mais rica e interessante.

No capítulo VII apresentamos a análise de um opinário respondido pelos alunos, que foi solicitado com o objetivo de conhecer a opinião deles em relação à atividade realizada.

Terminamos com as considerações finais do trabalho, nas quais mostramos os resultados mais relevantes da pesquisa e apresentamos sugestões para novas investigações que surgiram neste período e que não puderam ser desenvolvidas.

CAPÍTULO I – CONTEXTO DA PESQUISA

A minha trajetória como professora de Física começou enquanto ainda estava cursando a faculdade. Desde o início foi fácil perceber as dificuldades em trabalhar esta disciplina, inclusive em função do estereótipo de “terrível” que ela carrega. Muitos alunos nunca estudaram Física, mas já sabem que é uma matéria muito difícil. Esta questão sempre me inquietou, não por considerá-la muito fácil, mas e as outras matérias? Será que também não apresentam dificuldades aos alunos? Pensando nestas questões sempre tentei entender porque as matérias da área de exatas, principalmente a Física e a Matemática, se apresentam quase incompreensíveis para muitos alunos.

Sempre procurei participar de grupos de estudos com colegas tentando entender as dificuldades dos alunos em relação à disciplina e planejando atividades, especialmente experimentais, que facilitassem a construção do conhecimento.

A vontade de estudar e compreender melhor os processos de ensino e aprendizagem me conduziram ao Mestrado em Educação, pois acho importante conhecer a estrutura das teorias de aprendizagem bem como o que os educadores têm feito junto a escola e com os alunos no sentido de melhorar a relação ensino-aprendizagem.

Antes de iniciar o mestrado, lecionei por mais de 15 anos e algumas inquietações do início da minha carreira ainda permanecem, mas acho que agora consigo ver novas possibilidades para agir e interagir com os alunos.

Logo que comecei a cursar algumas disciplinas do mestrado como aluna especial, tive a oportunidade de conhecer algumas das teorias da didática francesa e entre elas a teoria e a metodologia que usamos nesta pesquisa. Ambas, a Teoria das Situações Didáticas (BROUSSEAU, 1986) e a Engenharia Didática (ARTIGUE, 1990), tiveram sua origem na Didática da Matemática, mas se mostraram muito adequadas para conduzir a nossa pesquisa.

1.1 –Objeto de pesquisa

A escolha do conteúdo que trabalhamos com os alunos – ondas sonoras – foi feita em função da sua importância e presença constante na nossa vida, desde a comunicação entre pessoas, no lazer, etc, até sua aplicação nas áreas médica e científica. Mesmo assim, percebemos que este conteúdo é pouco explorado, inclusive pelos livros didáticos, ficando muitas vezes relegado a um segundo plano. Além disso, alguns livros apresentam distorções conceituais quando a intenção é simplificar o conteúdo, como mostra o artigo de Medeiros e Monteiro (1998, p. 1-14). Em função disto, o objeto de investigação da nossa pesquisa trata dos **procedimentos de aprendizagem de ondas sonoras.**

Os novos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) sugerem a contextualização e a aproximação dos conteúdos que devem ser trabalhados pelo professor com a realidade do aluno – Física do cotidiano. Partindo da ideia de associar o conteúdo com a vivência dos estudantes, pretendemos usar um artefato tecnológico – o telefone, ou melhor, os princípios de funcionamento deste aparelho – como elemento do “meio didático”, que segundo a Teoria das Situações Didáticas (BROUSSEAU, 1986), é pela ação do meio didático que o aluno interage com o saber e o professor, que o auxiliará a construir os novos conhecimentos. Voltaremos a discutir esse assunto com mais detalhes no capítulo II. A escolha do telefone foi feita por ser este um objeto integrado ao dia-a-dia dos jovens.

1.2 - Questão da investigação e objetivos da pesquisa

Considerando-se a escassez de pesquisas que investigam os procedimentos de ensino e aprendizagem de ondas, com um recorte particular das ondas sonoras, e as orientações dos PCN, propusemos a seguinte questão de investigação:

O uso do telefone como artefato tecnológico e seu princípio de funcionamento podem facilitar a aprendizagem de ondas sonoras?

Para responder a questão de investigação da pesquisa, estabelecemos os seguintes objetivos:

- Investigar a partir de uma sequência didática a aprendizagem de ondas sonoras usando os princípios de funcionamento de um artefato tecnológico: o telefone.
- Preparar a sequência didática usando artefatos e atividades experimentais acessíveis à sala de aula.
- Investigar as opiniões dos alunos sobre o uso do telefone nos dias atuais.

A ideia fundamental é elaborar uma sequência didática que leve o aluno à aprendizagem do conteúdo escolhido, alguns conceitos básicos sobre propagação de ondas sonoras, e permita identificar os procedimentos de aprendizagem do aluno durante a sua realização. A sequência didática visa à aprendizagem de um conteúdo específico, mas também tem a intenção de discutir alguns temas polêmicos que envolvam o artefato cujo princípio de funcionamento foi usado na elaboração das atividades experimentais. Deste modo poderemos voltar à questão de investigação e verificar se a aprendizagem esperada foi facilitada.

CAPÍTULO II – REFERENCIAL TEÓRICO

Atualmente há um princípio associado às concepções de ensino-aprendizagem que é consenso entre educadores: o aluno deve participar ativamente do processo de construção do conhecimento. Baseados nesse princípio procuramos um referencial que colocasse o aluno como ator central do processo de construção do conhecimento, mas que também nos ajudasse na análise dos dados produzidos pelos alunos durante as atividades, pois o objeto da pesquisa está associado aos procedimentos de aprendizagem de um determinado conteúdo de Física.

Escolhemos como referenciais teóricos os pressupostos da didática da Ciência e da Matemática elaborada na França, que consideram fundamental saber como o aluno participa do processo de aprendizagem. Independentemente do autor e da escola escolhida, o trabalho da didática das Ciências consiste em encontrar possíveis mecanismos que levem o aluno a um progresso intelectual que se baseia na evolução das estruturas cognitivas que ele já possui no início do processo e nas rupturas epistemológicas que vão conduzi-lo à aprendizagem. (ASTOLFI; DEVELAY, 1991, p. 75-76).

2.1 Teoria das Situações Didáticas

O nosso trabalho, particularmente, foi embasado na Teoria das Situações Didáticas, desenvolvida na França por Guy Brousseau (1986). Esta teoria iniciou com o objetivo de compreender como o ensino de Matemática poderia ser melhorado, para tornar mais efetiva a construção de novos conhecimentos nesta disciplina. Ao longo do tempo se transformou numa das principais teorias da didática da Matemática¹. Essa teoria também tem sido usada em outras disciplinas

¹ Segundo Régine Douady: “A Didática da Matemática estuda os processos de transmissão e de aquisição dos diferentes conteúdos desta ciência, particularmente numa situação escolar ou universitária. Ela se propõe a descrever e explicar os fenômenos relativos às relações entre seu ensino e sua aprendizagem. Ela não se reduz a pesquisar uma boa maneira de ensinar uma determinada noção particular”. (DOUADY apud PAIS, 1999, p.10-11). Portanto, a Didática da Matemática é bem mais que um conjunto de regras para melhorar o ensino de determinado conteúdo em sala de aula.

com as devidas adaptações em função das especificidades dos seus campos de conhecimento, como veremos mais adiante.

Inicialmente discutiremos os pressupostos desta teoria e como ela se aplica no campo da didática da Matemática.

A Teoria das Situações procura compreender como a aprendizagem ocorre e qual é a relação entre os elementos do sistema didático, constituído pelo professor, aluno e saber. A interação entre esses elementos é realizada pelo meio didático, como mostra o esquema da figura 1.

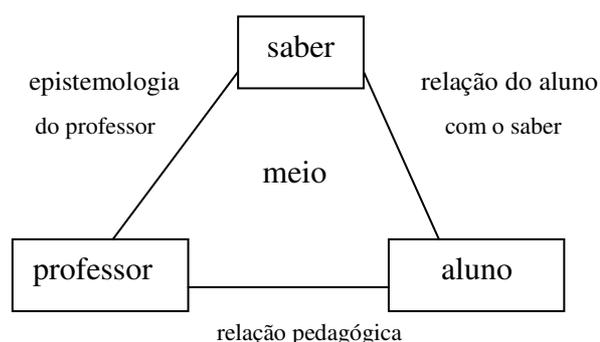


Figura 1 – Sistema didático (HENRY, 1992, p.2 apud PARANHOS, 2005, p.15)

Vamos analisar como Brousseau (1986) discute estes elementos do sistema didático e as suas implicações de acordo com a sua teoria.

Nesta teoria, o professor tem a função de propor atividades, simular situações e sugerir bons problemas além de fornecer os meios necessários para que os alunos construam seu próprio conhecimento. Este conhecimento que deve ser apreendido pelos alunos percorre um longo caminho antes de chegar à sala de aula. Faremos uma brevíssima discussão desse processo a fim de justificar o papel que a Teoria de Brousseau atribui ao professor.

O corpo de conhecimentos das Ciências e da Matemática começa com o trabalho de pesquisa do cientista. Este saber, elaborado pelo cientista, passa por um “filtro”, no qual são eliminados os erros, angústias e reflexões considerados desnecessários até chegar a um resultado final que é um novo saber. Este conhecimento obtido deve ser despersonalizado, descontextualizado e

destemporalizado o máximo possível. Além de eliminar os caminhos inúteis e desnecessários na construção de determinado saber, o cientista também determina o que deve ser comunicado à comunidade científica.

O processo que determina a partir do conhecimento elaborado pelo cientista ou matemático o que deve ser ensinado ao aluno é chamado Transposição Didática. Para Chevallard:

Um conteúdo do conhecimento, tendo sido designado como saber a ensinar, sofre então um conjunto de transformações adaptativas que vão torná-lo apto a tomar lugar entre os “objetos de ensino”. O “trabalho” que, de um objeto de saber a ensinar faz um objeto de ensino, é chamado de transposição didática. (CHEVALLARD, 1991, p.39 apud PAIS, 1999, p. 16).

Segundo Brousseau (1986, p.38), cabe ao professor fazer o caminho inverso do cientista, re-contextualizando e re-personalizando estes conhecimentos que serão trabalhados em sala de aula juntamente com os alunos. Para que esse caminho seja reconstruído, o professor deve elaborar questões e preparar situações que levem os alunos a resolver problemas.

Para Brousseau:

[...] encontrar boas perguntas é tão importante quanto encontrar soluções. Uma boa reprodução por parte do aluno de uma atividade científica exigiria do aluno que ele aja, formule, prove, construa modelos, [...]. Para tornar possível tal atividade, o professor deve imaginar e propor aos alunos situações que eles possam viver e nas quais os conhecimentos vão aparecer como a solução ótima² e possível de ser descoberta nos problemas propostos. (1986, p. 37-38, tradução nossa).

O professor deve efetuar a chamada **devolução** de um problema, que consiste na transferência de responsabilidade da resolução deste pelo aluno não de forma imposta, mas agindo como se o problema fosse seu. O conceito de devolução é muito importante nesta teoria e será discutido posteriormente. Se o aluno aceita o

² Uma solução ótima é aquela que leva o aluno a responder corretamente o problema e a adquirir o conhecimento desejado.

desafio para si de resolver o problema e obtém sucesso na tarefa, considera-se que ocorreu a aprendizagem do conteúdo.

Os alunos, por sua vez, devem aprender num curto intervalo de tempo uma ideia ou conteúdo que os cientistas levaram eventualmente um longo tempo para desenvolver e amadurecer estes novos saberes. Para efetivar essa nova condição de aprendizagem, o professor deverá criar situações de desequilíbrio em que um problema será apresentado ao aluno, proporcionando um ambiente de pesquisa em sala de aula (reproduzindo parcialmente os passos dos cientistas). De acordo com Brousseau (1986) é por meio da resolução do problema que o aluno adquirirá novos conhecimentos e poderá provar que o novo conhecimento foi apreendido.

O conteúdo apresentado deve estar vinculado à realidade e/ou às práticas sociais de referência³, tendo como questão fundamental o modo como este conhecimento será apresentado ao aluno para que ele associe um sentido real e verdadeiro ao novo saber.

Esta ideia de construção do próprio conhecimento está relacionada à construção do sentido de uma noção matemática pelo aluno:

O sentido de uma noção não se pode dar ao aluno; ele deve construí-lo dentro de um conjunto de problemas de modo que ela funcione de uma maneira mais ou menos local...Uma noção apreendida é somente utilizável na medida em que ela é relacionada a outras, estas ligações constituindo sua significação, sua etiqueta, seu método de ativação. Mas ela é somente apreendida na medida que ela é usável e usada efetivamente, isto é, somente se ela é uma solução de um problema. (BROUSSEAU, 1983 apud GOBARA, 1999, p. 69, tradução nossa).

O aluno vai agir e interagir com o meio para construir um novo conhecimento. O meio é o sistema que se opõe e desequilibra as ideias e conceitos que o aluno possui. De acordo com Brousseau (1998, p. 32, tradução nossa): “em uma situação de ação, chamamos “meio” tudo o que age sobre o aluno ou sobre o que o aluno age.”

³ Práticas sociais de referência (PIETROCOLA; RODRIGUES; GURGEL, 2005, p. 6): conceito introduzido por Martinand e se refere às influências do cotidiano (práticas industriais, artesanais, culturais, domésticas, etc) no saber a ser ensinado em sala de aula.

O professor cria situações que vão levar o aluno a construir novos saberes provocando mudanças no meio. Ele prepara o meio material que, juntamente com o conhecimento que o aluno já possui, vão levá-lo a se adaptar às situações apresentadas, possibilitando a aprendizagem desejada. Pois, segundo Brousseau: “o aluno aprende adaptando-se a um meio que é fator de contradições, dificuldades, desequilíbrios, um pouco como faz a sociedade humana. Este saber, fruto da adaptação do aluno, manifesta-se na forma de novas respostas, que são provas da aprendizagem.” (1986, p. 48-49, tradução nossa).

2.1.1 Situações Didáticas, Adidáticas e Não Didáticas

O conjunto de problemas ou atividades apresentadas pelo professor são as situações vividas em sala de aula pelos alunos, que podem ser, segundo Brousseau, didáticas, adidáticas ou mesmo não didáticas.

Uma situação didática é um conjunto de relações estabelecidas explicitamente e ou implicitamente entre um aluno ou um grupo de alunos num certo meio, compreendendo eventualmente instrumentos e objetos, e um sistema educativo (o professor) com a finalidade de possibilitar a estes alunos um saber constituído ou em vias de constituição...o trabalho do aluno deveria, pelo menos em parte, reproduzir características de trabalho científico propriamente dito, como garantia de uma construção efetiva de conhecimentos pertinentes. (BROUSSEAU, 1986 apud FREITAS, 1999, p.67).

Numa situação não didática não existe planejamento algum com o objetivo que o aluno aprenda. É a forma como aprendemos no nosso dia-a-dia, sem estrutura ou planejamento.

De acordo com Brousseau, a nova concepção moderna de ensino baseada no construtivismo sugere que o professor deve proporcionar meios para que o aluno possa realizar as adaptações desejadas em função dos problemas que ele propõe a este. Os problemas ao serem elaborados pelo professor devem levar os alunos a refletir e agir por si mesmos. Não existe a intenção explícita de ensinar por parte do professor e o aluno não sabe claramente os objetivos didáticos. Do momento em que o aluno aceita o problema como seu até o momento em que o resolve, o professor não deve intervir na solução deste, caracterizando uma situação adidática.

O aluno sabe bem que o problema foi escolhido para fazê-lo adquirir um novo conhecimento, mas ele deve também saber que este conhecimento está inteiramente justificado pela lógica interna da situação e que pode construí-lo sem relacionar com as razões didáticas. Ele, não só pode fazê-lo como deve, pois ele somente terá verdadeiramente adquirido este conhecimento quando for capaz de colocá-lo em prática em situações que encontrará fora do contexto de ensino e na ausência de toda indicação intencional. Tal situação é chamada situação adidática. (BROUSSEAU, 1986, p. 49, tradução nossa).

A situação adidática deve ser construída de modo que o aluno tenha condições de construir, trabalhando de forma independente e usando seus conhecimentos prévios e seguindo as etapas da sequência, o novo conhecimento sem a ajuda direta do professor. Caso a solução inicial dada pelo aluno para resolver o problema proposto seja a desejada pelo professor, obtida apenas com o uso de seus conhecimentos prévios, se faz desnecessária a realização da sequência. O professor tem a função de contextualizar este saber a ser ensinado e, ao apresentar o problema ao aluno, instigar neste o interesse que vai provocar a investigação e a resolução da situação proposta, resultando na aprendizagem do novo conhecimento.

Segundo Bittar⁴, as condições para que uma situação possa ser considerada adidática são:

- O aluno pode pensar numa resposta inicial (procedimento de base que é relativo aos saberes e conhecimentos anteriores), porém essa não é a resposta desejada, caso contrário não seria uma situação de aprendizagem.
- Esse procedimento de base deve se mostrar rapidamente insuficiente ou ineficaz para que o aluno seja obrigado a realizar acomodações, modificações de seu sistema de conhecimento. Há incerteza do aluno quanto às decisões a tomar.
- O conhecimento visado é, a priori, indispensável para passar da estratégia de base à estratégia “ótima”.
- Existe um “meio” para validação: o meio permite retroações.
- O jogo pode ser “repetido” ou re-investido.

O aluno, ao longo da sequência, vai construindo as chamadas *estratégias ótimas* durante as atividades propostas. Na situação adidática elaborada na nossa pesquisa, o meio permite ao aluno realizar *retroações*, ou seja, é possível repetir determinada atividade ao perceber que a resposta não está adequada ou está errada

⁴ Disponível em:

<<http://www.dmt.ufms.br/Mestrado/2007/Documentos/Did%E1tica/Teoria%20das%20Situa%E7%F5es.ppt#1>>. Acesso em: 13/09/2008.

ao responder alguma questão. Na teoria das situações, o conceito de *retroações*, numa situação adidática, significa que o meio oferece condições ao aluno de reavaliar a atividade que ele está fazendo. Corresponde a uma noção de feed-back para que o aluno reavalie a sua ação com a possibilidade de corrigir e refazer suas estratégias, visando sempre à solução do problema proposto.

Numa situação didática, a postura adotada pelo professor é tal que ele tem a intenção de ensinar e está habituado a dar respostas. Numa situação adidática a postura do professor é diferenciada desta última de tal forma que ele deve propor um problema. Como já havíamos comentado, segundo Brousseau, o professor deve devolver e não dar a resposta de um bom problema ao aluno, caracterizando o conceito de devolução:

Processo pelo qual o professor dentro da situação didática coloca o aluno como sujeito ativo numa situação adidática (para um modelo não didático). Ele procura fazer com que a ação do aluno seja produzida e justificada somente pelas necessidades do meio e pelos seus conhecimentos e não pela interpretação dos procedimentos didáticos do professor. A devolução consiste para o professor não somente propor ao aluno uma situação que deve proporcionar nele uma atividade não convencional, mas também para fazer com que ele se sinta responsável pela obtenção do resultado proposto e que ele aceite a ideia que a solução depende somente da utilização dos conhecimentos que ele já possui. [...] É porque a devolução cria uma responsabilidade, mas não uma culpabilidade no caso de falha. (BROUSSEAU⁵, tradução nossa).

Também nas suas eventuais intervenções ao longo das atividades, o professor não deve responder diretamente as perguntas dos alunos, mas sim devolvê-las, usando a chamada a *abordagem socrática*, valorizando os seus conhecimentos prévios que deverão surgir na forma de “boas questões” elaboradas pelo professor.

Segundo Chauí (2002, p.188): “Diferentemente dos sofistas, Sócrates não se apresenta como professor. Pergunta, não responde. Indaga, não ensina. Não faz preleções, mas introduz o diálogo como forma da busca da verdade.” Sócrates comparava este processo com a atividade de parteira da sua mãe, que ajudava mulheres a parir seus filhos. Ele não fornecia o conhecimento, mas ajudava seus discípulos a ter consciência de seus próprios conhecimentos e inteligência. Assim

⁵ Disponível em: < http://pagesperso-orange.fr/daest/guy-brousseau/textes/Glossaire_Brousseau.pdf>. Acesso em: 20/09/2008.

como Sócrates, a teoria de Brousseau propõe que o professor não forneça respostas prontas para os alunos, mas que por meio de situações adidáticas o próprio aluno construa e encontre respostas para o seu problema.

Relacionada à devolução de um problema temos outro conceito importante, o *contrato didático*:

É o conjunto de obrigações recíprocas e de “sanções” que cada participante da situação didática impõe ou crê impor, explicitamente ou implicitamente, aos outros e aquelas que lhe são impostas ou que ele crê que lhe são impostas em relação ao conhecimento em questão. O contrato didático é o resultado de uma “negociação” frequentemente implícita das modalidades de relações estabelecidas entre um aluno ou um grupo de alunos, um certo meio e um sistema educativo. Pode-se considerar que as obrigações do professor em relação à sociedade que lhe delega sua legitimidade didática são também uma parte determinante do “contrato didático”. (BROUSSEAU⁶, tradução nossa).

Segundo Astolfi e Develay (1991, p.72): “A noção de *contrato didático* descreve as regras implícitas que regem – no sistema constituído pelo docente, o aluno e o objeto de aprendizagem – a partilha das responsabilidades de cada um dos dois parceiros que são relevantes para o outro”. Para Brousseau (1986), o que interessa dentro do que ele chamou contrato didático é a parte que se refere especificamente ao conteúdo.

Analisando a relação entre o contrato didático e a devolução que deve ser feita pelo professor, Tsoumpelis (1993, p. 51, tradução nossa) afirma que:

O professor faz a *devolução das situações a-didáticas* nas quais o aluno aprende por interação com o *meio*. A situação a-didática funciona graças ao *contrato didático* que se estabelece entre o professor e o aluno. Ao mesmo tempo a *construção do sentido* dos conceitos se efetua por *rupturas do contrato didático* segundo o qual o professor deveria dar ao aluno todos os meios (os métodos) para resolver o problema.

O conhecimento que se pretende que o aluno aprenda deverá ser usado para resolver os conflitos que surgem nas chamadas “rupturas” do contrato, fazendo com que ocorra a aprendizagem (SILVA, 1999). Por exemplo, o professor sempre

⁶ Disponível em: < http://pagesperso-orange.fr/daest/guy-brousseau/textes/Glossaire_Brousseau.pdf>. Acesso em: 20/09/2008.

procede da mesma forma durante a aula, apresentando o conteúdo novo e, em seguida, solicita que os alunos resolvam problemas similares aos exemplos feitos por ele. O aluno entende o que o professor quer que ele faça, distinguindo o que é relevante ou não para este. Neste caso, trata-se de um contrato em que a “obediência cega condenaria a relação didática ao fracasso” (CHEVALLARD, 2001, p 219). Até que em um determinado dia ele resolve mudar a aula de modo que os alunos tenham que assumir a responsabilidade da resolução de um determinado problema. Provavelmente alguns alunos não vão gostar ou mesmo podem não entender o que o professor quer que eles façam. Neste caso surge uma ruptura do contrato estabelecido entre professor e aluno e uma renegociação se faz necessária para que o trabalho continue.

Embora seja chamado *contrato* porque estabelece obrigações entre os participantes do sistema considerado, para Brousseau:

O contrato didático não é de fato um verdadeiro contrato porque ele não é explícito, nem livremente consentido, e porque nem as condições de ruptura, nem as sanções podem ser dadas antes, pois a sua natureza didática, aquela que importa, depende de um conhecimento ainda desconhecido dos alunos. (BROUSSEAU⁷, tradução nossa).

Em relação às rupturas do contrato didático, Chevallard (2001, p. 219-220) afirma:

No entanto, no momento das rupturas é como se um verdadeiro contrato implícito unisse o professor e o aluno: surpresa e revolta do aluno, que não sabe resolver o problema, e surpresa também do professor, que considera seus serviços prestados razoavelmente suficientes. Produz-se, assim, uma crise, que origina a renegociação e busca de um novo contrato em função dos novos conhecimentos adquiridos ou, pelo menos, apontados.

Associada às situações adidáticas, a fim de descrever as ações dos alunos ao longo da resolução de um problema, Brousseau (FREITAS, 1999, p. 77-83) propôs a seguinte tipologia de situações:

⁷ Disponível em: < http://pagesperso-orange.fr/daest/guy-brousseau/textes/Glossaire_Brousseau.pdf>. Acesso em: 20/09/2008.

- **situações de ação:** a solução de um problema ocorre na forma de ações diretas e o conhecimento produzido pelo aluno tem uma função prática e operacional. Predomina o aspecto experimental do conhecimento. O aluno resolve um problema de forma intuitiva sem explicitar modelos ou teorias que o levaram a este resultado.
- **situações de formulação:** o aluno utiliza modelos ou esquemas teóricos explícitos e mais elaborados na resolução do problema. Existe a intenção implícita de verificar se o modelo construído resolve corretamente o problema.
- **situações de validação:** o aluno utiliza mecanismos de prova em busca da comprovação ou rejeição do modelo ou teoria construído por ele no processo de aprendizagem.

Esta divisão de situações faz parte dos procedimentos dos alunos que são identificados pelo professor (ou pesquisador) e serve para facilitar a compreensão do processo de construção do conhecimento, sendo que elas se entrelaçam fortemente umas às outras. Brousseau esclarece que estas três categorias têm a finalidade de analisar os aspectos fundamentais do processo da aprendizagem.

Podemos compreender melhor essa tipologia das situações por meio da análise de uma situação-problema, no exemplo a seguir proposto na forma de uma atividade experimental, para a disciplina de Física do Ensino Médio (PIUBÉLI; GOBARA, 2004, p. 53-59). Inicialmente, é apresentado o seguinte problema aos alunos: “Como um grupo de pescadores pode usar a rede elétrica de um acampamento, cuja tensão é 220V, sendo que as lâmpadas que eles levaram têm as seguintes especificações: 60W-110V, sem que elas se queimem?”

A impossibilidade de uma solução imediata deverá provocar contradições e desequilíbrios nas concepções dos alunos relacionadas ao conteúdo envolvido. Eles se deparam com um problema aparentemente sem solução, pois na concepção deles a lâmpada que deve ser submetida a uma tensão de 110 V vai queimar ao ser ligada a uma tensão de 220V. Este é um problema cuja solução faz sentido e é relevante na vida dos alunos, instigando-os a resolvê-lo. Na busca de uma solução, os alunos passam pelas situações de ação, formulação e validação, que não se apresentam necessariamente nesta ordem e estão relacionadas entre si. Seguem abaixo, algumas das situações que os alunos passaram para resolver o problema colocado.

Situação de ação: os alunos inicialmente realizam algumas atividades experimentais testando vários circuitos simples com diferentes associações de lâmpadas em série e em paralelo bem como associações de pilhas. Nesta etapa as ações dos alunos são práticas e diretas sobre o material disponível e são feitas observações após cada circuito montado. Os circuitos montados são as diferentes estratégias que os alunos testam para formular uma possível solução ao problema proposto.

Situação de formulação: em seguida eles respondem várias questões relativas ao experimento realizado, aplicando um modelo ou esquema, justificando os fatos observados. Nesta fase, os alunos buscam criar modelos que facilitem a compreensão do que foi observado para solucionar a questão colocada inicialmente pela situação-problema.

Situação de validação: neste momento os alunos voltam à questão proposta no início da atividade do acampamento e ao respondê-la, eles verificam os modelos e esquemas construídos.

Um outro conceito importante na Teoria das Situações Didática é a Institucionalização. Após a realização da atividade (situações de ação, formulação e validação), o professor volta a assumir a sala de aula e inicia um outro momento chamado Situação de Institucionalização. Agora a situação volta a ser didática devido à interferência do professor. Ele tem a função de estabelecer o caráter universal do conhecimento (inicialmente contextualizado numa situação particular ligada a realidade do aluno), na forma de discussão coletiva das ações, formulações e validações produzidas pelos alunos, generalizando para um modelo teórico aceito pela comunidade científica. É neste momento que ocorre a generalização do conhecimento.

2.2 A teoria das situações e a didática das disciplinas científicas

Embora a teoria das situações didáticas seja adequada a nossa proposta, devemos ter em mente a necessidade de adaptá-la à didática das Ciências, pois, o conhecimento matemático, portanto, seu objeto, é diferente do conhecimento das

ciências. Astolfi e Develay (1991, p. 28), por exemplo, observam em relação à origem da didática das Ciências que “o objetivo das ciências é uma descrição tão exata quanto possível dos fatos (observados ou produzidos experimentalmente).” Já, “[...] os matemáticos ou a lógica se desenvolvem sem se preocupar em propor uma representação do real”, o que evidencia uma diferença fundamental entre essas duas áreas de conhecimento pois, “[...] as ciências da natureza elaboram conceitos que se organizam em sistemas conceituais para explicar realidades existentes.”(Ibid., p. 28).

Esses autores, afirmam ainda que (Ibid., p. 31), os conceitos científicos se diferenciam dos conceitos matemáticos, pois enquanto “o matemático constrói seus próprios objetos”, “o físico ou o biólogo leva em conta um real que preexiste e que resiste, e que ele vai procurar explicar.” Sendo assim, um conceito científico tem um campo explicativo que exige uma delimitação, indicando os limites da sua validade.

Quanto à construção dos conceitos científicos, Wallon (Ibid., p. 46) distingue duas modalidades: a representação e a explicação. Segundo ele, enquanto a *representação* organiza os dados da percepção e da ação por meio de critérios organizadores sistemáticos e se restringe ao plano experimental, a *explicação* constrói e usa modelos ou teorias para dar significado a um fenômeno ou a uma observação. Ainda segundo o autor, se usam ambos, a representação e a explicação, associados para resolver uma questão ou desafio.

Do ponto de vista da aprendizagem, a iniciação experimental em Ciências deve ser pensada de forma interativa, em que o método usado no trabalho científico deve ser escolhido de acordo com o objetivo do estudo (Ibid., p. 85).

Considerando a diferença entre o objeto da Matemática e das Ciências, a teoria das situações tem sido usada na didática das Ciências, mas com algumas adaptações que são necessárias às especificidades das Ciências. Segundo Tsoumpelis (1993, p. 50, tradução nossa), que usou a teoria das situações na sua pesquisa em didática das disciplinas científicas, a especificidade de uma disciplina “[...] somente pode ser definida com referência à epistemologia, à história e à filosofia da ciência”, sendo necessário também considerar a interação entre esta

disciplina e os procedimentos de aprendizagem do aluno, ou seja, “o aluno como “sujeito aprendiz da matemática”, ou das “ciências físicas”, ou da “biologia”, etc.”

Tsoumpelis (1993) desenvolveu uma tese, cujo título é “Explicação e modelos dentro das situações adidáticas em Ciências Físicas: o caso da concentração molar”, na qual ele discutiu o uso desta teoria e sua adaptação para a didática das Ciências.

Para diferenciar o uso desta teoria da didática da Matemática, Tsoumpelis relata na atividade proposta no seu trabalho uma etapa de observação da atividade experimental, na qual os alunos não manipulam objetos ou dispositivos, apenas observam a demonstração do professor.

De acordo com este autor, o aluno inicia construindo uma representação do fenômeno observado fundamentado de acordo com o seu modo de raciocínio. Juntamente com esta representação está toda a vivência e a bagagem dele e, a partir daí ele elabora as explicações que apresentam características de hipóteses (primeira etapa da modelização). O aluno, dentro da situação adidática, passa para uma etapa de predição na qual ele elabora modelos explicativos (segunda etapa de modelização). Os modelos explicativos dos fenômenos observados serão confirmados ou rejeitados em comparação com as várias predições testadas. Na sua tese, por exemplo, o trabalho foi realizado no sentido de estabelecer uma lei que rege o fenômeno da osmose por meio dos modelos criados e testados pelos alunos.

O aluno propõe, então, uma teoria elementar dos fenômenos estudados de acordo com os acertos das suas predições, independentemente desta teoria estar cientificamente correta ou não. Ao se dar conta que o modelo da teoria não funciona, o aluno poderá: mantê-lo mesmo com suas falhas, descartá-lo para ser substituído por outro melhor ou modificá-lo em função das falhas apresentadas.

Resumindo, as representações e explicações elaboradas pelos alunos têm papel fundamental na elaboração de hipóteses que serão testadas ao longo da atividade. Tsoumpelis considera que a situação de predição é específica das ciências físicas: “Na situação adidática de predição propriamente dita observamos um

conjunto de atividades [...] de modelização. Os modelos ou as analogias mobilizadas para dar uma explicação do fenômeno são investidas ou confirmadas ao longo das predições sucessivas [...]”. (Ibid., p. 31).

Para o desenvolvimento da pesquisa utilizamos os princípios de funcionamento do telefone, que dentro de uma situação adidática deve levar o aluno à construção de modelos explicativos a partir das observações realizadas nos experimentos. Esta modelização e confirmação das predições elaboradas pelos alunos ao longo das atividades devem ajudá-los a apreender o conteúdo proposto – propagação de ondas sonoras. Ao superar as contradições e os desequilíbrios provocados pelo meio e solucionar o desafio, o aluno tem a prova de sua aprendizagem. Consideramos, portanto, que os procedimentos de aprendizagem, objeto da pesquisa, se manifestam nas ações e formulações evidenciadas pelos alunos durante a realização da sequência didática.

CAPÍTULO III – METODOLOGIA: ENGENHARIA DIDÁTICA

As ideias que resultaram na metodologia conhecida como Engenharia Didática surgiram a partir de estudos da Didática da Matemática, em meados de 1980. Este nome foi dado em função da comparação com a atividade desenvolvida por um engenheiro, que para realizar um bom trabalho tem que ir além do conhecimento científico associado a sua área, buscando soluções inovadoras, elaborando planejamento adequado visando atingir o objetivo do seu projeto e submetendo-se ao rigor do controle nas etapas deste projeto.

Trata-se de uma pesquisa qualitativa em que a metodologia escolhida foi a Engenharia Didática. A proposta desta pesquisa prevê o uso de uma sequência didática e as etapas da Engenharia Didática facilitam o desenvolvimento desta sequência e também a análise dos dados obtidos, se adaptando muito bem aos problemas relacionados à aprendizagem escolar. Além disso, as etapas desta metodologia têm sido aplicadas em outras áreas do conhecimento além da Matemática.

Para Michele Artigue (1990, p. 285-286, tradução nossa): “A Engenharia Didática, vista como uma metodologia de pesquisa, se caracteriza em primeiro lugar por um esquema experimental que se baseia nas “realizações didáticas” em sala de aula, desde a sua concepção, realização, observação e análise das sequências de ensino”.

Gravina (2001, p.100) afirma que na Engenharia Didática “se tem, de forma muito clara, a possibilidade de implementar investigação em que a *realização didática* torna-se fundamental na busca de respostas a questões relativas ao ensino e aprendizagem da matemática”.

Esta importância dada as “realizações didáticas” em sala de aula é o fator fundamental desta metodologia, fazendo a diferença já que agora o professor pode também ser pesquisador, unindo as atividades de ação pedagógica e investigação.

Para Chevallard (1982, p. 20 *apud* ARTIGUE, 1990, p. 284) se não houver a articulação entre a pesquisa e a ação, reduzimos o significado de cada um destes.

Esta metodologia pode se desenvolver em dois níveis:

- microengenharia: é aquela pesquisa considerada localizada, por exemplo, a investigação é feita sobre um determinado assunto ou conteúdo em sala de aula.

- macroengenharia: são pesquisas mais amplas que podem englobar as microengenharias além de fenômenos mais complexos associados às relações ensino-aprendizagem.

Para que ocorram estas realizações didáticas devem ser seguidas as fases especificadas a seguir. A Engenharia Didática é dividida em quatro fases:

- **Primeira fase:** análises preliminares. Essas análises visam buscar subsídios para a investigação e podem ser revisadas durante o desenvolvimento do trabalho. É feito um levantamento na literatura (revistas, dissertações, teses, livros, Internet, etc) dos conhecimentos didáticos já adquiridos sobre o assunto a ser estudado, a análise epistemológica deste conteúdo, como este conteúdo vem sendo trabalhado atualmente e seus efeitos, as concepções dos alunos sobre o som, as dificuldades e obstáculos encontrados por estes e os prováveis problemas enfrentados na realização da pesquisa.

Na nossa pesquisa, realizamos o levantamento da literatura, que apresentaremos no próximo capítulo, e incluímos também a busca de informações sobre o tema escolhido nos livros didáticos utilizados pelas escolas e em nível superior. Além disso, fizemos um levantamento histórico sobre o telefone, artefato escolhido para o nosso trabalho. Algumas informações sobre a história do telefone foram apresentadas na forma de um texto motivador, na segunda parte da sequência didática (anexo B).

- **Segunda fase:** concepção e análise *a priori* das situações didáticas. O pesquisador, baseado nas análises preliminares, escolhe as variáveis de comando, que são algumas variáveis pertinentes ao problema investigado e sobre as quais se pretende atuar.

Segundo Artigue (1990, p. 291, tradução nossa):

para facilitar a análise da engenharia, pode ser conveniente distinguir dois tipos de variáveis de comando:

- variáveis macro-didáticas ou globais: são aquelas pertencentes a organização global da engenharia.
- variáveis micro-didáticas ou locais: são aquelas pertencentes a organização local da engenharia, referente a uma sessão ou de uma fase da pesquisa.

Nesta etapa, escolhidas as variáveis de comando, o professor-pesquisador elabora a sequência didática. As situações apresentadas aos alunos devem ser preferencialmente adidáticas, em que os mesmos desenvolvem a atividade sem a necessidade da intervenção do professor. É importante o controle das atividades, por meio da descrição e da previsão de tudo que pode acontecer durante a engenharia.

De acordo com as características da nossa pesquisa, desenvolvemos uma microengenharia, pois delimitamos um determinado conteúdo a ser trabalhado no período de uma semana. Consequentemente, as variáveis de comando são variáveis micro-didáticas ou locais.

Após a elaboração da sequência didática optamos por realizar uma testagem piloto com alguns alunos voluntários, no sentido de identificar possíveis falhas que podem comprometer os resultados da pesquisa. Em seguida, analisamos os resultados da testagem piloto e os confrontamos com as descrições e previsões feitas anteriormente, reavaliando e corrigindo a sequência a ser usada na próxima etapa, a experimentação.

- **Terceira fase:** experimentação. É a fase em que os alunos realizam a sequência didática.

Antes da aplicação da sequência didática no grupo de alunos escolhidos realizamos, como já foi comentado, uma testagem piloto com outro grupo de alunos. A investigação foi feita numa escola estadual com

alunos de uma turma da 2ª série do Ensino Médio. Nesta fase aplicamos o instrumento de pesquisa e realizamos o registro das observações feitas durante a experimentação. Para a coleta de informações foram usados os seguintes instrumentos: filmagem, diário de bordo, anotações ou produções dos alunos. Estas são as fontes primárias dos dados analisados na pesquisa.

- **Quarta fase: *análise a posteriori* e validação.** É a fase em que os dados são organizados e analisados, confirmando ou rejeitando as hipóteses e indagações estabelecidas durante a engenharia.

De acordo com o referencial teórico e metodologia investigativa, a nossa avaliação é qualitativa. Com base no referencial teórico escolhido, analisamos os dados da pesquisa, sempre confrontando com as informações da *análise a priori*.

As fases ou etapas da Engenharia Didática foram apresentadas numa determinada ordem, mas esta não precisa ser seguida rigorosamente, pois esta metodologia permite que o pesquisador avance ou retorne a uma fase de acordo com a necessidade ou o andamento da pesquisa.

Entretanto, dois fatores devem ser destacados na Engenharia Didática:

- a *análise a priori*:

Artigue afirma que:

A *análise a priori* deve ser concebida como uma análise do controle do sentido [...] pois a teoria das situações didáticas que serve de referência a metodologia da Engenharia Didática teve desde sua origem a ambição de se constituir como uma teoria de controle das relações entre sentido e situações. (1990, p. 293, tradução nossa).

Continuando ela diz:

O objetivo da *análise a priori* é determinar em que as escolhas efetuadas permitem controlar os comportamentos dos alunos e o significado de

cada um desses comportamentos. Para isso, ela vai se basear em hipóteses e são estas hipóteses cuja validação estará, em princípio, indiretamente em jogo, na confrontação realizada na quarta etapa entre a análise *a priori* e a análise *a posteriori*. (Ibid., p. 294, tradução nossa).

- a validação interna:

Nesta metodologia a validação ocorre a partir do confronto entre a análise *a priori* e a análise *a posteriori*, confirmando ou não as hipóteses levantadas para a pesquisa, não usando, por exemplo, a comparação estatística entre um grupo experimental e outro de controle, caracterizando uma validação externa.

CAPÍTULO IV – ETAPAS DA PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida segundo as etapas da metodologia adotada, a Engenharia Didática, que foi apresentada no capítulo III. Vamos apresentar cada etapa do trabalho e os resultados encontrados.

4.1 – Análises preliminares

4.1.1 – Levantamento da literatura associada ao nosso tema

O desenvolvimento dessa pesquisa passa necessariamente pelo levantamento do que tem sido pesquisado sobre ondas sonoras e quais os resultados encontrados e as expectativas para melhorar o ensino nesta área, isto significa, a realização do estado da arte relativo ao objeto de investigação: **procedimentos de aprendizagem de ondas sonoras**. Iniciamos nossa busca investigando o banco de teses e dissertações da CAPES, onde estão disponíveis os resumos do ano de 1987 até 2007.

Encontramos apenas duas dissertações relevantes para o nosso trabalho e diretamente relacionados com a disciplina de Física. Na primeira dissertação, de Elisabete Trentin (2003), cujo título é “Os instrumentos musicais como recurso didático no ensino de acústica”, são levantadas as concepções dos alunos sobre o conteúdo de ondas sonoras e analisados os principais conceitos envolvidos. A autora afirma que existem poucos estudos sobre acústica e que este tema é muito motivador para os alunos. A relação entre este conteúdo e fatos do cotidiano surge com facilidade nas discussões em sala de aula. Ela acredita que é possível aproveitar o potencial da música e dos instrumentos musicais como recursos de aprendizagem dos conteúdos referentes ao som de forma significativa para o aluno, pois, embora comuns, a compreensão destes nem sempre é fácil. Sobre este tema, encontramos um artigo na revista *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, “O Clarinete – uma Introdução à Análise Física do Instrumento”, abordando o aspecto da Física neste instrumento, partindo do tratamento de problemas simples como a determinação dos modos de vibração da coluna de ar confinada em tubos cilíndricos e paulatinamente transitando para situações mais complexas. Segundo o autor, I. A. Hummelgen

(1996), as características do instrumento são exploradas e o modo pelo qual a sua tessitura pode ser ampliada, com o objetivo de não se restringir ao simples comportamento de um tubo cilíndrico.

Na segunda dissertação, de Mário José Van Thienen da Silva (2003), “Investigando a Telefonia Celular: ensinando-aprendendo com a interatividade em uma abordagem temática no Ensino de Física”, o foco é a aprendizagem de Física/Ciências por meio de um recurso tecnológico – a telefonia celular – e a apresentação de um hipertexto onde são apresentados os princípios de funcionamento e os fundamentos teóricos deste recurso. A pesquisa é do tipo investigação-ação e o objetivo é a melhora da aprendizagem de Física e também da formação docente.

Na busca por dissertações que usaram artefatos tecnológicos, todas encontradas tratam do uso do computador e da informática na educação. Dentre elas, destacamos a dissertação de Carla Barsotti (2002) porque no desenvolvimento do seu trabalho ela aborda a Teoria da Atividade e o uso de artefatos tecnológicos de tal forma que achamos bastante oportuno para o desenvolvimento do nosso trabalho.

O termo artefato apresenta diferentes definições, dependendo do educador ou da teoria que o emprega. Para Barsotti (2002), analisar os recursos tecnológicos isolados, fora do contexto social e das situações de uso é fazer uma análise parcial e irreal. O papel destes recursos na atividade do trabalho humano é fundamental para a sua compreensão e evolução, pois a atividade humana é o componente básico no trabalho intencional. O sistema completo a ser analisado deve envolver “o indivíduo (sujeito), ferramentas (artefatos), um problema (objeto), a comunidade envolvida com o problema, a divisão do trabalho entre estes membros, e as regras ou convenções que os regem.” (Ibid., p. 10).

Nesta teoria, os artefatos têm o papel de mediadores do pensamento e do comportamento humano, devendo sempre existir a preocupação em relacionar estes artefatos com o desenvolvimento histórico da atividade. A atenção deve se concentrar na atividade humana desempenhada e não no artefato em si.

A teoria da atividade, preocupada com a prática, postula que a atividade não pode ser compreendida sem que se compreenda o papel dos artefatos na existência diária, e assume como artefatos, ferramentas no sentido físico, e também sistema de sinais como a linguagem humana. (Ibid., p. 14).

Para Ferreira, Tarouco e Becker (2003, p.3) temos que:

Artefatos, materiais ou virtuais, são meios para atingir um objetivo, portanto, eles exercem uma influência decisiva na atividade e no desenvolvimento humano. As ações do sujeito que se dão através de artefatos são ações instrumentalizadas. Instrumento, por sua vez, pode ser definido como uma combinação e um esquema e um artefato, ou seja, os esquemas, quando combinados com os artefatos, são os instrumentos das ações do sujeito. Esquema pode ser definido como uma invariante funcional do comportamento para uma classe de situações. Entretanto, se a situação for nova para o sujeito que, neste caso, não tem competência para tratá-la, ele, agora sujeito da aprendizagem, vai buscar relações entre esta nova situação e aquelas que lhe são mais familiares, podendo desta forma, criar novos esquemas.

A partir da nossa vivência em sala de aula, é fácil perceber a falta de atividades práticas relacionadas com materiais acessíveis à realidade escolar. Estas considerações nos levaram a escolher um objeto ou artefato tecnológico rico em possibilidades a ser exploradas e que faz parte do dia a dia de quase todos os alunos – o telefone – o que possibilitará a proposição de situações e/ou atividades contextualizadas com o objetivo de facilitar a aprendizagem dos conceitos científicos. Além das várias possibilidades para trabalhar o conteúdo de ondas sonoras, o telefone ainda poderá servir de gancho para outras questões exploradas futuramente (eletricidade, ondas eletromagnéticas, componentes elétricos e eletrônicos, etc).

Realizamos um levantamento no banco de teses e dissertações da CAPES sobre os trabalhos que utilizaram a Teoria das Situações Didáticas como referencial teórico e todos (onze no total) se referiam à disciplina de Matemática, o que era esperado tendo em vista que esta teoria foi desenvolvida para pesquisa desta disciplina.

Esgotada a busca no banco de teses, passamos a pesquisar artigos em revistas nacionais e internacionais sobre o ensino de Ciências e de Física.

Na revista *Ciência&Educação* (1999-2008), encontramos um artigo, já citado anteriormente, de Medeiros e Monteiro (1998, p. 1-14), que investiga os conceitos básicos do som em diversos livros de Física (Ensino Médio) e Ciências (Ensino Fundamental). Eles concluíram que muitos autores com a intenção de simplificar ou resumir o conteúdo, apresentam conceitos errados ou distorcidos, muitas vezes dificultando a aprendizagem dos alunos.

Na *Revista Brasileira de Ensino de Física* (1996-2008), encontramos três artigos de interesse para o nosso trabalho. No artigo “Experimento Didático para a Determinação da Velocidade de Propagação do Som no Ar, Assistido por Computador”, de Vagner Bernal Barbeta e Cláudia Rocha Marzzulli (2002), são discutidas a propagação do som, o aparato experimental envolvendo o registro e a análise dos dados no computador e os resultados experimentais obtidos.

Num outro artigo, “Velocidade do Som no Ar: um Experimento Caseiro com Microcomputador e Balde D’água”, de Wilton P. da Silva, Cleide M. D. P. S. e Silva, Tarso V. Ferreira, Jerônimo S. Rocha, Diogo D. P. S. e Silva e Cleiton D. P. S. e Silva (2003), o mesmo tema foi abordado utilizando um material mais simples, permitindo que os alunos realizassem o experimento em casa e levassem os dados para análise e discussão em sala de aula. Este mesmo grupo de professores, exceto Ferreira e Rocha, publicou em 2005 o artigo “Um Software para Experimentos sobre Batimentos de Ondas Sonoras”, no Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Segundo os autores, este artigo procura enfatizar a importância da experimentação na compreensão de um fenômeno físico sobre interferência, denominado batimento de ondas sonoras. Algumas sugestões são dadas para a realização do experimento e são apresentadas as limitações de cada uma delas.

O terceiro artigo da *Revista Brasileira de Ensino de Física*, “Obstáculos Conceptuales en el Aprendizaje de la Energía de las Ondas”, de Reinaldo Welti (2005), analisa como alguns livros abordam o tema energia das ondas mecânicas fazendo uma analogia com oscilador harmônico simples. A partir destas ideias, foram elaboradas questões referentes aos elementos de uma onda numa corda e em relação à distribuição de energia ao longo desta. O questionário foi aplicado a 221 estudantes de Física do curso de Ciências e Engenharia e indicou que certas

analogias acabam induzindo algumas confusões, pois não podem ser estendidas de um conteúdo para outro.

O artigo “O ensino da Física do som baseado em investigações” de Borges e Rodrigues (2005), encontrado na revista *Ensaio*, aborda as experiências de aprendizagem de um grupo de 9 alunos do Ensino Médio em um curso curto sobre a Física do Som. Também são apresentadas pesquisas sobre o que os jovens acreditam que seja o som, suas características e transmissão.

Na revista *A Física na Escola*, encontramos outro trabalho sobre a medida da velocidade do som, de Marisa Almeida Cavalcante e Cristiane R. C. Tavoraro (2003). O artigo, “Medindo a Velocidade do Som”, descreve uma experiência usando um diapasão e um tubo contendo água. É sugerido o uso de um espectrômetro sonoro, mas em função do alto custo, uma alternativa é substituir este aparelho pelo conjunto formado por um microfone, computador com placa de som e conexão com a internet, pois alguns softwares livres são capazes de fazer a análise do som, simulando um espectrômetro sonoro de modo bem eficiente, determinando a frequência fundamental e as frequências harmônicas.

Nos artigos que foram comentados anteriormente e publicados nas revistas são apresentados o problema ou questão de investigação, os procedimentos e os resultados, sem indicar um referencial teórico ou filosófico adotado.

No artigo “Uma introdução para o ensino de ondas sonoras”, as pesquisadoras Nascimento e Gobara (2007) apresentam os resultados de uma atividade trabalhada com estudantes da oitava série, com objetivo de criar um modelo explicativo para a produção da voz no aparelho fonador. São apresentados e discutidos vários modelos e terminologias do senso comum usados pelos alunos. Este artigo apresenta como referenciais didático-metodológicos a Teoria Cognitivista de David Ausubel e a Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird.

Ao realizarmos busca na Internet, encontramos três projetos de grupos de pesquisa: projeto LASER⁸, grupo de pesquisa de Educação em Física da Universidade do Kansas – EUA⁹ e um projeto desenvolvido pelo American Institute of Physics¹⁰. Estes projetos têm por objetivo melhorar o ensino de Física e apresentam modelos e concepções dos alunos sobre ondas.

O levantamento realizado evidencia que poucos trabalhos apresentam situações para a sala de aula que levem o aluno à construção do conhecimento utilizando materiais experimentais acessíveis dentro de uma nova proposta, na qual o aluno assume a responsabilidade pela sua aprendizagem por meio da solução de um desafio.

4.2 – Análises *a priori*

A análise *a priori* é a segunda etapa da Engenharia Didática. Nesta etapa escolhemos as variáveis de comando de acordo com o objeto da pesquisa: **procedimentos de aprendizagem de ondas sonoras**. Esta escolha foi feita em função da escassez de materiais, com atividades experimentais, que trabalham este assunto para o Ensino Médio e Fundamental. O enfoque principal não foram os experimentos propriamente ditos, já conhecidos na maioria, mas sim a forma de trabalhar e desenvolver o conteúdo a partir de uma nova proposta, baseada na Teoria das Situações Didáticas, numa situação chamada **adidática**.

A partir de uma pesquisa em diversos livros foram selecionadas algumas atividades experimentais, dando início à construção da sequência didática. Escolhemos o telefone, em particular o princípio de funcionamento deste artefato, para discutir a questão da propagação de ondas sonoras em diferentes meios materiais. A escolha desta temática possibilitou a construção do meio didático que serviu de ligação para a interação entre os elementos do sistema didático (professor,

⁸Disponível em:

<http://www.wastatelaser.org/resources/toolkits/foss/physics_of_sound/misconcepts.asp>. Acesso em: 22 abril 2008.

⁹ Disponível em: <<http://web.phys.ksu.edu/papers/2003/SoundMental.pdf>>. Acesso em: 22 abril 2008.

¹⁰ Disponível em: <<http://www.amasci.com/miscon/opphys.html>>. Acesso em: 22 abril 2008.

aluno e saber) para a construção do conhecimento que desejamos que o aluno apreenda.

A nossa intenção foi construir uma atividade introdutória sobre o conteúdo de ondas sonoras em que os alunos pudessem perceber a diferença de propagação do som em vários meios materiais. Quanto à elaboração da sequência, depois de selecionarmos uma série de experimentos interessantes e de fácil confecção e manuseio, começamos a pensar numa situação-problema, na forma de um desafio, que envolvesse e motivasse os alunos. À medida que algumas ideias relacionadas ao problema começaram a surgir, estas foram sendo adequadas aos experimentos selecionados. A sequência teve como princípio de aprendizagem a construção do conhecimento do conteúdo de ondas sonoras pelos alunos e como prova desta aprendizagem eles devem solucionar o desafio proposto. Neste sentido, alguns experimentos foram descartados, por não estarem relacionados com o objetivo definido para o desafio. A elaboração da sequência exigiu muito tempo e cuidado em função da situação didática adotada e também porque ela foi planejada para ser aplicada em turmas que ainda não haviam iniciado o estudo sobre o conteúdo escolhido, além do fato de que, em geral, os alunos não estão habituados com atividades desta natureza.

No sentido de viabilizar a pesquisa, junto com a elaboração da sequência didática foi feita a previsão e a descrição de tudo que pode acontecer durante a experimentação, com o objetivo de controlar a atividade e garantir o sucesso das atividades. Com isto queremos nos assegurar de que a sequência didática está estruturada de modo que ao realizá-la, o aluno deve construir a aprendizagem esperada. Também usamos na previsão os dados obtidos na revisão da literatura realizada na etapa das análises preliminares. O professor deve prever todas as possíveis respostas que os alunos vão apresentar durante a engenharia, e elaborar a atividade a ser realizada por eles de modo que estes possam trabalhar preferencialmente sem a sua intervenção.

Faremos a seguir a descrição e a previsão do que os alunos podem apresentar como comportamentos e respostas durante a situação didática proposta.

A sequência didática elaborada para a nossa pesquisa consiste de uma situação-problema na forma de um desafio a ser resolvido. Para o desenvolvimento da situação-problema, os alunos recebem um texto acompanhado de uma ilustração descrevendo a situação e as questões do desafio. Antes de responder estas questões, eles devem realizar quatro atividades, nas quais eles realizam várias experiências. Continuando, os alunos são solicitados a responder algumas questões relacionadas às atividades sugeridas com o objetivo de organizar as ideias e discutir alguns conceitos que lhes auxiliam na resolução das questões propostas pelo desafio. Ao final dessas atividades, os alunos devem rever as questões do desafio e estar aptos a respondê-las de acordo.

4.2.1 – Análise *a priori* da atividade experimental da sequência didática

Para escolhermos especificamente o conteúdo da parte experimental da sequência, começamos a pesquisar o que já existia como sugestão de experimentos para ser trabalhado em sala de aula. Como critério queríamos que o material dos experimentos fosse de fácil aquisição, com baixo custo e de fácil manuseio para os alunos. Quanto ao conteúdo, as atividades deveriam ser ricas em possibilidades a serem exploradas, de forma que os alunos fossem levados a observar, refletir, analisar e formular respostas às questões solicitadas ao longo destas, realizando ao final a aprendizagem desejada por nós.

As atividades experimentais (anexos A e B) foram construídas a partir dos experimentos pesquisados e selecionados, na forma de uma situação didática. A opção por uma situação didática foi feita porque é a forma sugerida pela metodologia adotada, a Engenharia Didática, e neste tipo de situação, em que um meio foi preparado para a ação do aluno, é possível perceber o envolvimento deste e, a partir daí, viabilizar a aprendizagem do conhecimento proposto. No final da sequência vamos analisar as respostas dos alunos, e verificar se o professor conseguiu realizar a devolução de um bom problema ao aluno, resultando na aprendizagem esperada.

Durante a sequência didática, os alunos vão realizar diversos experimentos que discutem a propagação do som em diferentes meios, observando e comparando

diversas situações e os fatores que influem nessa propagação. Entre estes fatores, que correspondem às variáveis de comando escolhidas na pesquisa, estão o meio propriamente dito, suas dimensões e tensão do meio material (no caso dos sólidos), propagação do som no ar em uma direção ou em todo o espaço.

Agora vamos analisar cada questão detalhadamente. Apresentaremos as respostas esperadas para cada questão em função do levantamento da literatura sobre este conteúdo e da nossa própria experiência como professores de Física.

O contexto utilizado para a construção da situação-problema foi a **VIOLÊNCIA URBANA**, um problema tipicamente urbano e muito atual.

O texto da situação-problema apresentado aos alunos e que se encontra no anexo A é o seguinte:

VIOLÊNCIA URBANA

Um casal, ao sair do cinema num domingo à noite, foi surpreendido por dois sequestradores. Eles foram levados para uma casa abandonada e mantidos presos. O homem foi levado para a garagem, no subsolo, enquanto que a mulher ficou presa num quarto logo acima. Veja a situação ilustrada na página 2.

Eles ficaram isolados e sem seus objetos pessoais, como bolsa, carteira, celular, etc, recebendo apenas água e comida em potes plásticos descartáveis. Os potes eram entregues por meio de fios (barbante) e puxados depois de algum tempo para evitar que os sequestradores tivessem que entrar nos cômodos ou ficassem muito perto dos sequestrados.

A casa era velha e abandonada, sendo que parte do encanamento de água (metal) e luz (plástico) podia ser visto tanto nas paredes internas, como no quarto e na garagem, quanto na parte externa da casa, pois o reboco estava caído. Mesmo estando abandonada, a casa ficava numa rua por onde diariamente circulavam muitas pessoas, pois, em alguns momentos do dia, o casal ouvia passos de pessoas andando na calçada quando encostavam o ouvido na parede ou no chão.

No encanamento de luz havia alguns fios soltos e a rede elétrica estava desligada. Tanto a garagem quanto o quarto foram esvaziados, restando para cada

uma das vítimas apenas um colchão e um cobertor de lã velho. A maior parte do tempo eles ficavam no escuro.

Ao examinar o local, o casal percebeu que havia um pequeno furo ligando o quarto com a garagem, mas eles não podiam gritar para se comunicar já que deste modo os sequestradores descobririam a ligação entre os cômodos. O casal também não sabia onde estavam alojados os sequestradores.

Além do texto, os alunos receberam um desenho ilustrando a situação-problema descrita com a intenção de deixar mais claro e interessante o contexto da situação. Veja a figura 2:



Figura 2 – Ilustração colorida da situação-problema: violência urbana.

Desenho de Vit Núñez.

Outra opção de ilustração é a versão em preto e branco, pois sabemos que o custo para imprimir colorido é bem maior.

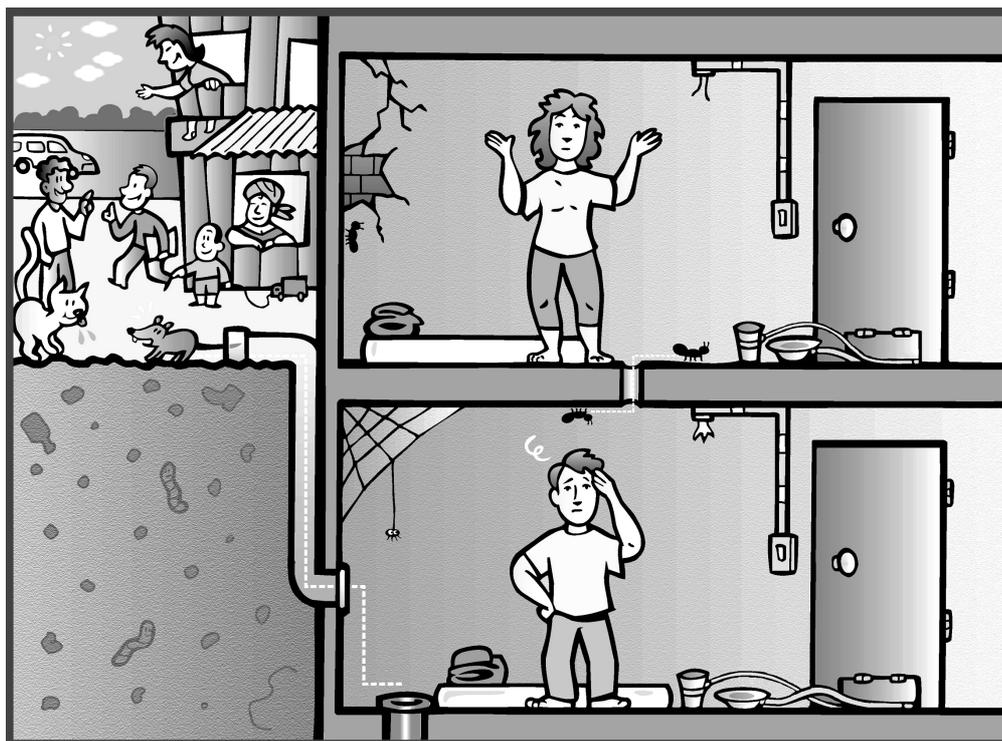


Figura 3 – Ilustração em preto e branco da situação-problema: violência urbana. Desenho de Vit Núñez.

A ilustração colorida foi escolhida para a pesquisa porque atrai mais a atenção dos alunos, mas as duas ilustrações fornecem as mesmas informações que consideramos importantes para a compreensão do problema.

Após a leitura do texto e a observação da ilustração, os alunos devem ler as questões, as quais identificamos como o desafio a ser resolvido por eles, que pedem uma solução para os sequestrados se comunicarem entre si, sem despertar a atenção dos sequestradores bem como um meio para eles se comunicarem com alguém fora da casa para pedir socorro.

Antes de tentar propor uma solução para o casal (desafio), os alunos realizam as atividades experimentais e ao final eles devem retornar às questões propostas no desafio. Vamos, então, verificar as respostas dadas, e, assim, validar ou não a solução proposta.

A análise *a priori* explicita além de outros aspectos relacionados à construção da sequência, as possíveis respostas que se espera dos alunos. Também

vamos abordar alguns tópicos relacionados ao conteúdo de ondas, com o objetivo de esclarecer as nossas intenções ao longo da atividade e facilitar a leitura.

Na primeira parte temos as atividades 1 e 2, que podem ser vistas no anexo A, nas quais são propostos os experimentos com o dispositivo que denominamos de sino (veja a foto 1) e com o telefone feito com copos descartáveis, barbantes e fio de nylon (veja a foto 2). O objetivo é observar a propagação do som em diferentes fios, comparando as características destes fios com os sons ouvidos.

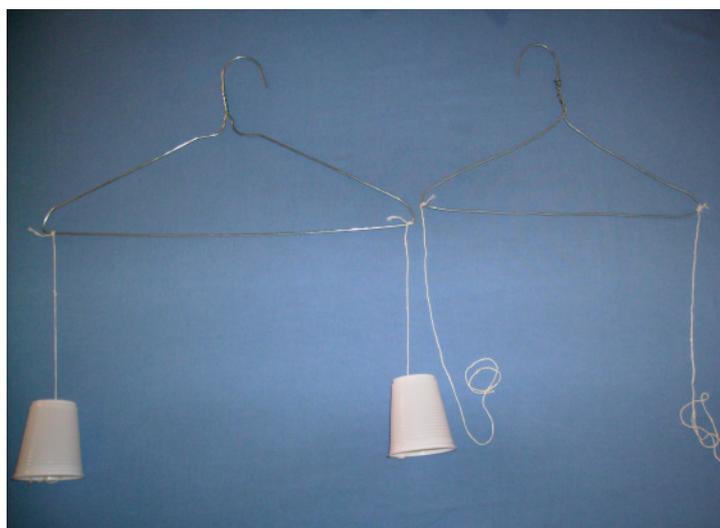


Foto 1 – Material da atividade 1: sino construído com um cabide e barbantes.

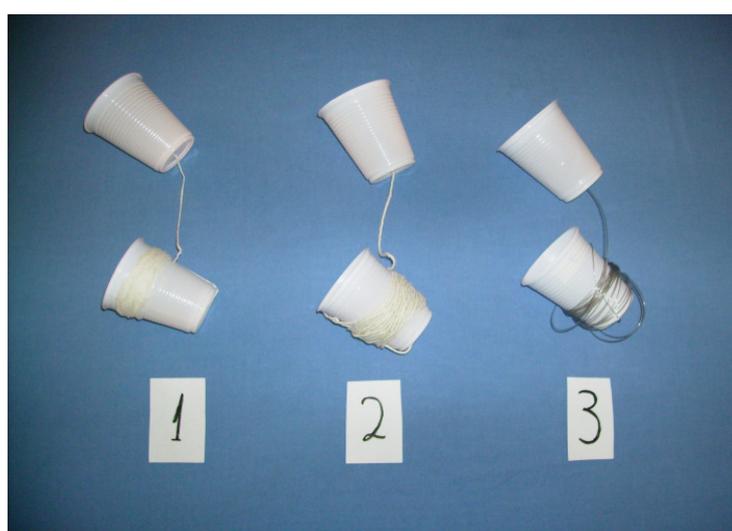


Foto 2 – Material da atividade 2: telefones com fio.

Na segunda parte, atividades 3 e 4, é trabalhada a propagação do som no ar no espaço e através de tubos, cujo objetivo é perceber que o tubo impede que a intensidade do som diminua rapidamente em relação à distância da fonte sonora.

Quando falamos em som, estamos nos referindo às chamadas ondas sonoras que se propagam através de um meio elástico e que, ao atingirem os nossos ouvidos, produzem uma sensação sonora. A elasticidade do meio está associada à tendência deste em manter o seu comprimento, forma e volume contra as forças que atuam externamente neste meio. Isto ocorre devido às forças restauradoras que devem manter o material nas condições iniciais, antes da ação da fonte sonora.

O ouvido humano pode compreender, em média, sons numa faixa de frequência de 20 Hz a 20000 Hz. Alguns animais como os morcegos, golfinhos, etc, podem apresentar faixas de frequências audíveis diferentes.

Uma onda sonora precisa de um meio material para se propagar. O meio de propagação do som pode ser sólido, líquido ou gasoso. No caso do ar, meio gasoso, o som se propaga devido às compressões e rarefações deste, com as partículas vibrando na mesma direção da propagação da onda. Estas ondas são chamadas longitudinais.

Ainda em relação à propagação do som num fluido (meios líquido e gasoso), segundo Nussenzveig (2002, p.123), a fonte sonora (objeto vibrando, como, por exemplo, uma lâmina metálica) “muda a densidade do ar na camada adjacente (condensação ou rarefação), o que provoca uma mudança de pressão (compressão ou descompressão). Por sua vez, a variação de pressão produz o deslocamento da camada de ar contígua, e assim por diante”.

Na **atividade 1**, chamada **Metal que vira Sino**, os alunos recebem um cabide com dois pedaços de barbante amarrados, como mostra a figura 4.

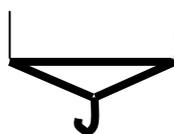


Figura 4 – Sino feito com o cabide e barbantes.

Os alunos devem bater com uma caneta no cabide e registrar o som ouvido em três situações: 1) ao segurar o sino pelos pedaços de barbante com o braço estendido, 2) ao encostar cada ponta solta de barbante em um ouvido e deixando o cabide ficar pendurado na sua frente, com a cabeça um pouco inclinada para frente e 3) ao colocar um copinho descartável em cada ponta livre do barbante, simulando fones de ouvido. Eles também devem identificar o meio de propagação do som e comparar o som ouvido com o meio material em questão.

Para descrever os sons ouvidos ao bater com a caneta no cabide, os alunos devem usar termos simples como, por exemplo, barulho de plástico, de metal, som de sino, som de corda de violão e alguns alunos devem usar onomatopéias (quando se usa uma palavra que tenta reproduzir o som ouvido como, por exemplo, **tique-taque** para o som do relógio).

Quando o barbante não estiver encostado no ouvido, a resposta desejada para o meio de propagação do som é o ar. Ao encostar o barbante no ouvido, esperamos que os alunos digam que além do ar, o som se propaga através do barbante. Em qualquer destas situações esperamos também respostas como a caneta, o braço do aluno, etc, ou seja, qualquer meio material sólido que existe no ambiente. Segundo a nossa experiência, quando se fala em meio material, em geral os alunos associam com um meio sólido.

Nesta atividade também esperamos que os alunos percebam que usando o barbante, o som ouvido é mais forte e parecido com um sino. Isto ocorre porque com o uso do barbante não existe o espalhamento da energia sonora produzida em todas as direções pelo ar, mas sim ao longo deste e em uma única direção. De acordo com a literatura, sabemos que os alunos confundem os termos associados à altura e a intensidade do som, em função dos termos usados no dia a dia e provavelmente vamos encontrar exemplos disto nas suas descrições e respostas. Um exemplo do uso incorreto seria dizer que o volume do rádio está alto ao invés de forte, sendo comum tratar estes termos como sinônimos na linguagem coloquial. Em Física, o conceito de altura do som está associado à frequência da onda, indicando a sensação de um som grave ou agudo, como por exemplo, a voz masculina e a voz feminina. O conceito de intensidade do som pode ser compreendido em função da amplitude da

onda, indicando se um som é mais forte ou mais fraco, como percebemos ao variar o volume de uma música no rádio.

Outro termo usado com frequência no dia a dia é “dispersão”. A dispersão do som em um meio material ocorre quando a velocidade da onda depende do seu comprimento de onda ou da sua frequência. O ar é um exemplo de meio não-dispersor, pois a velocidade das ondas acústicas no ar independe do comprimento de onda ou da frequência destas ondas. O termo dispersão pode ser usado incorretamente quando se quer dizer que o som está ficando mais fraco.

Ao colocar os copinhos nas extremidades livres dos barbantes, o som ouvido fica mais forte. O copo na ponta do barbante direciona a propagação do som. Pelo fato de que os copos usados não são muito rígidos, o copo não funciona como uma caixa de ressonância. Outras respostas são esperadas como: o copo amplifica o som, o copo abafa o som, o copo aumenta o som e o copo transmite o som.

Quando um objeto vibrador (por exemplo, um diapásão) é colocado próximo de um tubo aberto, uma pequena parte da sua energia mecânica é transformada em som e o restante em energia interna do ar. O fenômeno chamado ressonância ocorre quando a frequência da onda sonora coincide ou é muito próxima a uma das frequências naturais da coluna de ar no tubo. Segundo Okuno (1982, p.230) “Quando isso acontece, uma grande fração da energia mecânica do vibrador é transformada em energia sonora, aumentando a amplitude das vibrações com frequência f , dos elementos do volume de ar (o que corresponde a uma intensificação do som nesta mesma frequência)”. As caixas de ressonância dos instrumentos musicais como o violão, por exemplo, tem esta função, ampliar uma determinada faixa de frequência, e devem ser construídas com dimensões adequadas de acordo com a faixa que se pretende ampliar.

Assim como qualquer onda, o som é refletido, absorvido e transmitido ao incidir em uma superfície que represente uma mudança de meio. O fato do copo plástico não ser muito rígido pode provocar a absorção de parte das ondas sonoras enquanto que em um copo de vidro as ondas se refletem mais facilmente. Com o

nosso material, acreditamos que o copo plástico direciona as ondas sonoras, mas não amplia sua intensidade.

Na **atividade 2**, chamada **Telefone com Fio**, os alunos recebem três telefones com fios de materiais e diâmetros diferentes. Eles são constituídos por um fio e dois copinhos descartáveis, um amarrado em cada ponta deste, como mostra a figura 5. Os alunos devem perceber que diferentes materiais transmitem o som de forma diferente assim como ocorre também com fios de mesmo material e espessuras (diâmetros) diferentes. Queremos que os alunos percebam que os fios devem estar esticados para que possam vibrar e, conseqüentemente, a onda sonora se propagar.



Figura 5 – Telefone com fio.

Os alunos devem descrever e comparar os sons ouvidos, relacionando-os com as características dos telefones.

Antes de iniciar os experimentos com os telefones, os alunos devem conversar, sem gritar, com o colega a uma distância de aproximadamente 5 metros. Acreditamos que a esta distância, em um ambiente aberto e falando baixo, os alunos não conseguem conversar. Esperamos que alguns grupos digam que conseguem, mas com alguma dificuldade ou gritando. Eles também podem saber o que o colega está falando por meio da leitura labial.

Iniciando uma conversa, agora usando o telefone 1 sem esticar o fio, os alunos não devem conseguir conversar, pois o fio deve estar tenso para que as ondas sonoras se propaguem. Esperamos que alguns alunos digam que conseguem conversar com dificuldade, provavelmente por existir uma certa tensão no fio.

Ao esticar o fio, eles vão perceber que conseguem ouvir o colega com facilidade. O objetivo é que eles associem que só conseguem conversar quando o fio está tenso.

Como já comentamos, a propagação do som depende da elasticidade do meio, que está associada a sua tensão e a sua densidade de massa. Para que o som se propague deve existir a vibração das moléculas do meio. No caso dos sólidos, por exemplo, percebemos esta vibração ao toca uma caixa de som com volume forte. No caso de um fio, esta vibração só será transmitida se este estiver esticado.

Ao tocar levemente o fio, os alunos devem sentir que durante a conversa o fio vibra. É possível que alguns segurem com firmeza o fio, impedindo a sua vibração e consequentemente a conversa entre eles.

Usando o fio 2, de mesmo material que o fio 1, porém com maior diâmetro, deve se estabelecer uma relação entre o diâmetro do fio e o som ouvido. Neste caso, eles ouvem melhor com o fio 2 porque ele tem maior diâmetro. No caso dos barbantes, o fio com maior diâmetro tem mais massa por comprimento, ou seja, mais partículas vibrando para transmitir a onda sonora.

Trocando o telefone pelo 3, os alunos também conseguem conversar. Este telefone tem o mesmo diâmetro do fio 1, porém é constituído de outro material, o nylon. A diferença percebida pelos alunos em relação ao som ouvido em cada telefone dependerá da forma como os telefones são manuseados, como por exemplo, se a tensão dos fios é a mesma.

Na segunda parte das atividades, que se encontra no anexo B, vamos trabalhar a propagação do som no ar e também usando tubos de conduite de diferentes diâmetros. Queremos também discutir o princípio de funcionamento e o uso de um estetoscópio.

Na **atividade 3** (anexo B), **Tubo Acústico** ou **Porta-Voz**, os alunos recebem 2 tubos de conduite de diâmetros diferentes. Nas extremidades de cada tubo foi colocada parte de uma garrafa pet pequena, simulando um funil como podemos ver na foto 3.



Foto 3 – Material da atividade 3: tubos acústicos

O objetivo desta atividade é compreender que o tubo tem a função de evitar que o som se propague em todas as direções. No momento em que o som é direcionado, ele praticamente não diminui a sua intensidade considerando as distâncias envolvidas nesta atividade.

Na comparação entre os dois tubos queremos que eles indiquem a diferença entre os diâmetros e que o tubo 2, por ser mais largo faz com que a intensidade do som seja maior. Assim como comparamos os fios de barbante, a quantidade de ar no tubo de maior diâmetro é maior, ou seja, mais partículas podem vibrar e mais energia pode ser transportada por unidade de área, e a intensidade do som se mantém praticamente constante entre os dois extremos do tubo. Quando falamos sem usar o tubo, a energia produzida pela fonte, à medida que se afasta desta, se distribui em uma área cada vez maior, provocando a diminuição da intensidade sonora. Os alunos também podem diferenciar os tubos caracterizando o som ouvido em cada um deles (alto, baixo, forte, fraco, etc). Neste caso também pode ocorrer o uso inadequado desses termos, considerando o significado científico, em decorrência do uso destes no dia-a-dia.

Para explicar porque ouvimos melhor com o tubo, esperamos respostas destacando o fato do tubo ser oco ou por ter maior diâmetro que o fio. Ao contrário do telefone com fio, os alunos não devem notar diferença alguma ao conversar com

o colega estando o tubo esticado ou não. Provavelmente alguns digam ouvir melhor com o tubo esticado por influência do experimento com os telefones.

Para explicar o papel do tubo na propagação do som, esperamos que os alunos usem termos como enviar, transmitir, conduzir, etc. Destes, o termo *transmitir* está mais associado ao conteúdo de ondas, também sendo ouvido com frequência nos meios de comunicação (tv, rádio, etc). Quanto aos termos *enviar* e *conduzir*, estes podem ser usados quando falamos de ondas ou quando se trata de um objeto, como, por exemplo, enviar uma carta ou conduzir uma pessoa até determinado lugar.

Antes de iniciar a **atividade 4, Estetoscópio**, os alunos devem ler dois pequenos textos (anexo B), o primeiro sobre a história do telefone e o segundo sobre a invenção do estetoscópio, fornecendo algumas informações que serão usadas no decorrer dos experimentos.

Quanto ao funcionamento do Estetoscópio, sabemos que os aparelhos usados atualmente na área da saúde são bem mais eficientes e com o funcionamento mais complexo do que um tubo de papelão. O nosso objetivo foi apenas usar o princípio da transmissão do som em tubos e uma aplicação prática destes.

Inicialmente os alunos vão reproduzir a atividade que inspirou Laënnec a inventar o estetoscópio. Ele conhecia uma brincadeira de crianças em que estas encostavam o ouvido em uma extremidade de um pedaço de madeira e arranhavam com a unha ou com um alfinete a outra extremidade, ouvindo este som bem mais forte (comparado com o som que ouviam sem encostar o ouvido na madeira).

Queremos que os alunos sintam a diferença entre os sons ao arranhar com a unha a madeira (foto 4), sem encostar o ouvido e depois encostando o ouvido, descrevendo o que ouvem em cada caso. Muitos devem repetir que ouvem o som de uma unha arranhando a madeira ou usar onomatopéias. Comparando as situações, acreditamos que ao encostar o ouvido na madeira eles vão dizer que ouviram o mesmo som anterior só que mais forte.

Após esta atividade, quando questionados em que meio o som se propaga melhor, no ar ou na madeira, eles devem concluir que o som se propaga melhor na madeira do que no ar, embora eventualmente a resposta pode ser o ar. A madeira, por exemplo, é o material usado nas portas da maioria das casas e sabemos da nossa vivência que ao fechar uma porta diminuimos o som ouvido entre dois cômodos, pois grande parte da energia sonora pode ser refletida e também absorvida quando a onda incide na mesma. Talvez seja a primeira vez que alguns destes alunos vão ouvir um som ao encostar o ouvido em um objeto.

Em seguida os alunos recebem um tubo de papelão duro (foto 4) similar ao primeiro estetoscópio usado por Laënnec. Primeiro eles devem bater numa carteira usando uma caneta, anotar suas observações e repetir agora usando o estetoscópio, encostando um dos lados deste na carteira e o outro no ouvido e anotar suas observações sobre o som ouvido. Espera-se que os alunos respondam que podem ouvir o som da caneta batendo na carteira ou por meio de onomatopéias. Comparando os sons ouvidos com e sem o estetoscópio, os alunos devem perceber que o som ouvido com o estetoscópio é mais intenso.

Os alunos devem caracterizar de baixo ou grave (altura) e fraco (intensidade) o som ouvido ao auscultar o coração de um colega.



Foto 4 – Material da atividade 4: pedaço de madeira e tubo de papelão.

Ao explicar o funcionamento do estetoscópio, os alunos devem concluir que o princípio é o mesmo do tubo acústico, no qual o som é direcionado, evitando a sua propagação em todas as direções. Provavelmente muitos alunos vão dizer que o estetoscópio amplia ou aumenta o som, simplesmente pelo fato de não ser possível ouvir os batimentos de uma pessoa mesmo quando estamos muito próximos.

Com a finalidade de organizar as ideias trabalhadas nas atividades e prepará-los para resolver os desafios, os alunos devem responder cinco questões.

Na primeira questão queremos retomar a necessidade da tensão no fio para que o som se propague. É perguntado se o fio deve estar frouxo ou esticado para que o som se propague e pede para justificar a resposta. A resposta desejada é “esticado”, porque estando o fio frouxo, o material, no caso sólido, não vibra e, conseqüentemente, não existe propagação da onda. Uma resposta pouco provável a ser dada pelos alunos, mas que pode ocorrer, pois faz parte das concepções destes, é que o fio deva estar frouxo, já que neste caso o fio não vibra.

Na segunda questão, é questionado por que o tubo não precisa estar esticado para que o som se propague. Esperamos que eles respondam que, como foi comentado no parágrafo anterior, o fio (material sólido) tem que estar tenso para vibrar, enquanto que no tubo existe ar, que é um meio gasoso, as partículas vão vibrar devido à diferença de pressão. É provável que os alunos apresentem dificuldades nesta questão, pois estão desenvolvendo uma atividade introdutória em relação ao conteúdo de ondas. É importante, de qualquer modo, que eles observem que são situações diferentes e tentem elaborar uma explicação.

A questão três, diferentemente das outras, apresenta um enunciado longo. Inicialmente é feita a seguinte colocação: “No nosso dia-a-dia usamos vários termos para diferenciar as sensações provocadas em nós por um som. A característica do som associada aos termos forte ou fraco é chamada **intensidade** do som. Como exemplo temos a variação da intensidade quando variamos o volume de uma música no rádio. Quando dizemos que um som é alto/agudo ou baixo/grave estamos caracterizando a **altura** de um som. Por exemplo, em geral as mulheres têm a voz mais alta (ou aguda) que os homens”. Esta introdução tem por objetivo diminuir a

confusão existente entre os conceitos de altura e intensidade, tentando distingui-los por meio de exemplos com situações do dia-a-dia. Em seguida é colocada a questão: “Analisando a atividade realizada do telefone com fio, compare o meio de propagação e as características do som ouvido nas três situações. Considere as características comentadas acima ou qualquer sensação percebida por você na comparação dos três telefones”.

É esperado como resposta desta questão que os alunos caracterizem os três telefones quanto ao material do fio e a sua espessura e a partir daí dizer em qual o som é mais alto, mais forte, mais nítido, etc. Esperamos que os alunos concluam que a propagação do som depende do material e das dimensões do meio material. Por exemplo, algum aluno pode responder da seguinte forma: *“O telefone 2 tem o fio de algodão (barbante) com 2 mm de diâmetro (maior diâmetro dos três) e apresenta o som mais forte e mais nítido; o segundo melhor som é do telefone com fio de nylon e tem 1 mm de diâmetro. O pior deles, em que o som é mais fraco, é o telefone com barbante e com o mesmo diâmetro do fio de nylon, 1 mm”*. Outras respostas podem aparecer, dependendo de como as duplas de alunos seguram o telefone, mantendo o fio mais ou menos tenso.

A quarta questão faz referência ao texto sobre a invenção do telefone e indaga como era realizada, no séc. XIX, a comunicação entre pontos distantes dentro de um navio. O texto informa que a comunicação nos navios era realizada através dos encanamentos vazios. Outras respostas podem ser colocadas pelos alunos que não leram o texto.

Na quinta e última questão pergunta-se qual a relação entre o tubo acústico e o estetoscópio. Esperamos que os alunos percebam que o princípio de funcionamento dos dois artefatos é o mesmo, ou seja, propagar do som em uma direção. A diferença deve ser observada em relação ao uso, pois o tubo acústico será usado para a comunicação entre dois pontos enquanto que o estetoscópio é usado na área da saúde para auscultar ruídos internos do organismo.

Após ter realizado as atividades e respondido o questionário, os alunos devem retomar a situação-problema e resolver as questões do desafio apresentadas a

seguir. Vamos apresentar e analisar cada questão e o que esperamos que os alunos respondam.

1ª questão) Como este casal pode se comunicar sem despertar a atenção dos sequestradores?

Após a realização da sequência esperamos que eles sugiram como resposta o uso do telefone com fio, construído com o barbante mais grosso e os copos plásticos, através do buraco que existe entre os dois cômodos para que o casal se comunique.

Acreditamos que a maioria dos alunos vai mencionar o uso do telefone com fio, mas provavelmente não vai observar na ilustração a diferença de espessura entre os dois fios disponíveis.

Outra possibilidade é o uso do encanamento que funciona como os tubos do experimento simplesmente pelo fato deles terem gostado do experimento, já que não existe encanamento ligando o quarto e a garagem.

2ª questão) Sabendo que o casal não possuía papel e lápis, telefone, etc, existe alguma forma de pedir socorro para alguém fora da casa sem gritar? Dê alguma(s) sugestão(ões) para o casal.

Os alunos devem sugerir que o homem fale ou bata no encanamento vazio que se encontra visível na garagem, de forma que alguém passando na rua possa ouvi-lo.

3ª questão) O casal usava um copo encostado na parede para descobrir se os sequestradores estavam dormindo ou se haviam saído. Explique por que usar o copo permite ao casal obter melhor informação sobre o outro cômodo.

O copo tem basicamente o mesmo funcionamento do tubo acústico e do estetoscópio, direcionar o som, evitando que ele se propague em todas as direções, e assim facilitar ao casal perceber qualquer ruído feito pelos sequestradores fora destes cômodos.

Provavelmente os alunos vão responder que o copo transmite (ou conduz, ou aumenta, ou amplifica, etc) o som do outro cômodo, usando termos do cotidiano para explicar a “sensação de aumento” na intensidade do som.

Após a elaboração da sequência bem como a descrição e a previsão do que pode acontecer durante a engenharia, procuramos uma escola pública para realizar a testagem piloto das atividades. Um colega do nosso grupo de pesquisa e professor de Física de uma escola estadual convidou um grupo de alunos voluntários da 2ª série para participarem desta etapa. Este grupo de pesquisa, chamado GINPEC (Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul), é um grupo formado por professores da UFMS, professores do Ensino Médio e alunos de graduação e pós-graduação no qual o foco das discussões são preferencialmente os fenômenos ondulatórios, em especial as ondas sonoras. Dos 12 alunos convidados, 9 compareceram, pois estes estudavam no matutino e a atividade foi realizada à tarde. Dos 9 alunos, 8 eram da mesma turma. Toda a atividade experimental, na testagem piloto, foi feita em aproximadamente 2 horas. Todos se mostraram muito interessados e participativos.

Analisamos as respostas dos alunos da testagem piloto de acordo com a Teoria das Situações Didáticas, com as análises realizadas *a priori* (descrição e previsão das respostas dos alunos) e com alguns dados das análises preliminares, em que realizamos um levantamento da literatura sobre as concepções dos alunos, podendo estas aparecer nas respostas durante a sequência. Vale destacar que todas as respostas dos alunos, que apresentaremos a partir do próximo item, foram transcritas literalmente.

4.2.2 – Testagem piloto da sequência

A sequência didática testada foi construída considerando-se uma situação-problema e uma fase denominada Institucionalização. A situação-problema apresenta um problema na forma de desafio a ser resolvido pelos alunos. Os alunos devem realizar uma série de atividades experimentais com algumas questões que vão proporcionar os meios pelos quais eles vão agir, refletir e organizar os conhecimentos necessários para que eles possam resolver o desafio.

Retomando, a situação-problema construída apresenta o seguinte contexto: trata-se de um sequestro de um casal na saída de um cinema em uma noite de domingo. Eles foram levados por dois sequestradores e mantidos isolados, cada um em um cômodo de uma casa abandonada, sem os seus pertences (bolsa, carteira, telefone, etc). O homem foi colocado em uma garagem no subsolo e a mulher em um quarto logo acima.

Os alunos devem resolver a seguinte situação: como o casal pode se comunicar sem despertar a atenção dos sequestradores e de que forma eles podem pedir socorro para alguém fora da casa sem gritar.

Para resolver o desafio, os alunos devem realizar as atividades que são sugeridas por meio de um roteiro que foi organizado em duas partes: na primeira parte os alunos vão trabalhar atividades em que será observada a propagação do som em diferentes meios (ar, barbante e nylon). Nesta parte os alunos devem realizar duas atividades denominadas **Metal que vira sino** e **Telefone com fio**. Na segunda parte será observada a propagação do som em outros sólidos (madeira, carteira) e através do ar em tubos com diferentes diâmetros. Nesta parte, têm-se as atividades denominadas **Tubos acústicos** e **Estetoscópio**.

A testagem da primeira versão da sequência didática foi feita com um grupo de nove alunos voluntários de uma escola pública estadual no dia 3 de abril de 2008. Os alunos são do matutino e realizaram as atividades à tarde, no laboratório de Química e Física da escola. A turma foi dividida em duplas e um grupo ficou com três componentes. Cada grupo foi identificado por uma letra e os seus componentes foram diferenciados pelo número. Por exemplo, o símbolo B1 representa um aluno identificado aleatoriamente pelo número 1 pertencente ao grupo B.

4.2.2.a – Análise por atividade e por grupo

As respostas dos alunos foram analisadas por grupo e por questão e os resultados serão apresentados, inicialmente, evidenciando os aspectos comuns aos grupos e posteriormente os aspectos particulares observados nos mesmos. Estas análises se basearam nas anotações feitas no roteiro pelos alunos durante a

realização das atividades. Como complemento, também foram usadas as anotações da pesquisadora e a transcrição das fitas de vídeos (o experimento foi filmado).

4.2.2.b – Análise das observações e respostas referentes à primeira parte

Os alunos realizaram a primeira parte da atividade (anexo A) em aproximadamente 1 hora (o primeiro grupo finalizou em 50 minutos).

Na primeira atividade, **Metal que vira sino**, os alunos receberam um artefato, o qual é identificado como um sino (constituído por um cabide de arame e dois pedaços de barbante), montagem mostrada na figura 6. De acordo com o roteiro, o aluno deveria segurar o sino pelos barbantes e bater no cabide sem encostar os barbantes no ouvido. Depois comparar encostando cada ponta solta de barbante em um ouvido, deixando o cabide pendurado na sua frente e pedir para um colega bater nele com uma caneta. Procedendo desta forma o aluno ouve o som de um sino, bem diferente do som ouvido quando os barbantes não estão em contato com o ouvido.



Figura 6 – Sino feito com cabide e barbante.

Observamos, inicialmente algumas dificuldades no manuseio do material. Todos os alunos seguraram o sino pelo cabide, mais precisamente pelo “gancho”, na primeira parte dessa experiência e esperávamos que eles segurassem pelos barbantes. Esse problema foi contornado com relativa facilidade e os grupos seguiram as orientações sugeridas de modo a perceber distintos sons, como havíamos previsto na análise *a priori*. Entretanto, de acordo com as análises *a priori*, os alunos confundem e usam de forma inadequada vários termos científicos, como é possível verificar nas respostas dos alunos analisadas.

Em relação à questão **“Explique como o copo preso na extremidade do barbante influencia o som transmitido até o ouvido”**, temos como exemplo a seguinte resposta: *“O barbante fez com que o som não se dispersa-se, chegando aos*

ouvidos exatamente como ele é (C1)". O aluno C1 usou o termo "dispersar" de forma incorreta, pois quer dizer que o som não se espalha e não diminui sua intensidade através do barbante, o que ele observou que ocorre quando o meio de propagação é o ar.

Em uma outra questão, ao pedir para que eles descrevessem o som ouvido ao bater com a caneta no sino, que agora possuía dois copos descartáveis presos nas extremidades livres dos barbantes, como fones de ouvido, observamos a seguinte resposta: "*O som é igual ao da experiência 2 só que mais alto (C2)*". O aluno quis dizer que o som ouvido é mais "forte" que no experimento anterior, confundindo os conceitos de altura e intensidade.

Na análise *a priori*, estava previsto que os conceitos de intensidade e altura poderiam ser usados de forma inadequada, como foi constatado na investigação de Nascimento e Gobara (2007). Essas pesquisadoras verificaram que os alunos, ao apresentarem algumas propriedades do som, como altura e intensidade, entendiam a situação, mas ao expressar suas ideias não usavam a terminologia correta, o que caracteriza um problema na nomenclatura usada e não relacionada aos conceitos envolvidos. Outros trabalhos já comentados no levantamento da literatura realizado neste capítulo nas análises preliminares corroboram nossas observações.

Um aspecto importante a ser destacado é que mesmo usando termos inadequados os alunos parecem entender o que está acontecendo. Como, por exemplo, na questão em que é solicitado que os alunos expliquem como o copo preso na extremidade do barbante influencia o som transmitido até o ouvido. Observamos a seguinte resposta de B2: "*Com o copo preso no barbante, podemos escutar perfeitamente o som, pois o som está fechado e assim ajudando nossa audição, assim fica mais alto*".

O aluno B2 se refere ao fato de que o som no copo não pode se espalhar e como ele ainda não conhece as leis de reflexão e interferência ele usa expressões do senso comum ao afirmar que o som está "fechado". Nessa resposta, novamente aparece a palavra "alto" que foi usada pelo aluno como intensidade do som. Como já vimos, o uso e o sentido desta concepção espontânea é recorrente na literatura.

Por meio dos experimentos solicitados, os alunos foram realizando as atividades e registrando suas observações, o que caracteriza as situações de ação, nas quais eles agem diretamente sobre o material fornecido. Ao analisar estes dados e tentar criar modelos para explicar o observado, está ocorrendo o que Brousseau chamou de situações de formulação.

Apresentamos uma análise da situação de ação dos alunos do grupo A referente à questão que solicita que estes expliquem como o meio de propagação do som pode ter influenciado nas suas observações dos experimentos. A resposta do aluno A1 foi: “*Com o cordão no ouvido, parece o som de um sino*”. Embora a questão peça uma explicação, a resposta relata o que foi observado na atividade sem uma tentativa de explicá-la.

Na resposta do aluno B3, “*No 1º item havia somente o ar para transmitir o som, já no 2º item o som sai maior por causa do barbante*”, percebemos uma tentativa de explicação em relação ao que foi observado, se aproximando de uma situação de formulação, embora, para descrever o som mais intenso, ele utilize o termo “maior”, evidenciando novamente o uso de uma noção do senso comum.

Na atividade do **Telefone com fio**, os alunos receberam três telefones, cada um constituído por um fio de 5 metros e dois copos descartáveis presos nas extremidades deste, sendo dois fios de algodão (barbantes de espessuras diferentes) e o outro fio de nylon.

Nesta atividade, questionou-se a necessidade do fio estar esticado para que o som se propague. O grupo D respondeu: “*Que sem esticar muito o fio não ouvimos com clareza porque a vibração não chega ao outro lado, já quando esticamos bem ouvimos com clareza (D1)*”. Nessa resposta fica mais evidente uma situação de formulação, na medida em que o aluno associa ao som uma vibração que se propaga. Esta é uma formulação considerada por nós satisfatória porque se aproxima do modelo científico.

Na questão que pede para que eles toquem levemente o fio durante a conversa, dois grupos responderam que o som é interrompido (A e D) e dois que

ouviam um chiado. Esta diferença ocorreu devido ao modo dos alunos tocarem o fio, suavemente ou não. Ao ser tocado suavemente, o som apresentava um chiado devido à interferência do toque, enquanto que segurando fortemente o fio, a vibração deste era interrompida, impedindo a propagação do som. A nossa expectativa era que eles sentissem e comentassem a vibração do fio e que, portanto, a propagação do som está associada a uma perturbação (vibração) que se propaga. Fato que não ocorreu satisfatoriamente pelos problemas comentados anteriormente.

As respostas exemplificadas dos alunos A1 e C1, apresentam uma tentativa de explicação sobre a relação entre o tipo de fio do telefone e o som ouvido. O aluno A1, que respondeu “*O fio do 2 é mais grosso e o som é melhor, mais alto. O fio do 1 é mais fino e o som mais baixo (A1)*”, identificou que o melhor telefone é o número 2 porque o fio é mais grosso. A resposta esperada, que caracteriza uma situação de formulação, é: quanto mais grosso o fio melhor é o som para fios de mesmo material. Ele também diz que o melhor som é o som mais alto, querendo dizer que é mais forte (maior intensidade). Esta resposta foi prevista nas análises *a priori*. Uma outra explicação dada foi “*Quanto mais grosso o fio, maior será o volume do som (C1)*”. Nesta explicação o aluno C1 associa a espessura do fio com o volume ouvido.

Os alunos A1 e C1 entrelaçam situações de ação, identificando e elaborando representações a partir das observações feitas com os telefones como, por exemplo, identificar qual é melhor ou pior, com situações de formulação, ao elaborar uma relação entre diferentes diâmetros dos fios com os diferentes sons ouvidos. Comparando as respostas desta atividade, percebemos uma evolução nas explicações elaboradas pelos alunos em relação ao experimento do sino, mesmo com a ocorrência de terminologias do senso comum como foi evidenciado nas discussões anteriores.

4.2.2.c – Análise das observações e respostas referentes à segunda parte

Após a realização da primeira parte, fizemos um intervalo de 15 minutos e iniciamos a segunda parte da situação. A duração desta segunda etapa foi de aproximadamente 50 minutos.

Na atividade com os **Tubos acústicos** (anexo B), os alunos deveriam conversar usando dois tubos de conduíte (5 m de comprimento) de diferentes diâmetros. Os grupos concordaram que ouviam melhor a voz do colega com o tubo de maior diâmetro, e para justificar isto usaram termos como “mais grosso”, “maior cavidade” ou mesmo forneceram o valor do diâmetro dos dois tubos. Este último caso pode ser observado na resposta abaixo: *“O tubo 1 tem de conduíte ½ polegada. O som nele é mais baixo em comparação ao tubo 2, que tem o tubo de conduíte de 1 polegada (B2)”*. Quase todos os alunos acharam que, da mesma forma que o fio, o tubo transmite melhor o som se estiver esticado. O grupo D foi o único a afirmar que o som saía da mesma forma, estando o tubo esticado ou não.

Quando perguntado qual o papel do tubo na propagação do som, o grupo B respondeu: *“Faz o “eco” e aumenta o volume do som (B1)”*. Analisando a resposta de B1, a justificativa do “eco” aparece como uma forma de “aumentar” o som, como se o tubo produzisse “algo” para aumentar a intensidade do som, o que ele chamou de “eco”. Este termo não havia sido considerado nas análises *a priori* e também não há indicações do mesmo na literatura consultada.

As respostas dos outros grupos se aproximam de uma resposta correta, mas nenhuma fez referência ao espalhamento do som, como mostramos a seguir:

O som entra por um lado e sai pelo outro. Transmitir o som (A1);

Ele conduz as ondas sonoras (C2);

Guardá-lo e conduzi-lo melhor ao outro lado (D1).

Os termos “transmitir” e “conduzir” o som são expressões que consideramos corretas e estão de acordo com as respostas esperadas nas análises *a priori*. Quanto ao termo “guardar”, não era esperado nas análises, mas acreditamos que o aluno atribuiu um sentido de “manter junto” ou de “não se espalhar”, se aproximando da resposta esperada.

Ao comparar os tubos 1 e 2, o grupo C parece ter mais clareza ao formular as justificativas, com respostas que vão além da simples observação do problema, como mostra a resposta exemplificada: *“2, porque quanto mais comprido, esticado e grosso for o tubo maior será o volume do som (C2)”*. Este grupo explicou o

aumento do volume do som associado ao comprimento, a tensão e a espessura do tubo, apesar da atividade não ter trabalhado com tubos de diferentes comprimentos, concluindo que este é um fator que contribui na intensidade do som ouvido. Também em relação ao tubo ter que estar esticado, na experiência tentamos mostrar exatamente que isto não é necessário, ao contrário dos fios dos telefones. A realização da experiência com os telefones com fios anteriormente pode ter influenciado os alunos nesta resposta, indicando uma tentativa de generalização das duas situações (fios e tubos).

No início da última atividade, **Estetoscópio**, ao serem solicitados para realizar e analisar o procedimento que inspirou Laënnec a inventar o estetoscópio, arranhando com a unha uma das pontas de um pedaço de madeira e encostando o ouvido na outra ponta, todos os grupos perceberam a diferença entre o som transmitido pelo ar do som transmitido através de um sólido (madeira).

Dando continuidade a atividade, fornecemos um tubo de papelão duro, simulando o primeiro estetoscópio construído por Laënnec, que consistia em um tubo de madeira, e os alunos deveriam usá-lo para auscultar o peito do colega ou ouvir o som propagado na madeira. Com este artefato os alunos afirmaram ouvir melhor o som, mas divergiram na explicação sobre o seu funcionamento:

Aproxima o som (A1);

Ele conduz o som até o ouvido (B3);

É um aparelho que conduz o som até o ouvido através de um tubo que é encostado ao lugar de origem do som (C1);

Ele neutraliza o som que se quer ouvir, por exemplo ele ajuda o médico a ouvir o som melhorando seu diagnóstico (D1).

O aluno A1 explicou o estetoscópio como se fosse uma “lente”, trazendo o som de alguma forma para perto do ouvinte. Os alunos B3 e C1 se aproximam mais de uma resposta satisfatória, mas eles não falam em propagação do som em todas as direções, no caso de não se usar o aparelho.

O termo “neutraliza” usado pelo aluno D1, baseado no senso comum, não estava previsto nas análises e é usado com outro sentido, indicando por meio desta nova expressão que o som é ouvido melhor e com clareza.

Ainda nesta atividade, o aluno D1, ao responder a questão que perguntava se eles ouvem melhor o som produzido ao bater com a caneta na carteira usando o estetoscópio, usou o termo “eco” equivalente a um “barulho” ou “ruído de fundo” do ar. Veja a resposta: *“Com o estetoscópio, por que mesmo ouvindo eco do ar a batida da caneta na carteira é mais nítida (D1)”*.

Os grupos B e D usaram em várias respostas o termo **eco**, mas com diferentes significados. O grupo D usou este termo como sinônimo de “barulho”, como comentamos no exemplo acima, e o grupo B considerou o **eco** “algo” produzido pelo tubo ou pelo estetoscópio que tem a capacidade de aumentar o som, sentido que foi analisado anteriormente. Os grupos apresentaram coerência no uso inadequado deste termo, pois citaram “eco” em várias respostas, mas cada grupo usou sempre o termo com o mesmo significado.

Após finalizar as etapas das atividades experimentais, os alunos responderam cinco questões com o objetivo de retomar os conceitos fundamentais propostos e fazer com que os alunos comparassem as diversas etapas da sequência.

Na questão 1, os alunos deveriam responder se o fio do telefone deveria estar frouxo ou esticado para que o som se propagasse. Todos alunos responderam corretamente que o fio deveria estar esticado, mas apenas os grupos B e D justificaram usando termos corretos como ondas sonoras e vibrações.

Já a questão 2 questionava porque o fio deveria estar esticado e o tubo não para que o som se propagasse. Nenhum grupo respondeu corretamente quanto ao funcionamento do tubo. Os grupos C e D afirmaram, apenas observando que o mais longo propagava com mais facilidade o som em função de apresentar uma cavidade (grupos C e D). O grupo A não respondeu esta questão e o grupo B novamente explicou o funcionamento do tubo usando o termo “eco”, com o significado de “algo” que é produzido para carregar o som.

A questão 3 se diferencia em alguns aspectos das demais. O enunciado é longo em comparação com as outras questões, porque algumas informações e conceitos sobre as propriedades do som, importantes para a compreensão da sua propagação em diferentes materiais, foram introduzidas, e a diferença entre os conceitos de altura e intensidade do som é apresentada usando exemplos. Após essas discussões, apresenta-se a seguinte questão: analisar a atividade do telefone com fio, comparando o meio de propagação e as características do som ouvido nas três situações (três telefones com fio). O conjunto de informações mais a questão pedida pode ter contribuído para a ocorrência das dificuldades comentadas a seguir.

Somente o grupo A entendeu que a pergunta era referente apenas à parte do experimento dos telefones com fio e a respondeu corretamente. Os outros grupos responderam comparando os telefones com os tubos e até com o estetoscópio (grupo C). Esse problema nós creditamos ao excesso de informação no enunciado da questão e foi corrigido para a etapa de aplicação da sequência numa situação real de sala de aula. Os próprios alunos comentaram, na etapa de institucionalização no final da aula, que eles têm, de modo geral, dificuldades na interpretação de texto.

A questão 4 perguntava como era realizada a comunicação entre pontos distantes dentro de um navio no século XIX, informação que havia sido dada em um dos textos do roteiro. Todos alunos responderam com facilidade.

A questão 5 pedia para explicar a relação entre o tubo acústico e o estetoscópio. Os grupos A e D encontraram diferenças entre os artefatos. Os grupos B e C consideraram que ambos funcionavam da mesma forma, embora a explicação não estivesse cientificamente correta. Observe as respostas dos alunos B3 e C1: *“Ambos produzem eco para levar o som (B3)”*; e *“Os dois conduzem o som até o ouvido com menos propagação do som (C1)”*. O aluno B3 novamente usou o termo “eco” como algo que é produzido para carregar o som enquanto que o aluno C1 usou a expressão “menos propagação do som” no sentido de “não espalhamento do som em todas as direções”.

4.2.2.d – Análise dos desafios

Para avaliar o desempenho dos grupos na solução dos desafios, estabelecemos um critério conceitual baseado na solução e nas justificativas das mesmas:

Excelente: solução correta e justificativa correta,

Satisfatória: solução correta e justificativa com terminologias incorretas ou vice-versa,

Insatisfatória: solução e justificativa incorretas.

As seguintes questões fazem parte dos desafios propostos aos alunos:

1) Como este casal pode se comunicar sem despertar a atenção dos sequestradores?

2) Sabendo que o casal não possuía papel e lápis, telefone, etc, existe alguma forma de pedir socorro para alguém fora da casa sem gritar?

3) O casal usava um copo encostado na parede para descobrir se os sequestradores estavam dormindo ou se haviam saído. Explique por que usar o copo permite ao casal obter melhor informação sobre o outro cômodo.

Na análise das respostas aos desafios, consideramos satisfatória as respostas da questão 1, pois os alunos apresentaram a solução correta, mas não justificaram usando termos científicos de forma clara. O aluno A2, respondeu: “*A mulher passa o fio para o homem amarrar no fundo do copo*”, sem detalhar que o fio deveria estar esticado para comunicação entre eles. Os grupos B e D responderam de forma semelhante.

A resposta do grupo C a esta questão 1 foi: “*A mulher batendo no chão e colocando um copo no chão e o homem batendo no teto (C1)*”. Este grupo usou um novo conhecimento para resolver a questão, a sugestão dada pela mulher de encostar um copo no chão para ouvir melhor a mensagem do marido, mas esperávamos que eles também sugerissem o uso do telefone com fio. A resposta dada não estava prevista nas análises *a priori*, pois, mesmo com o uso do copo, o homem não teria

como alcançar e bater no teto da garagem e a mulher poderia chamar a atenção dos sequestradores ao bater no chão.

Na questão 2, consideramos satisfatória a solução, pois todos fizeram referência ao encanamento vazio ligando a garagem à rua, mas nenhum explicou o funcionamento do tubo como mostrou a resposta de B2: *“Falando no tubo que ligava a garagem até a rua”*.

Os maiores erros apareceram nas respostas da questão três. O termo “eco” é recorrente e foi citado por dois grupos para justificar o uso do copo pelo casal (grupos B e D) para ouvir o que se passava do outro lado da parede. A resposta do grupo A, *“O copo aproxima o som”*, já foi usada e analisada em outra questão. A resposta do grupo C, *“Porque o copo é um meio de conduzir o som mais alto até o ouvido”*, foi a que mais se aproximou de uma solução satisfatória, mas ainda percebemos na justificativa o uso de uma concepção inadequada ao utilizar o termo “alto”.

De acordo com a teoria das situações de Brousseau, a solução do desafio evidencia a situação de validação, pois os alunos conseguiram utilizar o conhecimento formulado ao longo da sequência para resolver o desafio proposto, que consistiu em ajudar o casal a estabelecer uma comunicação entre si e pedir socorro para alguém fora da casa. A solução proposta é uma prova de que esses alunos aprenderam os princípios de propagação de ondas sonoras nos meios materiais considerados.

Reunimos os alunos, no final, para a **Institucionalização**, cujo objetivo é fazer uma retomada do que tinha sido trabalhado e discutir os conceitos que foram usados a partir de uma situação particular para solucionar o desafio e generalizá-los. As concepções espontâneas que percebemos durante a atividade, como os conceitos de altura, intensidade, dispersão e eco, foram retomadas com a intenção de esclarecê-las, na tentativa de mostrar aos alunos que elas não estão de acordo com as explicações científicas.

4.2.2.e – Comentários e considerações sobre a testagem piloto

De modo geral, a solução dada pelos alunos ao problema inicialmente proposto foi satisfatória na maioria dos grupos: todos solucionaram o desafio. Mesmo identificando muitas concepções espontâneas, o objetivo principal da atividade foi atingido e os alunos forneceram as soluções para ajudar o casal sequestrado como havíamos previsto na análise *a priori*.

A análise da testagem piloto da sequência didática mostrou-se importante para a continuação da pesquisa. A maioria dos resultados estava de acordo com as análises *a priori*, confirmando as nossas previsões e expectativas. Outras respostas e manifestações dos alunos nos surpreenderam e foram usadas para modificar e aperfeiçoar a sequência testada. As principais alterações serão detalhadas a seguir.

Na atividade do **telefone com fio**, observamos um problema geral no primeiro item: a primeira questão pede que os alunos tentem conversar a uma distância de 5m (sem telefone). O problema ocorreu porque a figura do telefone com fio estava acima desta questão e todos os alunos realizaram a comunicação usando o telefone, o que aconteceu com uma certa facilidade. Para solucionar esta questão a figura do telefone será deslocada para a questão seguinte, na qual o telefone deve ser usado. Esta confusão não interferiu no objetivo principal do experimento que era verificar a propagação do som em diferentes meios, mas impediu que os alunos percebessem a dificuldade em ouvir o colega ou mesmo não ouvi-lo a esta distância.

Os enunciados das **questões 3 e 5** do questionário foram alterados com a intenção de torná-los mais compreensíveis aos alunos. Estas alterações nos enunciados e nas análises serão detalhadas no próximo item.

Também decidimos solicitar que os alunos resolvessem as duas primeiras questões do desafio antes de fazer as atividades experimentais, como também será discutido no próximo item.

Os alunos mostraram muito interesse no tipo de atividade proposta e no manuseio do material experimental, indicando que as atividades que os desafiam

como as que propomos são bem aceitas e os motivam, satisfazendo o seguinte objetivo: envolver o aluno em uma atividade de modo que ao resolver a situação-problema proposta ele construa novos conhecimentos.

Analisando a testagem piloto realizada com o grupo de nove estudantes voluntários, confirmamos a suspeita de que seria mais proveitoso, tanto para as observações referentes à pesquisa quanto para atender melhor os alunos, que o experimento fosse trabalhado com um número reduzido de participantes, além do fato do material experimental ser volumoso e necessitar de um espaço amplo para ser usado. Em função disso, decidimos dividir a turma em dois grupos. Enquanto metade da turma fazia o experimento, a outra parte realizava uma outra atividade que vamos apresentar no item **4.2.3**.

A divisão da turma em dois grupos pode ser facilitada numa situação comum de sala caso outro professor queira participar, realizando um trabalho interdisciplinar.

4.2.2.f – Alterações na análise *a priori* em consequência da análise da testagem piloto

Vamos detalhar as alterações na sequência em função da análise da testagem piloto e as eventuais mudanças nas respostas previstas pelos alunos.

Em relação ao enunciado da **questão 3** do questionário, a colocação inicial é praticamente a mesma e tem como objetivo esclarecer os conceitos de altura e intensidade do som. A principal mudança foi feita na questão proposta: “Quais as conclusões que se pode tirar comparando o som ouvido nas atividades das três situações com **os telefones com fio**? Verifique as respostas da questão 2.7 da atividade 2. Considere as características comentadas acima ou qualquer sensação percebida por você na comparação desses três telefones.” A questão 2.7 mencionada apresenta duas tabelas que tem como objetivo organizar as discussões feitas ao longo da atividade 2, comparando os telefones dois a dois. Deste modo, esperamos que os alunos entendam que a comparação deve ser feita somente entre os três telefones.

As respostas esperadas para esta questão continuam sendo as mesmas da análise *a priori* feita antes da testagem piloto.

Na **quinta e última questão**, decidimos subdividi-la em três itens. Os alunos devem comparar o tubo acústico com o estetoscópio quanto ao meio de propagação do som; quanto ao funcionamento de cada instrumento e quanto ao uso de cada um.

Quanto ao meio de propagação, esperamos que os alunos respondam que é o mesmo, no caso, o ar. Da mesma forma, esperamos que eles percebam que o princípio de funcionamento é o mesmo, ou seja, a propagação do som em uma direção. A diferença que esperamos que os alunos citem esta associada ao uso destes artefatos. Durante as atividades, o tubo acústico será usado para a comunicação entre dois pontos enquanto que o estetoscópio é usado na área da saúde para auscultar ruídos internos do organismo. Acreditamos que desta forma os alunos terão mais facilidade em organizar suas ideias.

A alteração mais significativa foi em relação ao momento dos alunos responderem as **questões do desafio**. Na testagem piloto da sequência, os alunos responderam as três questões do desafio somente após a realização das atividades experimentais. Com isto não conseguimos determinar para que alunos a realização da sequência foi determinante na solução deste e quais já tinham o conhecimento necessário para tal.

Neste sentido, na experimentação vamos pedir que os alunos respondam as duas primeiras questões do desafio logo após a leitura do texto que apresenta a situação-problema. Os alunos devem propor uma solução para os sequestrados se comunicarem entre si, sem despertar a atenção dos sequestradores e propor um meio para se comunicarem com alguém fora da casa para pedir socorro. Continuando, após ter realizado as atividades experimentais e respondido o questionário, os alunos devem retomar a situação-problema e resolver as três questões que vamos detalhar a seguir. Na análise dos dados, as respostas dos alunos antes de fazer a atividade será comparada com as respostas finais, com o objetivo de avaliar a evolução dos conhecimentos aplicados na solução do desafio.

Para as questões propostas como desafio, alguns alunos inicialmente, **antes da realização da sequência**, podem dizer que não sabem responder as questões, pois ainda não estudaram o conteúdo necessário e outros podem deixar em branco por vários motivos: não saber responder, também por medo de errar, por não ser obrigatório e tentar responder depois com mais segurança, etc.

Para que o casal possa se comunicar sem despertar a atenção dos sequestradores, acreditamos que os alunos vão sugerir **antes de realizar os experimentos**: conversar pelo buraco entre os cômodos, bater no chão ou na parede com as mãos ou fazer gestos para que o outro veja através do buraco. Estas respostas não são as desejadas porque para conversar pelo buraco o casal terá que falar forte, o que pode ser perigoso, e como o ambiente é pouco iluminado não é possível ver os gestos um do outro. Alguns já podem apresentar a resposta desejada por nós: o uso do telefone com fio, construído com o barbante e os copos plásticos, através do buraco que existe entre os dois cômodos.

Já para que o casal peça socorro para alguém fora da casa, acreditamos que alguns alunos possam sugerir, também antes de fazer as atividades, que a mulher bata na parede que faz divisa com a rua ou cave um buraco na parede com o garfo. Outros podem sugerir a resposta desejada: que o homem utilize o encanamento vazio para pedir socorro para alguém na rua.

Depois de tentar propor uma solução para o casal (desafio), os alunos realizam as atividades experimentais e ao final eles devem retornar as questões propostas no desafio.

Após a realização da sequência esperamos que eles sugiram, como resposta da primeira questão, o uso do telefone com fio, construído com o barbante mais grosso e os copos plásticos, através do buraco que existe entre os dois cômodos para que o casal se comunique. Para a resposta da segunda questão, eles devem sugerir que o homem utilize o encanamento vazio para pedir socorro (batendo ou falando neste) para alguém que passe na rua.

4.2.3 – Análise *a priori* da atividade com os textos

Ao elaborarmos a parte experimental da sequência didática e a sua testagem piloto, percebemos a necessidade de um espaço amplo para que os grupos pudessem fazer os experimentos adequadamente em função das atividades e principalmente pelo número de alunos relativamente grande por sala. Surgiu, então, a ideia de dividir a turma em dois grupos. Enquanto a metade da turma realizava o experimento, a outra parte deveria trabalhar em uma outra atividade. Num segundo momento, os grupos trocariam de atividade, de modo que todos os alunos fizessem as duas partes da sequência.

Este procedimento de trabalhar com dois grupos menores foi interessante tanto para a pesquisa, tornando mais fácil a observação com um grupo pequeno de alunos, quanto para o desenvolvimento da sequência proposta a ser realizada no dia a dia em sala de aula, pois sabemos da dificuldade em realizar experimentos com um número grande de alunos.

Então decidimos realizar uma atividade, por meio de textos, que pudesse relacionar o cenário de fundo da temática da situação-problema com aspectos do contexto social dos alunos: “mundo da vida” (AULER, 2007, p. 5).

Os novos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN – (BRASIL, 1999) para o Ensino Médio propõem uma Física contextualizada e integrada a vida dos alunos, em que o significado do conhecimento a ser apreendido seja relevante e percebido durante a aprendizagem. Também consideram essencial a compreensão da construção deste conhecimento ao longo do processo histórico com suas constantes transformações. Além disso, se pretende que os alunos compreendam o funcionamento de determinados aparelhos do cotidiano doméstico, social e profissional, associando ciência e tecnologia.

No sentido de relacionar o conteúdo científico com os aspectos do contexto social, escolhemos quatro textos para a leitura e interpretação que apresentassem alguma relação com o contexto utilizado na elaboração do desafio proposto para a

discussão do conteúdo desenvolvido no experimento – propagação de ondas sonoras.

Na parte experimental da sequência, as atividades têm por objetivo trabalhar a questão da aprendizagem do conteúdo e dos conceitos de Física. Com relação aos textos para leitura e interpretação, a escolha foi feita com o objetivo de discutir e viabilizar a construção do conhecimento por meio de habilidades de leitura e interpretação e a discussão de aspectos ligados à atitude e tomada de decisão por parte dos alunos. Neste sentido os textos foram discutidos na forma de questões de juízo de valor em que os alunos devem colocar as suas opiniões em relação ao uso do artefato tecnológico envolvido na atividade.

Escolhemos os seguintes temas: *Disque Denúncia e o impacto do celular no cotidiano dos jovens*, pois são atuais e devem levar o aluno a se posicionar criticamente em relação às questões propostas, pois sabemos que a invenção do telefone, cujo princípio de funcionamento será trabalhado na atividade experimental, bem como seu avanço tecnológico provocou uma grande transformação na sociedade, nas relações entre as pessoas, no desenvolvimento da economia e comércio, etc.

No nosso trabalho, utilizamos como artefato, o telefone, isto é, o seu princípio de funcionamento. Entretanto, este objeto não foi o foco principal deste estudo, porém ele foi utilizado como um elemento fundamental do “meio didático”, que deve auxiliar o aluno a construir os novos conhecimentos relacionados ao conteúdo de Física escolhido. Ele é um artefato integrado ao dia-a-dia dos alunos, facilitando a contextualização do conhecimento que queremos promover. A concepção do objeto como mediador social e cultural é fundamental, pois este pode causar, como já comentamos no caso do telefone, um grande impacto ou transformação no meio em que está inserido.

Para que esta integração entre ciência e sociedade ocorra, segundo Aléixandre e Gutiérrez (1990, p. 21-22, apud GURGEL, 2000, p. 38-39), o aluno deve ter a capacidade de interpretar o mundo físico, natural e tecnológico que o rodeia. Neste sentido, a ciência deve ser tratada como atividade realizada pelo

homem, questionando o caráter a-histórico, a suposta neutralidade e verdade absoluta, passando a ter um papel de construção social. Para estes autores, a sociedade influencia, ou mesmo determina a direção do progresso científico.

Ainda neste sentido, para Gurgel (Ibid., p.40), a compreensão social e cultural escolar tem um papel determinante no sucesso-fracasso (evasão e repetência escolar) do ensino, pois muitas vezes nos prendemos em questões metodológicas, técnicas e nos processos ensino-aprendizagem e esquecemos os processos de exclusão e desigualdades sociais e econômicas que permeiam todas as instituições sociais e políticas. Por meio de um ensino que compartimentaliza o conhecimento, o aluno perde a noção do todo e da relevância da educação na sua vida. Desta forma, muitas vezes os alunos consideram o domínio do conhecimento científico privilégio de algumas pessoas, ficando a maioria à margem deste saber.

Contra esta chamada dominação pela ciência e tecnologia como privilégio de pouco e procurando democratizar estes conhecimentos, surge na educação o enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), que segundo Santos e Mortimer (2000), tem como objetivo não somente alfabetizar científica e tecnologicamente os jovens do Ensino Médio, mas também a construção de conhecimentos, habilidades e valores, tornado-os cidadãos capazes de agir com responsabilidade e conhecimento nas questões associadas a esta área. Para isto é necessário o desenvolvimento de valores que estejam vinculados e comprometidos com os interesses de toda a sociedade.

Uma possibilidade para realizar esta alfabetização é a abordagem de temas sociais, polêmicos e que instiguem a discussão e a ação entre os alunos. Segundo Santos:

A inclusão dos temas sociais é recomendada por todos os artigos revisados, sendo justificada pelo fato de eles evidenciarem as inter-relações entre os aspectos da ciência, tecnologia e sociedade e propiciarem condições para o desenvolvimento nos alunos de atitudes de **tomada de decisão**. (SANTOS, 1992, p. 139 apud AULER, 2002, p. 36, grifo do autor).

Esta abordagem dos temas sociais pode ser feita de várias formas, como, por exemplo, por meio de palestras, solução de problemas, debates, etc, e podem ser trabalhados em pequenos grupos de alunos na sala de aula. Na sequência elaborada por nós, escolhemos trabalhar por meio de textos. Os alunos receberão um roteiro com quatro textos, com temas considerados interessantes e instigantes relacionados ao artefato – o telefone – cujo princípio de funcionamento foi utilizado para desenvolver as atividades do experimento. A questão desafio da parte experimental, que já discutimos anteriormente (item 4.3.1), também foi contextualizada de forma a envolver o aluno em uma questão atual da sociedade, a violência urbana.

Para o desenvolvimento da pesquisa, os alunos deverão trabalhar os textos individualmente (leitura e interpretação). Não foi prevista a realização de um debate e discussão no grande grupo, apenas visamos obter informações sobre o que os alunos pensam e sabem a respeito do uso de celulares e do projeto Disque Denúncia que são temas transversais relacionados ao contexto escolhido e as tecnologias.

Em relação ao texto do projeto Disque Denúncia, ele foi incluído porque queremos saber o que os alunos pensam sobre o uso do telefone como um meio de prestação de um serviço disponível para a sociedade, e não somente o uso pessoal que eles fazem deste artefato.

Para a continuidade deste trabalho sugerimos desenvolver esta atividade dentro do enfoque CTS, incluindo a discussão e o debate entre os alunos e, se possível, com o envolvimento de outros professores e viabilizar um trabalho interdisciplinar ou ainda transdisciplinar.

Assim, como na parte experimental da sequência, iniciamos esta etapa pesquisando questões do dia a dia que poderiam ser trabalhadas por meio de textos e que envolvessem o artefato escolhido, o telefone. Dois temas se mostraram atuais, interessantes e de acordo com os nossos propósitos: a violência que enfrentamos e a mudança de comportamento dos jovens em função das novas tecnologias. Em relação à mudança de comportamento está o uso indiscriminado de alguns aparelhos, como o telefone celular e o computador, parecendo impossível para a maioria dos

jovens pensar a vida sem eles. A partir daí, selecionamos alguns artigos de jornais tratando destes temas para discutir com os alunos.

A primeira parte da atividade com os textos para discussão inicia com um pequeno opinário com algumas questões gerais e pessoais (anexo C), com as quais queremos ter uma ideia do acesso a artefatos tecnológicos, em particular o telefone celular dos alunos envolvidos na pesquisa.

Com estas perguntas queremos saber se os alunos possuem telefone fixo ou celular, quais as funções do celular que eles conhecem e quais mais usam. Também queremos saber se eles conhecem o projeto Disque Denúncia, se já usaram ou conhecem alguém que fez uso deste tipo de serviço. O texto sobre o projeto Disque Denúncia foi escolhido porque associa um tema polêmico e presente na atualidade, a violência, com o artefato tecnológico escolhido, o telefone, cujo princípio de funcionamento foi trabalhado na sequência didática realizada pelos alunos.

Com as facilidades de pagamento atual e preços mais baixos comparados há alguns anos atrás, acreditamos que praticamente todos os alunos têm pelo menos um tipo de telefone. Pela nossa vivência e informações dos meios de comunicação, sabemos que muitas pessoas estão deixando de ter telefone fixo e passaram a ter somente o celular, com o objetivo de reduzir despesas ou simplesmente por não resistir a novidades tecnológicas e a facilidade oferecida pelo mercado consumidor para adquiri-las.

Em relação ao serviço de Disque Denúncia, é bem provável que os alunos conheçam também por meio de jornais, revistas, etc, mas acreditamos que nenhum ou muito poucos tenham feito uso deste tipo de serviço.

Após responder estas questões, propomos a segunda parte, na qual os alunos devem ler o **texto 1** chamado: **Telefone contra a violência** (anexo C). Este texto explica o que é o projeto Disque Denúncia, como funciona este serviço e discute a sua eficiência na prevenção e no combate do crime em São Paulo, onde está funcionando desde novembro de 2000.

Os alunos devem responder seis questões a partir desta leitura. Em algumas perguntas queremos a opinião deles e em outras a resposta está no texto, exigindo uma leitura e interpretação deste.

Inicialmente, os alunos devem destacar no texto que os principais motivos para a população não registrar ou fazer denúncias são o receio de retaliação por parte dos criminosos e a desconfiança em relação à eficácia do trabalho da polícia. Em seguida, eles devem localizar o significado do termo “subnotificação”, que de acordo com a leitura é a falta de registro das ocorrências.

Quanto à opinião dos alunos sobre o principal motivo para a falta de denúncias feitas pela população, podemos esperar como respostas o medo de retaliação da parte dos criminosos, violência ou ineficiência da polícia, descrença na justiça, indiferença quanto aos fatos que não nos envolvem pessoalmente e não acreditar no anonimato da denúncia.

Os alunos devem compreender o funcionamento do Disque Denúncia e como é possível acompanhar o andamento do processo, descrevendo que as denúncias são feitas pelo telefone aos atendentes, passam por uma triagem feita pelas polícias civis e militares que, em seguida, encaminham as consideradas verdadeiras aos departamentos competentes para uma investigação preliminar e também para reunir provas, finalizando com a acusação formal. Desta forma a polícia garante o anonimato do denunciante. Após a denúncia, a pessoa recebe uma senha alfanumérica, tornando-se um fiscalizador, podendo verificar por meio da senha, num prazo de 30 dias, o que foi feito de concreto.

Acreditamos que os alunos vão se posicionar favoráveis a este tipo de serviço, pois não expõe o denunciante ao perigo de represálias e ajuda a diminuir ou a resolver muitos crimes. Outras possibilidades de respostas são: o posicionamento contra o serviço, pois, por exemplo, os bandidos poderiam corromper os atendentes ou os policiais e descobrir quem os denunciou, ou achar que ele não resolve nada, por exemplo, por achar a polícia incompetente.

Na terceira parte, temos 3 pequenos textos (anexo C):

Texto 2.1 - Escolas proíbem uso de celular, mas alunos burlam a norma

Neste texto é discutido o uso do celular pelos alunos em sala de aula, mesmo sendo proibido na maioria das escolas.

Texto 2.2 - Novos castigos afastam jovens da tecnologia

Neste texto se discute a questão dos castigos, já que atualmente deixar o filho trancado no quarto deixou de ser um problema, pois ele continua mantendo contato com seus amigos e se divertindo usando o telefone, o computador, etc. Agora, para punir os filhos os pais estão proibindo o uso destes aparelhos que eles adoram.

Texto 2.3 - Jovens usam celular para criar mundo particular

Neste texto é discutido como as mudanças tecnológicas estão provocando mudanças sociais. São citados exemplos de pais americanos que foram obrigados a se adaptar as mudanças para não se afastar dos filhos.

Cinco questões são feitas com a finalidade de conhecer a opinião dos alunos sobre os temas discutidos nos textos 2.1, 2.2 e 2.3.

Em relação à opinião dos alunos quanto ao uso do celular em sala de aula, discutido no texto 2.1, eles podem se posicionar a favor, contra ou indiferentes (sem posição definida).

Os alunos que são a favor podem dizer: que precisam receber alguma ligação urgente; não atrapalham o professor se falarem baixo; tem professor que também usa o celular em aula; é contra conversar, mas acha que ouvir música não atrapalha a aula; usar o aparelho é um direito do aluno; os alunos poderiam usar nas aulas que o professor permitir.

Os alunos contra provavelmente vão responder: atrapalha o professor; tira a concentração do aluno; é falta de respeito com o professor e com os colegas.

Alguns podem se colocar indiferentes ao uso, dizendo que cada um deve ser responsável pela sua vida.

Na questão que sugere como castigo a proibição do uso do celular e de outros aparelhos com a finalidade de educar os filhos, discutido no texto 2.2, os alunos devem apresentar somente duas posições: contra ou a favor da proibição.

Acreditamos que os alunos que são contra a proibição podem responder: castigar não educa; os jovens ou as crianças podem usar os aparelhos dos amigos; os pais devem conversar e não castigar; os jovens podem usar o computador em cybers ou lan houses; proibir só faz que os jovens fiquem revoltados.

As respostas a favor podem ser: os filhos precisam de limites dos pais; se proibir algumas vezes, os filhos vão pensar duas vezes antes de fazer algo que os pais consideram errado; ninguém gosta de ficar isolado dos amigos.

Como já foi comentado, o texto 2.3 apresenta algumas situações de mudança de comportamento dos jovens, nos Estados Unidos, devido ao uso de novas tecnologias e como os pais e responsáveis tiveram que se adaptar a esta nova realidade para manter o diálogo com os filhos. Na questão proposta, os alunos devem dizer se os exemplos citados no texto poderiam se passar no Brasil.

Os alunos que responderem “sim” podem argumentar que atualmente muitos jovens têm celular e outros equipamentos eletrônicos, da mesma forma que nos países ricos e devem enfrentar o mesmo tipo de situação.

Os jovens que responderem “não” podem dizer que o celular e outros aparelhos ainda não chegaram em muitos lugares do Brasil e que a nossa realidade para a maioria dos jovens brasileiros é bem diferente dos americanos.

Os estudantes são questionados se utilizam o celular da mesma forma e com a mesma frequência dos seus pais ou responsáveis. Neste caso, temos duas possibilidades de resposta: “sim” ou “não”. Em alguns casos os jovens usam mais porque além de conversar bastante, usam outras funções do aparelho, como jogos, torpedos, música, etc. Em outras situações os pais usam o aparelho para o trabalho, o que faz com que utilizem bastante o aparelho.

Também questionamos se eles acham correto utilizar o celular frequentemente e de forma indiscriminada. Os alunos que responderem “sim” podem argumentar que é a necessidade de comunicação que faz com que as pessoas usem muito o aparelho. Os alunos que discordam, podem achar que a maioria está viciada e não precisaria usar tanto e também pode prejudicar o contato com outras pessoas.

Quanto ao uso do celular aproximar ou afastar os jovens dos seus amigos, muitos podem considerar que o celular “aproxima”, pois é possível encontrar qualquer pessoa quando precisamos, conversar, matar a saudade, etc. Por outro lado, tem os que acham que conversar por telefone não substitui o encontro de amigos e estes podem com o tempo perder a intimidade. Podemos ter alunos para os quais o uso do telefone não interfere nas suas amizades, não aproximando nem afastando dos amigos.

Já em relação à família, alguns vão responder que o uso do celular “aproxima” os que moram longe, faz com que os pais e os filhos possam estar sempre em contato, até mesmo por uma questão de segurança nos dias atuais. Os alunos que responderam “afasta” podem sugerir que conversando muito pelo telefone, as pessoas deixam de se visitar para saber notícias umas das outras. Para outros, o uso do telefone não aproxima nem afasta, e os relacionamentos permanecem iguais.

4.3 – Experimentação

A terceira etapa da metodologia, Engenharia Didática, usada nesta pesquisa é a Experimentação. Nesta etapa a sequência, que já havia sido previamente testada e reformulada, foi aplicada a um grupo de alunos. Os dados e resultados obtidos durante a experimentação serão utilizados nas análises que se constitui na última etapa desta metodologia.

Num primeiro contato com a escola escolhida, a direção recebeu o nosso pedido de autorização (anexo D) para realizar a pesquisa com uma turma da 2ª série do Ensino Médio. A direção nos autorizou e fomos bem recebidos por todos. A

turma que realizou a atividade estava matriculada na segunda série do Ensino Médio, de uma escola estadual situada em um bairro na periferia da cidade de Campo Grande. A escola possuía 3 turmas nesta série e a escolha desta ocorreu em função da disponibilidade dos professores que nos cederam seus tempos de aula. Três professores nos auxiliaram, um de Física, um de Matemática e um de Literatura.

Alguns dias antes de iniciarmos as atividades com os alunos, fomos conhecer a turma e convidá-los para participar da pesquisa. Os alunos receberam o termo de consentimento livre e esclarecido (anexo E).

No dia em que iniciamos as atividades, a turma foi dividida em dois grupos: um grupo ficou na sala de aula com o professor do horário cedido enquanto o outro foi (com as pesquisadoras) para uma área no térreo, aberta, mas coberta, onde os alunos da escola circulam e lancham no intervalo. Eles chamam este espaço de varanda. Escolhemos este local pelo espaço, porque para realizar os experimentos propostos, feitos em duplas, um aluno precisa ficar a uma distância de cinco metros do outro.

O grupo que ficou na sala de aula realizou uma das partes da sequência que consiste na leitura e interpretação de 4 textos que tratam de temas diretamente ligados ao contexto da situação-problema construída. Antes de iniciar a leitura dos textos, os alunos responderam um pequeno opinário (anexo C), que contém perguntas solicitando as seguintes informações: se possuíam telefone fixo ou celular, quais as funções mais utilizadas no aparelho e se conheciam o serviço chamado Disque Denúncia. Depois trabalharam na leitura e interpretação dos textos, que foram escolhidos e divididos em dois temas: “Telefone e Violência” e “Impacto Social do Telefone”. As produções dos alunos sobre a leitura e interpretação desses textos também foram analisados nesta pesquisa.

O grupo que foi para o andar térreo com as pesquisadoras realizou a parte experimental da sequência. Os alunos receberam o roteiro com a situação-problema e as atividades experimentais. O material para os experimentos foi sendo entregue aos alunos à medida que eles foram desenvolvendo as atividades.

No segundo dia os dois grupos trocaram as atividades, de modo que todos pudessem fazer as duas partes da sequência didática.

Nos dois dias da etapa de experimentação, os alunos utilizaram três tempos (aulas) para finalizar a parte experimental, que foi inicialmente programada e testada para ser realizada em dois tempos. Em relação à leitura e interpretação de textos, nos dois dias os alunos conseguiram completar a atividade em dois tempos, conforme havíamos planejado.

Inicialmente, o grupo constava de 35 alunos. Considerando os dois dias de investigação, um total de vinte e oito alunos realizou a parte experimental da atividade e vinte e seis alunos realizaram a parte de leitura e interpretação de texto.

Para a realização das atividades experimentais formamos 13 grupos, sendo que 7 grupos fizeram o experimento no primeiro dia e 6 grupos no segundo. Os grupos com a numeração 1 até o 7 fizeram o experimento no primeiro dia e os demais grupos, 8 ao 13, no dia seguinte. Para realizar o experimento, os alunos foram divididos em duplas, sendo que em cada dia foi necessário formar um grupo com três (trio) em função do número de alunos que havia descido da sala.

A atividade de leitura e interpretação dos textos foi feita individualmente, mas os alunos foram identificados com a mesma numeração usada na atividade experimental.

No próximo capítulo vamos tratar da análise da sequência didática, de acordo com a metodologia adotada (Engenharia Didática), trata-se da etapa da análise *a posteriori* e validação da sequência realizada.

CAPÍTULO V – ANÁLISE A *POSTERIORI* E VALIDAÇÃO

Dando continuidade às etapas da Engenharia Didática, passaremos à última que trata da análise *a posteriori* e validação da sequência didática.

Os alunos realizaram uma sequência didática dividida em duas partes (experimental e leitura e interpretação de textos) como havíamos previsto na análise *a priori* (capítulo IV). Iniciaremos a análise pela parte experimental da sequência.

5.1 – Sequência Didática: Análise da Atividade Experimental

A parte experimental da sequência que os alunos realizaram na experimentação foi basicamente a mesma feita na testagem piloto (capítulo IV, item 4.3.2). Foram feitos alguns ajustes e algumas mudanças sugeridas, após essa testagem, no sentido de tornar mais claras as orientações das atividades aos alunos.

Uma mudança considerada significativa foi iniciar a parte experimental da sequência solicitando para os alunos resolverem o desafio antes e depois de realizar as atividades. Queríamos primeiramente verificar se os alunos conseguiriam resolver o problema sem fazer os experimentos, isto é, levantar o que eles sabiam e, em segundo lugar, verificar se as atividades ajudariam na solução do desafio.

Dos 28 alunos que realizaram a parte experimental, alguns foram descartados, e restaram 22 alunos para a análise. Os alunos desconsiderados pertenciam aos grupos, 6 (dois alunos), 7 (três alunos), e um dos alunos do grupo 1. O grupo 6 foi descartado por não ter completado todas as etapas da parte experimental. No caso do grupo 7, os alunos deixaram várias questões em branco e também responderam outras de modo displicente, com respostas completamente fora do contexto, comprometendo a análise destas atividades. Um dos alunos do grupo 1 também teve que ser descartado porque ele não finalizou as atividades, pois foi liberado no último tempo para ir ao médico.

A análise foi feita a partir dos registros dos alunos nos próprios roteiros e da filmagem realizada durante as atividades.

Para realizar a análise *a posteriori* e validação da sequência vamos inicialmente apresentar uma análise geral das respostas dos alunos em relação às questões do desafio, descrevendo as categorias que foram usadas para isto.

Em seguida vamos apresentar as análises das respostas e dos procedimentos de três alunos, representantes das categorias com maior frequência de respostas para caracterizar a evolução destes ao longo da atividade e os seus **procedimentos de aprendizagem de alguns conceitos sobre a propagação de ondas sonoras** introduzidos na experimentação.

A atividade proposta por nós é introdutória ao conteúdo de propagação de ondas sonoras, não tendo a intenção de esgotar o assunto, mas sim fazer com que os alunos vivenciem várias situações que deverão ajudá-los nas suas representações e modelizações. Esperamos que os alunos observem e comparem os fatores que alteram a propagação do som devido a mudanças no meio. Os conceitos que serão desenvolvidos são tensão, densidade, as dimensões do meio e como a variação destas mudam a percepção do som ouvido pelo aluno.

5.1.1 – Análise Geral das Respostas dos Alunos ao Desafio

Lembramos que as atividades propostas têm como objetivo fazer com que o aluno vivencie diversas situações que vão levá-lo a construir os conhecimentos sobre propagação do som.

Após realizar as atividades experimentais, os alunos foram solicitados a responder 5 questões cujo objetivo foi auxiliá-los a sintetizar estas atividades e organizar as suas ideias. Em seguida, eles voltaram a responder as duas questões iniciais, que já haviam respondido no início da aula, e mais uma terceira, após a leitura da situação-problema (veja os roteiros nos anexos A e B). A análise geral por atividade e também por grupo se encontra no anexo F. Apresentaremos no corpo desta dissertação a discussão e análise geral somente das questões do desafio.

Lembramos que o desafio colocado pela situação-problema é **“Como você pode ajudar o casal sequestrado a se comunicar entre eles e a pedir socorro para alguém que esteja passando na rua?”**.

Para viabilizar e apresentar uma análise geral da evolução dos 22 alunos que realizaram toda a sequência, dividimos as suas respostas em cinco categorias de acordo com os seus desempenhos na solução do desafio:

Categoria A – Alunos que acertaram a resposta antes do experimento, continuando certa depois deste.

Categoria B – Alunos que responderam errado antes do experimento e mudaram a resposta depois da atividade, acertando a questão.

Categoria C – Alunos que responderam errado antes do experimento e mudaram a resposta, mas continuou errado.

Categoria D – Alunos que responderam errado antes do experimento e não mudaram a resposta.

Categoria E – Alunos que responderam certo antes do experimento, mudaram a resposta e erraram.

As análises das questões 1 e 2 do desafio foram feitas da seguinte forma: comparamos as respostas dos alunos antes e depois da realização do experimento.

Análise da Primeira questão: Como este casal pode se comunicar sem despertar a atenção dos sequestradores?

Numa análise mais geral, notamos uma evolução nas respostas da questão 1 do desafio e também uma aproximação destas com o modelo científico aceito. Dos 22 alunos analisados, 10 foram identificados na categoria B, pois resolveram esta questão evidenciando o uso de um novo conhecimento em uma nova situação, indicando que ocorreu a aprendizagem, fato que segundo Brousseau caracteriza uma situação de validação.

A partir das análises, identificamos oito alunos que foram enquadrados na categoria D. Estes alunos fizeram toda a atividade, participando de uma forma ativa e interessada. De acordo com a Teoria das Situações, o fato dos alunos terem

assumido a resolução do desafio é uma evidência de que houve a devolução do problema pelo professor. Embora existam evidências do envolvimento destes alunos com as atividades nos registros dos roteiros e pela filmagem, para estes, que erraram a questão inicialmente e continuaram com a mesma resposta após as atividades, podemos supor que não houve aprendizagem ou pelo menos não temos prova que ocorreu aprendizagem, pois segundo Brousseau é por meio da solução de um novo problema que o aluno poderá provar que o novo conhecimento foi apreendido.

Evidenciamos um aluno que errou a questão inicialmente e após as atividades mudou a resposta, mas esta continuou errada (categoria C) e um aluno que acertou inicialmente, mas trocou depois dos experimentos e errou (categoria E). Pelos nossos registros sabemos que estes dois alunos formavam uma dupla e a resposta final deles foi a mesma. As interações deste grupo, observadas na realização das atividades, sugerem que houve a transferência de responsabilidade da resolução do desafio do professor para os alunos. O fato dos dois terem mudado a sua resposta sugere que a situação contribuiu para um certo desequilíbrio e que eles tentavam acertar usando provavelmente o melhor recurso, na opinião deles, dos experimentos para a comunicação – o tubo acústico, porém não havia um tubo ligando os cômodos, de acordo com as informações da situação-problema e sua ilustração.

Em relação ao primeiro aluno, provavelmente as atividades propostas não foram suficientes para desequilibrar o seu estado de conhecimento e levá-lo a construir a solução desejada.

Para o segundo aluno, a mudança na sua resposta (após a realização das atividades) é uma evidência de que os conhecimentos mobilizados, para solucionar o desafio proposto, apresentaram falhas ou estavam incompletos ou simplesmente ele respondeu de acordo com o que ele achava que o professor esperava, influenciado pelo contrato didático estabelecido implicitamente. Segundo Tsoumpelis (1993), quando o aluno considera que seu modelo não funciona, ele poderá mantê-lo mesmo com suas limitações, descartá-lo para ser substituído por outro melhor ou modificá-lo em função dos problemas apresentados. No caso deste aluno, o fato dele ter mudado a sua resposta inicial mostra que ele não tinha segurança nesta resposta e

que a situação não o ajudou a mobilizar os conhecimentos necessários para confirmar a sua resposta inicial. Verificamos na sua resposta final que o meio o influenciou, mas não o levou a resolver corretamente o desafio, o que sugere, para este aluno, que a situação não se caracterizou como adidática. Em relação a tentar manter o contrato didático estabelecido entre aluno e professor, essa atitude é bastante comum nas situações didáticas usuais nas quais a responsabilidade da situação de ensino-aprendizagem é inteiramente atribuída ao professor.

Dois alunos acertaram a questão do desafio antes de fazer os experimentos e não mudaram suas respostas (categoria A). Neste caso podemos dizer que estes alunos já tinham o conhecimento necessário para resolver o desafio. Segundo a teoria de Brousseau para estes alunos a situação proposta não se constituiu em uma situação de aprendizagem, pois para que esta ocorra o aluno deve se deparar com um problema novo e que para resolvê-lo ele deverá se adaptar ao meio que lhe provoque contradições, dificuldades e desequilíbrios. Entretanto, eles permaneceram realizando as atividades sem tentar negociar com o professor uma quebra de contrato. A permanência desses alunos pode ser justificada em função das regras pedagógicas da escola, nas quais os alunos não podem ser dispensados sem um motivo relevante, ou pela motivação criada pela proposta, visto que a maioria desses alunos estava realizando pela primeira vez uma aula com atividades experimentais, o que instigou sua curiosidade.

Análise da segunda questão: Sabendo que o casal não possuía papel e lápis, telefone, etc, existe alguma forma de pedir socorro para alguém fora da casa sem gritar? Dê alguma(s) sugestão(ões) para o casal.

Nesta questão, os 22 alunos que realizaram toda a sequência foram distribuídos em 4 das 5 categorias de acordo com os seus desempenhos na solução do desafio proposto. A distribuição das respostas dos alunos nas categorias mudou significativamente nesta questão.

Dos vinte e dois alunos, onze acertaram a questão antes de fazer a atividade e mantiveram sua resposta (categoria A). Na análise *a priori* desta questão, a resposta esperada incluía o encanamento que ligava a garagem à parte externa da casa.

Entretanto, na ilustração o encanamento ligando a garagem até a rua estava bem destacado, o que pode ter influenciado as repostas antes da realização da atividade. Neste caso, segundo Brousseau, como aparentemente eles já conheciam a solução antes de fazer os experimentos não há a ocorrência de aprendizagem e sim uma confirmação do que eles já sabiam. De qualquer forma os alunos deviam permanecer na aula realizando as atividades e poderiam tirar proveito destas, pois elas não se limitavam à solução do desafio. Na análise detalhada por aluno isso ficará bem evidenciado.

Oito alunos foram enquadrados na categoria B, pois eles mudaram a resposta e acertaram a questão. Segundo a Teoria das Situações, a sequência didática realizada cria dificuldades e desequilíbrios já que eles não conheciam a resposta do problema. De acordo com essa teoria, o processo de adaptação desses alunos ao meio didático, ao realizarem as atividades que foram elaboradas para evidenciar fatos e levá-los a confrontá-los com os seus conhecimentos prévios, contribuíram para as explicações e elaboração de modelos que proporcionaram a solução dos desafios e, conseqüentemente, a aprendizagem dos conceitos em jogo. Ainda, segundo a Teoria das Situações, a solução do desafio (nova situação) serve de evidência da aprendizagem provocada pela situação.

Dos demais, um aluno respondeu errado antes da atividade e depois manteve a mesma resposta (categoria D) e dois que responderam certo antes do experimento, mudaram a resposta e erraram (categoria E).

No primeiro caso (categoria D), mesmo com o envolvimento do aluno na atividade, ele não conseguiu transpor este conhecimento a uma nova situação (o desafio). Os procedimentos de aprendizagem deste aluno serão analisados detalhadamente a seguir (item 5.1.2.a). Segundo Brousseau¹¹, mesmo que o professor faça a devolução do problema ao aluno e este assuma a responsabilidade de resolvê-lo usando seus próprios conhecimentos, não deve existir culpa caso ele não aprenda o que se espera e, conseqüentemente, não resolva o problema desafio.

¹¹ Disponível em: < http://pagesperso-orange.fr/daest/guy-brousseau/textes/Glossaire_Brousseau.pdf>. Acesso em: 20/09/2008.

Já no segundo caso (categoria E), supomos que os dois alunos (mesmo grupo) alteraram a sua resposta, que inicialmente estava correta, provavelmente por acreditar que a resposta esperada pelo professor estava associada ao sino. Eles ficaram muito impressionados e surpresos com o som transmitido pelo barbante e simplesmente escolheram o som mais forte que ouviram, mesmo que não fosse uma sugestão plausível para ajudar o casal.

Não evidenciamos nenhum aluno na categoria C (aluno que inicialmente errou a questão, trocou a resposta, mas continuou errado).

A síntese desta análise geral, incluindo as respostas de todos os alunos, está no anexo F nas tabelas 13 e 14. Como já comentamos, esta análise geral por atividade e por grupo (anexo F) não faz mais parte do corpo desta dissertação.

Após esta análise geral das questões do desafio, discutiremos alguns casos específicos de alunos para analisar os procedimentos de aprendizagem dos conceitos relacionados às ondas sonoras. Esta análise é interessante principalmente para aqueles casos em que não há mudança nas respostas ou também os casos em que eles alteraram a resposta, levando ao erro. Outro fator que deve ser destacado é que a atividade visa à aprendizagem de outras habilidades envolvidas além da parte cognitiva e que são características do ensino de Física, como o manuseio de materiais experimentais e a capacidade de observação e análise, pois a grande maioria dos alunos nunca havia participado deste tipo de aula.

5.1.2 – Análise das Respostas dos Três Alunos

Com o objetivo de verificar o desenvolvimento e os procedimentos de aprendizagem dos conceitos relacionados à propagação de ondas sonoras, escolhemos três alunos que fazem parte das categorias que apresentaram a maior frequência de resposta dentro das categorias definidas e que consideramos mais significativas na solução dos desafios.

A análise dos três alunos foi realizada por meio do registro das suas atividades experimentais e nas fitas de vídeo. As questões do desafio que eles

responderam inicialmente foram analisadas juntamente com as respostas dadas às mesmas questões no final, após a realização das atividades.

Para a análise do desenvolvimento dos três alunos que apresentaremos a seguir, além das categorias citadas anteriormente, também vamos usar os critérios estabelecidos no quadro 1 para avaliar o desempenho e as justificativas das questões solicitadas ao longo das atividades realizadas e as respostas dos desafios.

Quadro 1 – Critérios de classificação para as respostas.

Classificação da resposta	Critérios para a classificação das respostas
Excelente	A resposta está correta e o aluno usou adequadamente os conceitos físicos envolvidos.
Satisfatória	A resposta está correta, mas o aluno usou terminologias não científicas nas justificativas ou respondeu de forma incompleta.
Parcialmente Satisfatória	A resposta está correta, mas terminologias científicas foram usadas de forma incorreta nas justificativas.
Insatisfatória	A resposta está correta, mas o aluno não justificou.
Incorreta	O aluno respondeu a questão de forma inadequada ou usou conceitos físicos não relacionados com a pergunta.
Não sei	O aluno disse que não sabe responder a questão.
Não respondeu	O aluno deixou a questão proposta em branco.

Lembramos que a parte experimental da sequência inicia com a leitura da situação-problema, apresentada por meio de um pequeno texto “Violência Urbana” com uma ilustração da situação e as questões-desafio (anexo A).

5.1.2.a – Análise das respostas do aluno 11.2

Vamos iniciar a análise dos procedimentos realizados pelo aluno 11.2, pertencente à categoria D, que caracterizamos como sendo aquela em que os alunos

mantiveram a mesma resposta incorreta ao desafio depois de realizar as atividades experimentais.

Como vimos na análise *a priori*, as atividades experimentais foram elaboradas para serem realizadas em duas partes. Na primeira parte temos as seguintes atividades: **Metal que Vira Sino** e **Telefone com Fio**. Na segunda parte, temos: **Tubo Acústico** e **Estetoscópio**.

Na atividade 1 (1ª parte, anexo A), **Metal que vira sino**, os alunos receberam um artefato formado por um cabide com dois pedaços de barbante de aproximadamente 50 cm amarrados como mostra a figura 7. Com este artefato, identificado como sino, os alunos realizaram a primeira atividade que consistiu em descrever e analisar os sons ouvidos ao bater com uma caneta no cabide inicialmente segurando as pontas livres dos barbantes com a mão e em seguida encostando as pontas livres dos barbantes nos ouvidos. Depois disso, dois copinhos foram usados como fones de ouvido amarrados às pontas livres dos barbantes. Os alunos deveriam comparar e descrever os sons percebidos (com ou sem os fones) ao bater no cabide.



Figura 7 – Sino feito com cabide e barbante.

Ao longo da atividade os alunos responderam 10 questões cuja análise será apresentada a seguir para o aluno 11.2.

Na questão 1.1 “**Segure o sino pelos pedaços de barbante com o braço estendido e bata com a caneta no cabide. Você ouviu alguma coisa? Descreva**”, este aluno respondeu que não ouviu nada. Inicialmente esta resposta nos pareceu um tanto inesperada, pois observamos que ele fez a atividade corretamente e ouviu o som da batida da caneta no cabide, fato que foi registrado durante a filmagem do experimento. Neste sentido, sugerimos as seguintes hipóteses para justificar a sua resposta: provavelmente ele esperava algum som diferente do que o som ouvido, ou ele não entendeu o que era para descrever, ou ele sentiu dificuldade para descrever o som ouvido.

Na questão **1.1.1 “Qual o meio material que existe entre o sino e o seu ouvido?”**, lembramos que nesta atividade o aluno segurava o barbante com uma mão e batia com a caneta no cabide. O aluno 11.2 respondeu que é o “*Barbante*”. A sua resposta evidencia que ele associou o objeto sólido mais próximo como sendo o meio material. Esta resposta deixa uma dúvida sobre o entendimento que este aluno tem a respeito do “*meio material*”. A resposta esperada e que não foi mencionada pelo aluno era o ar.

Os alunos realizaram outra atividade encostando os pedaços livres do barbante nos ouvidos e deixando o cabide pendurado a sua frente, questões **1.2** e **1.2.1**, e observaram o que acontecia ao bater com a caneta no sino. Ao ser questionado sobre o que ele ouviu ao bater no sino, o aluno 11.2 respondeu “*um barulho de sino que se propaga através do barbante até o ouvido (11.2)*”. Na resposta desta questão percebemos uma evolução, comparando-a com a resposta da pergunta anterior (material existente entre o ouvido e o sino), na qual ele foi reticente, dizendo “*barbante*” porque era o objeto que estava em contato com o sino. Ele usou um vocabulário mais adequado para elaborar a sua resposta, mostrando elementos da construção de uma explicação baseada na observação do fenômeno. A sua resposta corresponde ao que a atividade propõe e indica alguma familiaridade com o uso de termos científicos. Segundo Tsoumpelis (1993), nas disciplinas científicas o aluno inicia a aprendizagem construindo uma representação do fenômeno observado, e a partir daí começa a construir uma explicação dos fenômenos para a aquisição do novo conhecimento. Estas observações e representações são elementos de uma situação de ação.

Ao bater no sino com o barbante encostado no ouvido, foi feita a seguinte pergunta ao aluno: **1.2.2 “Qual(is) o(s) meio(s) que existe(m) entre o sino e o seu ouvido?”**. Sua resposta foi “*barbante*”. Ele respondeu de acordo com o objeto concreto que ele está tocando, fornecendo a resposta esperada por nós, embora ainda não tenha percebido que também existe o ar como meio material.

Na questão **1.2.3 “Existe alguma diferença entre os sons que você ouviu nos itens 1.1 e 1.2?”** o aluno 11.2 respondeu “*sim*”. Em seguida, na questão **1.2.4 “Explique como o meio de propagação do som pode ter influenciado nas suas**

observações”, o aluno 11.2 respondeu “*São sons diferentes um dá para identificar o outro ã*”. Ele percebeu a diferença entre os sons, mas a sua resposta sugere que a noção de meio material que ele tem influenciou nas suas respostas, pois nas duas questões (1.1.1 e 1.2.2) que perguntavam sobre o meio sua resposta foi a mesma: “*barbante*”. A sua resposta apenas apresenta as constatações a partir da sua observação, mas ele não dá uma explicação da influência do meio de propagação, para justificar a diferença no som ouvido. Acreditamos que a sua noção de meio material está diretamente ligado a um meio sólido, neste caso o barbante.

Em seguida os alunos receberam dois copinhos descartáveis com um barbante preso no fundo e repetiram o procedimento. A orientação na pergunta **1.3** é: “**Agora, vamos utilizar dois copinhos com barbante como fones de ouvido. Amarre a ponta livre do barbante no cabide, como indicado no desenho da figura 8. Ignore o barbante que estava amarrado anteriormente. Coloque os fones encostados nos ouvidos e, inclinando a cabeça, deixe o cabide ficar pendurado na sua frente.**”

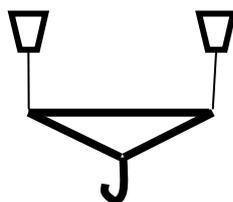


Figura 8 – Sino com os fones.

Na questão **1.3.1** “**Peça para um colega bater com a caneta no cabide. O que você observa? Descreva**”, o aluno respondeu “*Um som tem mais consistencia (11.2)*”. Esta resposta sugere que o termo “*consistência*” indica que o som ficou mais forte com o uso dos copos. Esta resposta está de acordo com o que foi solicitado, ou seja, a descrição da observação feita. A partir das observações, segundo Tsoumpelis, o aluno começa a elaborar modelos para os fenômenos.

Na questão **1.3.2** “**Existe alguma diferença entre os sons que você ouviu nos itens 1.2 e 1.3, ou seja, sem ou com os fones de ouvido?**” o aluno 11.2 respondeu “sim” e, na sequência, a pergunta **1.3.3** “**O que foi alterado entre as duas situações (itens 1.2 e 1.3)?**” a resposta foi “*O som ficou mais alto (11.2)*”. Nesta resposta não temos certeza da intenção do aluno ao usar o termo “alto” na

frase, se ele conhece os conceitos de altura e intensidade do som. Consideramos a resposta satisfatória, pois provavelmente ele usou o termo “alto” no sentido do senso comum, como esperávamos e discutimos na análise *a priori*, muito utilizado pelos alunos que ainda não estudaram as propriedades do som, para a intensidade do som na sua observação.

Quanto à influência do uso dos fones na questão **1.3.4 “Explique como o copo preso na extremidade do barbante influencia o som transmitido até o ouvido”**, temos a seguinte explicação: “*Por ondas sonoras que percorrem pelo barbante até o copo (11.2)*”. O aluno usou termos científicos adequadamente e já elaborou um modelo para explicar a propagação do som no barbante, mas ainda não elaborou uma explicação para a função do copo. Pelos termos usados e pela forma de se expressar, supomos que ele já possui algum conhecimento sobre ondas sonoras.

Na atividade 2 (1ª parte), **Telefone com fio**, os alunos receberam três telefones, dois com fio de algodão (barbante) e um de nylon, cada um constituído por um fio de cinco metros e dois copinhos plásticos descartáveis presos nas extremidades. Muitos alunos já conheciam este artefato e não tiveram dificuldades em usá-los. Eles utilizaram os telefones e compararam a propagação do som transmitido por diferentes materiais, respondendo 10 questões envolvendo as suas observações, comparações e análises feitas.

Justamente por já conhecer o material e saber como usá-lo, alguns alunos não ficaram muito atentos às orientações do roteiro. Primeiro eles deveriam conversar a 5 metros de distância, sem usar os telefones, depois experimentar cada um dos telefones, respondendo algumas questões e, no final, comparar os artefatos. As respostas, muitas vezes corretas, faziam observações do que não havia sido pedido naquele momento.

De qualquer forma, os alunos perceberam que a propagação do som depende do material que constitui o fio e que este fio deve estar esticado para que o som se propague.

O aluno 11.2 não respondeu a questão 2.1 - “**Você e seu colega devem se colocar a 5 m de distância um do outro. Vocês conseguem conversar sem gritar?**”, indicando provavelmente uma desatenção na leitura do roteiro, pois esta não deveria apresentar dificuldade para ele.

Na questão 2.2 cujo enunciado é: “**Usando o telefone 1, sem esticar muito o fio, um deve falar próximo ao copo enquanto o outro mantém o copo junto ao ouvido. Depois invertam as posições. Vocês ouvem um ao outro?**”, a resposta “+ ou – (11.2)” indica que o aluno ouviu o colega, provavelmente porque o fio estava esticado, permitindo a propagação do som.

Nas questões 2.3 (2.3.1 e 2.3.2), veja anexo A, os alunos deveriam conversar novamente usando o telefone, agora com o fio esticado e descrever o que havia mudado, comparando o telefone com o fio esticado e com o fio frouxo. O aluno 11.2 respondeu, respectivamente, “*Sim (11.2)*” e “*Com o fio esticado o som é mais alto (11.2)*”. Embora ele não tenha feito a atividade exatamente como foi solicitado, pois na sua resposta percebemos que ele ouve o colega em ambos os casos (esticando ou não o fio), ele pôde verificar que há uma diferença entre as duas situações. É provável que nas duas situações os fios apresentassem uma tensão suficiente para que o som se propagasse. Novamente observamos o uso do termo “alto” com o mesmo significado que já foi analisado anteriormente (questão 1.3.3).

Na questão 2.4 “**Inicie novamente a conversa, toque levemente no fio. O que você percebe?**”, a resposta foi “*Conforme fala e bate na corda da um grave (11.2)*”. Pela resposta, ele bateu na corda como, por exemplo, se faz com a corda de um violão, que produziu um som que ele caracterizou de “grave”. A sua resposta não nos informa se ele percebeu ou não a vibração na corda. Essa resposta sugere que ele tocou na corda depois de falar e ouviu o som produzido por este toque ou apresentou dificuldade ao descrever do som ouvido.

Os alunos trocaram o telefone com o barbante de diâmetro de 1 mm pelo outro de diâmetro de 2 mm (questão 2.5) e, em seguida, pelo fio de nylon (questão 2.6). Eles conversaram com os colegas e compararam os sons ouvidos pelos três telefones com as respectivas características destes (2.6.2).

Na questão **2.5.1**, o aluno 11.2 afirma que ouve melhor com o telefone número 2, ou seja, com o fio de maior diâmetro. Na questão **2.5.2** - **“O que você pode concluir entre o tipo de fio do telefone e o som que você ouviu?”** - que compara a propagação do som nos dois fios de barbante, o aluno afirma que *“O 2 é mais grosso e o som aumenta (11.2)”*. Nesta resposta, ao estabelecer uma comparação entre os dois fios, o aluno já apresenta elementos de uma situação de formulação, elaborando um modelo para a explicação do fenômeno observado.

Usando o telefone com o fio de nylon e comparando com o telefone com o fio de barbante de mesmo diâmetro (questão **2.7**), o aluno 11.2 achou melhor o som com o fio de nylon. Observamos que a ocorrência desta resposta foi grande entre os alunos (veja a análise geral desta questão no anexo F).

Comparando os três telefones (questão **2.6.2**), o aluno 11.2 considerou que o som se propaga melhor no telefone com o barbante com maior diâmetro. Esta resposta evidencia que este aluno conseguiu fazer uma análise que permitiu que ele chegasse a esta conclusão, portanto, levando-o a formular uma resposta de acordo com o modelo científico, como estava previsto na análise *a priori*.

Na atividade 3 (2ª parte, anexo B), os alunos trabalharam com dois **Tubos Acústicos** de diâmetros diferentes e responderam 6 questões. Eles conversaram usando os dois tubos e não apresentaram dificuldades durante a realização desta atividade. Todos os grupos concluíram que a propagação do som é melhor no tubo com o diâmetro maior. Eles também acharam mais fácil conversar usando os tubos do que os telefones com fio.

Em relação à questão **3.1** desta atividade, **“Use o tubo 1, já montado com os funis. Sem esticar o tubo, tente se comunicar com um colega, estando cada um em uma das extremidades do tubo e a uma distância de 3 m. ...Você consegue ouvir bem o seu colega? Por quê?”**, o aluno 11.2, cuja resposta é *“Sim porque a ponta tem forma de funil e o som sai bem alto e nitido (11.2)”*, apresenta um modelo explicativo e ao justificar que o som sai mais intenso (*“bem alto e nítido”* na linguagem deste aluno) em função da forma de um funil, sugere a mobilização de um conhecimento que fez parte de outra atividade, chamada *“Metal que vira Sino”*,

na qual o som ouvido era mais intenso (“*forte*” no vocabulário dos alunos) quando os copinhos eram colocados nas extremidades dos fios. Ele usou o que ele observou anteriormente como elemento na elaboração da explicação atual. Em função das constatações e observações usadas na sua resposta, e de acordo com Tsoumpelis, este aluno está vivenciando uma situação de ação. Os termos “*nítido*” e “*alto*” indicam as qualidades do som. Novamente como foi observado na análise das questões 1.3.3 e 2.3.2 o termo “*alto*” é usado inadequadamente.

Ao responder a questão **3.2 “Agora, estique o tubo 1 e fale com o seu colega novamente. 3.2.1) Você notou alguma diferença em relação à facilidade de se comunicar”** o aluno 11.2 e o seu companheiro de grupo consideraram que o som ouvido era o mesmo, estando o fio esticado ou não. Acreditamos que eles chegaram a esta conclusão baseados nas observações das etapas das atividades, o que lhes permitiram construir a resposta esperada.

Os demais alunos da turma (20) surpreendentemente consideraram que o som ficava mais forte com o tubo esticado. Provavelmente foram influenciados pela atividade com os telefones com fios que têm que ficar esticados e na hora de realizar as atividades podem ter falado com alteração na intensidade da voz.

Na continuidade da atividade com os tubos, foi solicitada a seguinte questão: **“Em que caso você ouve melhor a voz do seu colega: quando o tubo não está esticado e mais próximo ou quando o tubo está esticado e mais distante?”** (questão **3.2.2**). O aluno 11.2 e o seu companheiro responderam que o som ouvido era igual, evidenciando uma coerência em relação ao conhecimento que está sendo construído e confirmando a resposta dada na questão anterior. Novamente, apenas este aluno e seu companheiro (aluno do grupo 11) responderam desta forma. Os demais alunos responderam escolhendo uma das possibilidades apresentadas na questão. Em particular nesta questão, acreditamos que a pergunta induziu os alunos a escolherem uma das alternativas oferecidas enquanto esperávamos que eles respondessem que o som ouvido era o mesmo nas duas situações. Além desta possibilidade, temos que considerar que, para estes alunos, há uma diferença entre os sons ouvidos.

Na questão **3.2.3 “Qual é o papel do tubo na propagação do som?”**, o aluno 11.2 respondeu “*Transmite as ondas sonora (11.2)*”. O termo “*transmite*” aparece adequadamente na resposta, pois ele percebe que o som produzido pelo seu colega em uma extremidade do tubo pode ser ouvido na outra extremidade. Mas ele não menciona que o tubo provoca o direcionamento da propagação do som. Era esperado que o aluno percebesse que o tubo além de transmitir o som, impede que as ondas sonoras se espalhem em todas as direções. Neste caso temos alguns elementos de uma situação de formulação que, na continuidade das atividades, irá contribuir para que ele elabore a solução do problema.

Repetindo a atividade com o outro tubo, referente à questão **3.3 “Utilizando o tubo 2, converse com o seu colega mantendo-se o mais longe possível dele. 3.3.1) Observe e compare os tubos. Quais as diferenças entre eles?”**, o aluno 11.2 respondeu “*O som do 2 é mais nitido e alto (11.2)*”, descrevendo o que ouviu em um dos tubos e, de certo modo, comparando os dois. Este procedimento de observar e comparar duas situações, segundo Tsoumpelis (1993), é uma etapa de observação importante e necessária nas disciplinas como a Física e a Química para a elaboração das representações dos fenômenos, para num próximo momento levar o alunos a elaboração de modelos e explicações plausíveis para os fatos observados. Também percebemos uma certa dificuldade quanto a interpretação da pergunta, pois foi solicitado para comparar **os tubos** e dizer qual a diferença entre eles. Pela resposta, este aluno apresenta a diferença entre os sons ouvidos mas não associou esta diferença ao material.

Na sequência os alunos foram solicitados a comparar os tubos 1 e 2 conforme a pergunta **3.3.2 “Você ouve melhor o seu colega com o tubo 1 ou com o tubo 2? Por quê?”**. Na resposta do aluno 11.2, “*2 porque no 2 é muito + grosso (11.2)*”, ele elaborou uma explicação baseado na observação e no resultado da atividade (experiência) que ele fez, citando a diferença entre os diâmetros dos tubos. Na sua explicação ele indica que ouve melhor o colega usando o tubo mais grosso, mas não explicou porque em tubos mais grossos o som se propaga melhor, apresentando parte construção da formulação desejada na questão.

Antes de iniciar a atividade 4 (2ª parte), chamada **Estetoscópio**, os alunos

leram dois textos, um sobre a invenção do telefone o outro sobre a invenção do estetoscópio de Laënnec (anexo B). Esta atividade contém dois experimentos com nove questões. Os alunos iniciaram as atividades descrevendo o som ouvido ao arranhar com a unha uma ponta de um pedaço de madeira, encostando ou não o ouvido nesta. Em seguida eles identificaram em que meio o som se propagava melhor, no ar ou na madeira.

A questão **4.1** apresentava vários itens. Na questão **4.1.1**, na qual ele deveria dizer o que ouve ao arranhar a ponta da madeira com a unha, o aluno 11.2 respondeu “*Nada (11.2)*”. Já ao descrever o que percebeu com o ouvido encostado na madeira (questão **4.1.2**), ele diz que ouviu “*ruidos (11.2)*”. Em seguida, na questão **4.1.3**, o aluno 11.2 deveria dizer em que caso ele ouve melhor o som produzido, sem encostar o ouvido na madeira ou com o ouvido encostado nesta. Ele respondeu que ouviu melhor o som ao arranhar a madeira com a unha quando o ouvido estava encostado nela. No último item, questão **4.1.4** “**Em que meio o som se propaga melhor, no ar ou na madeira?**”, ele respondeu “*na madeira (11.2)*”.

Ao responder os itens da questão **4.1**, o aluno 11.2 realizou adequadamente as atividades e apresentou coerência nas suas respostas. Curiosamente, assim como na resposta dada à questão **1.1**, ele afirmou não ouvir nada enquanto arranhava a madeira com a unha. As mesmas hipóteses dadas à questão **1.1** podem ser levantadas: ele esperava algum som diferente do que o som ouvido, ele não entendeu o que era para descrever ou apresentou dificuldade na descrição do som ouvido.

Dando continuidade a atividade, na questão **4.2** os alunos receberam um tubo de papelão, simulando o modelo do primeiro estetoscópio inventado por Laënnec. No item **4.2.1**, os alunos ouviam e anotavam suas observações ao bater com uma caneta na carteira. O aluno 11.2 respondeu “*nenhum som (11.2)*”. No item **4.2.2**, eles repetiam o experimento usando este estetoscópio, colocando um lado do tubo encostado no ouvido e o outro na carteira. Anotaram suas observações e compararam os sons ouvidos na questão. O aluno 11.2 respondeu “*nenhum som (11.2)*”. No item **4.2.3** “**Explique em que caso você ouviu melhor o som produzido ao bater com a caneta na carteira**”, primeiramente batendo na carteira

com uma caneta sem usar o estetoscópio e depois usando o estetoscópio, indicando em qual situação se ouvia melhor o som. Sua resposta foi “*nenhum (11.2)*”.

Surpreendentemente nesta questão (4.2), o aluno foge da coerência de construção que estamos apontando e observando. O aluno 11.2 disse não ter ouvido nada com ou sem o estetoscópio, e conseqüentemente, não percebeu diferença alguma nesta parte da atividade. Supomos que esta resposta poderia ter surgido em função da combinação dos seguintes fatores: falta de atenção e de cuidado ao realizar o experimento juntamente com o ruído do pátio e problemas no tubo utilizado por essa dupla, que era muito fino.

Ainda na questão 4.2, o estetoscópio foi usado para auscultar o coração de um colega (item 4.2.3). Durante o experimento percebemos que o grupo 11, que usava os tubos menores e mais finos, não conseguia ouvir os batimentos. Assim que detectamos o problema na espessura do tubo e que isto estava interferindo na qualidade do som ouvido trocamos os tubos. Mesmo assim o aluno 11.2 disse não conseguir auscultar o coração do colega. Já o seu colega de grupo respondeu “*Sim da para escutar mais as vibrações da batida (11.1)*”. Com a troca do tubo por outro de maior diâmetro eles refizeram este item, mas não os anteriores, não reinvestiram, não ocorrendo a retroação. Temos algumas suposições para justificá-la: eles não se encontravam suficientemente motivados para que houvesse desequilíbrio e a busca por novas respostas para uma adaptação e, assim, possibilitar a aprendizagem desejada ou estavam cansados, pois o final da aula já estava próximo (último tempo) e esses alunos realizaram esta parte da sequência em 3 tempos sem intervalo.

Na questão 4.3 “**Explique o funcionamento do estetoscópio**”, talvez em função da dificuldade com o tubo comentada anteriormente, o aluno 11.2 respondeu “*Não sei explicar porque não vi nenhum resultado na minha experiencia (11.2)*”. Porém o seu colega respondeu “*Se encosta uma ponta do tubo no ouvido e outro no coração e se esculta as batidas atraves do tubo (11.1)*”. Comparando esta resposta podemos supor que o aluno 11.2 não apresentava o mesmo interesse ou atenção que o seu colega de grupo, provavelmente pelos problemas evidenciados na questão anterior. Verificamos esta alteração no comportamento deste aluno e, portanto no

comprometimento dela ao realizar as atividades pelas respostas das últimas questões (4.2 e 4.3), o que não foi percebido no seu colega de grupo (aluno 11.1).

Ao final desta atividade, os alunos responderam algumas questões com o objetivo de organizar as ideias trabalhadas e assim, em seguida, resolver os desafios da situação-problema.

Análise das questões que visam organizar as representações e explicações elaboradas pelo aluno 11.2

Para a análise das questões de 1 a 5, usamos os critérios apresentados na quadro 1 para classificar as respostas.

Análise da questão 1

A primeira questão foi: **“1) Para que o som se propague ao longo de um fio, este deve estar frouxo ou esticado? Por quê?”**.

O aluno apenas faz uma constatação: *“O fio esticado é melhor que o frouxo (11.2)”*. Nesta resposta o aluno apresentou uma observação do fenômeno, mas não explicou ou indicou algum modelo ou teoria para a observação feita. Neste ponto da atividade era esperado que o aluno percebesse a necessidade do fio estar esticado para vibrar e assim propagar o som.

Análise da questão 2

A segunda questão foi: **“2) Por que o fio deve estar esticado e o tubo não para que o som se propague?”**.

Na resposta *“Os fios não tem buracos na ponta e o tubo tem (11.2)”*, o aluno basicamente descreveu as características dos dois artefatos usados. Ele tentou justificar sua resposta descrevendo as características dos instrumentos, indicando as diferenças entre eles, como, por exemplo, quando ele afirmou na justificativa o fato do tubo apresentar “buraco”. Além disso, ele não especificou porque o som só se

propaga com o fio esticado. Apesar da resposta estar baseada no senso comum foi possível perceber que houve a influência da atividade e, portanto, que as atividades favoreceram a construção de repostas que se aproximam das explicações científicas.

Análise da questão 3

A terceira questão foi: **“3) No nosso dia-a-dia usamos vários termos para diferenciar as sensações provocadas em nós por um som. A característica do som associada aos termos forte ou fraco é chamada intensidade do som. Como por exemplo, quando variamos o volume de uma música no rádio temos a variação de intensidade. Quando dizemos que um som é alto/agudo ou baixo/grave estamos caracterizando a altura de um som. Por exemplo, em geral as mulheres têm a voz mais alta (ou aguda) que os homens.**

Quais as conclusões que se pode tirar comparando o som ouvido nas atividades das três situações com os telefones com fio? Verifique as respostas da questão 2.7 da atividade 2. Considere as características comentadas acima ou qualquer sensação percebida por você na comparação desses três telefones.”.

Antes de passarmos para a análise da questão 3, faremos alguns comentários da mesma porque ela apresenta algumas particularidades. Antes de solicitar aos alunos a questão propriamente dita, há no enunciado da questão um comentário e é apresentado, por meio de exemplos, o conceito de *altura* e da *intensidade* do som, tentando diferenciá-los já que no dia a dia é grande a confusão entre eles, como foi apontado na literatura na análise *a priori*, veja o item 4.3.1.

Na testagem piloto verificamos algumas dificuldades como, por exemplo, a diferenciação entre os conceitos de altura e intensidade, e tentamos minimizá-las, pois só o fato do enunciado ser longo já faz com que os alunos se confundam ou simplesmente não respondam a questão.

Assim como a maioria da turma, o aluno 11.2 não respondeu esta questão. Mesmo com os cuidados que tomamos após a testagem piloto e as reformulações realizadas, dos 22 alunos que participaram do experimento, apenas 10 responderam esta questão. Este fato indicou um problema na análise *a priori* e a necessidade de

uma reavaliação deste enunciado, pois não esperávamos que após as reformulações realizadas tantos alunos apresentassem dificuldades em comparar os sons ouvidos com os três telefones.

Sugerimos alguns fatores que levaram o aluno a não responder esta questão: ele estava com pressa em terminar a atividade que era relativamente longa e/ou ele não entendeu o procedimento experimental porque ele não está habituado com esse tipo de aula.

Análise da questão 4

O enunciado da questão 4 é: **“No séc. XIX, como era realizada a comunicação entre pontos distantes dentro de um navio?”**.

O aluno 11.2 identificou que a comunicação entre pontos distantes dentro do navio era feita *“Utilizando tubos vazios para comunicação”*, conforme estava apresentado no texto. Neste caso, verificamos que este aluno realizou adequadamente a leitura do texto bem como a compreensão do que foi solicitado.

Análise da questão 5

Na última questão (questão 5) os alunos compararam o tubo acústico com o estetoscópio em relação a três aspectos: **meio de propagação do som, funcionamento de cada instrumento e uso de cada um.**

- Quanto ao meio de propagação (questão 5.1), aluno 11.2 respondeu *“O tubo é melhor que o estetoscópio (11.2)”* comparando os sons ouvidos com os dois aparelhos ao invés de falar sobre o meio de propagação do som. Por esta resposta, podemos supor que este aluno não entendeu o que é “meio de propagação”, da mesma forma que respondeu inadequadamente as questões que perguntavam sobre o meio material, na atividade “Metal que vira Sino”. Na análise geral, constatamos que nenhum dos grupos que respondeu a questão falou do ar, meio de propagação do som tanto no tubo acústico quanto no estetoscópio.

- Quanto ao funcionamento de cada instrumento (questão 5.2), a resposta: “*O tubo serve para se comunicar e o estetoscópio para sentir batidas (11.2)*” diferencia os instrumentos quanto ao uso ao invés de explicar o funcionamento destes. Essa resposta seria mais indicada para o próximo item.

Podemos destacar dois fatores que levaram o aluno a responder de forma equivocada este item da questão 5: a realização da atividade não foi suficiente para que ele percebesse que os dois artefatos têm o mesmo princípio de funcionamento ou a dificuldade deste em interpretar o enunciado da questão.

- Finalmente, na questão que compara os instrumentos quanto ao uso de cada um (questão 5.3), o aluno disse “*Os 2 são excelente material para experiencias(11.2)*”, não respondendo a questão proposta. Assim como no item anterior, atribuímos essa resposta às dificuldades na interpretação do enunciado ou desconhecimento de alguns termos que prejudicou a interpretação da questão e conseqüentemente a sua resposta.

Análise das questões do desafio do aluno da categoria D

Agora, vamos analisar detalhadamente as respostas das questões do desafio do aluno 11.2, comparando o que foi respondido antes da realização das atividades experimentais com a resposta dada após estas para cada questão do desafio.

A resposta deste aluno antes de realizar a sequência para a primeira questão “**Como este casal pode se comunicar sem despertar a atenção dos sequestradores?**” foi a seguinte: “*Falando baixo pelo pequeno furo ligado ao quarto (11.2)*”. Após ter realizado as atividades ele manteve a mesma resposta incorreta.

Pela resposta apresentada, acreditamos que a ilustração tenha influenciado na solução deste problema, pois ela não dá uma ideia de uma situação real e exata quanto à altura dos cômodos ou ao tamanho do buraco entre estes. Uma pessoa na garagem não conseguiria falar pelo furo devido a sua distância ao teto, porém ele manteve certa coerência em função da figura associada ao conjunto das respostas

dadas.

Outra possibilidade levantada se refere ao tempo de duração das atividades. Comparando as respostas que ele deu no início da atividade com as respostas apresentadas no final, podemos afirmar que ele não manteve o mesmo interesse ao longo do experimento, interferindo na resolução do desafio. Principalmente na quarta atividade da segunda etapa em que as respostas foram curtas, como sim ou não e sem qualquer justificativa. As respostas curtas talvez evidenciem a pressa em finalizar a sequência. Consideramos que, no início, houve a devolução do problema, mas no final da atividade ele “saiu” do jogo.

A resposta dada à segunda questão **“Sabendo que o casal não possuía papel e lápis, telefone, etc, existe alguma forma de pedir socorro para alguém fora da casa sem gritar? Dê alguma(s) sugestão(ões) para o casal.”** foi *“Não (11.2)”*, tanto antes de realizar as atividades experimentais quanto depois destas. Embora o aluno tenha realizado adequadamente a maior parte das atividades, pois surgiram alguns problemas na segunda etapa, aparentemente a situação-problema não o motivou o suficiente para tentar resolver o desafio, mantendo a sua estratégia de base sem perceber que esta não era uma solução possível ao desafio, ou ele estava com pressa em terminar a atividade.

Na terceira questão do desafio, **“O casal usava um copo encostado na parede para descobrir se os sequestradores estavam dormindo ou se haviam saído. Explique por que usar o copo permite ao casal obter melhor informação sobre o outro cômodo.”**, que diferentemente das questões 1 e 2, foi solicitada aos alunos somente após a realização das atividades experimentais, o aluno respondeu *“Porque o copo transmite um som mais facil para entender (11.2)”*. Pela resposta verificamos que ele não explicou o funcionamento do copo ou fez alguma associação com o tubo acústico ou com o estetoscópio, concordando com o enunciado, porém, mesmo sem ter explicado ele pode ter associado este fato com o que experimentou na atividade “Metal que vira Sino”, ou seja, o copo facilita a compreensão do som.

5.1.2.b – Análise das respostas do aluno 2.2

Vamos analisar agora os procedimentos realizados pelo aluno 2.2, que se encontra na categoria B, que caracterizamos como sendo aquela em que os alunos responderam errado o desafio antes de realizar as atividades experimentais e depois acertaram as questões.

Assim como foi feita a análise do aluno 11.2, iniciaremos analisando as atividades experimentais do aluno 2.2 e, no final as questões do desafio respondidas por ele antes e depois de realizar as atividades. Lembramos que as atividades experimentais foram elaboradas para serem realizadas em duas partes com as seguintes atividades: **Metal que vira Sino, Telefone com Fio, Tubo Acústico e Estetoscópio.**

Na atividade 1 (1ª parte, anexo A), **Metal que vira Sino**, os alunos realizaram alguns experimentos usando um artefato constituído por um cabide de metal com dois pedaços de barbante amarrados, que nós chamamos “sino”.

Na questão 1.1 “**Segure o sino pelos pedaços de barbante com o braço estendido e bata com a caneta no cabide. Você ouviu alguma coisa? Descreva**”, o aluno 2.2 respondeu “*Sim, um barulho de uma caneta de plástico, batendo em um cabide (2.2)*”. Esta resposta mostra que o aluno apresentou uma certa dificuldade em descrever o som ouvido, mesmo sendo este um som comum. Para explicar a sua percepção, a partir da observação feita, ele associa na descrição o que ele ouviu com o procedimento realizado na atividade.

Na questão 1.1.1 “**Qual o meio material que existe entre o sino e o seu ouvido?**”, o aluno 2.2 respondeu “*um ferrinho do cabide e o barbante (2.2)*”. Assim como o aluno 11.2 anteriormente analisado, ele associou os objetos sólidos do artefato usado como sendo o meio material, não considerando a presença do ar. Aparentemente este aluno também apresenta dificuldades em relação ao conceito de “meio material”.

Em seguida os alunos encostaram os pedaços livres do barbante nos ouvidos, deixando o cabide pendurado a sua frente, questões **1.2** e **1.2.1**, e observaram o que acontecia ao bater com a caneta no sino. Após realizar esta atividade, o aluno 2.2 respondeu “*Parece que alguém está batendo em um cano (2.2)*”, fazendo referência ao som de metal quando foi questionado a respeito do som ouvido nesta situação. Esta resposta sugere que este aluno usou os conhecimentos sobre o som de metais que ele percebe no seu dia a dia. Segundo Tsoumpelis (1993), o aluno está na etapa das observações e constatações que tem fundamental importância nas disciplinas científicas e o levará às representações do fenômeno estudado e a consequente aprendizagem do conteúdo.

A resposta deste aluno para a questão **1.2.2** “**Qual(is) o(s) meio(s) que existe(m) entre o sino e o seu ouvido?**” ao bater no cabide quando os pedaços livres dos barbantes estavam encostados nos ouvidos, foi : “*o barbante (2.2)*”. Nesta questão, ele não se referiu ao “*ferrinho do cabide*”, indicando como meio material o sólido que existe entre o cabide e o ouvido, desconsiderando a presença do ar. Da mesma forma que o aluno 11.2, a resposta do aluno 2.2 está de acordo com o esperado na análise *a priori*, entretanto, ela não esclarece se ele sabia o significado de meio material.

Na questão **1.2.3**, que perguntava se havia “**alguma diferença entre os sons identificados nos itens 1.1 e 1.2?**”, este aluno 2.2 respondeu que “*sim*”. Na sequência, a questão **1.2.4** pedia para explicar como o meio de propagação do som pode ter influenciado nas observações realizadas. A resposta dada para esta questão foi: “*Pois na primeira observação estava um pouco longe do cabide e na segunda observação estava perto de mais então o som era diferente devido uma poluição sonora diferente (2.2)*”. Supomos que para ele “poluição sonora” devem ser todos os sons e ruídos em volta que não permitem ouvir e identificar com clareza um som. Provavelmente, na primeira situação, ele considerou que a distância maior entre o sino e o ouvido juntamente com a “poluição” não permitiram que ele ouvisse um som com clareza. No segundo caso, em que os fios de barbante estavam encostados nos ouvidos, o som forte pode tê-lo confundido quanto à descrição do tipo de som que ele estava ouvindo e a esta dificuldade ele também atribuiu como causa uma outra “poluição sonora”. Nas duas situações analisadas pelo aluno ele ouviu algo,

mas em nenhum momento ele associa ao som de um sino. Esta explicação do aluno não era esperada por nós na análise *a priori* realizada.

Na pergunta **1.3**, que detalhamos na análise do aluno 11.2, os alunos vão utilizar dois copos como fones de ouvido presos ao cabide. Na questão **1.3.1 “Peça para um colega bater com a caneta no cabide. O que você observa? Descreva”**, o aluno 2.2 respondeu “*O som de um cano de encanamento*”. Da mesma forma que na questão 1.2.1, o aluno não descreve o som ouvido como parecido com um sino, mas sim de um cano que supomos ser metálico. O aluno, nesta questão, parte de uma observação que faz parte de uma situação de ação e que, segundo Tsoumpelis, estas observações vão desencadear na elaboração de explicações e modelos para a construção do novo conhecimento.

A questão **1.3.2** pede para dizer se havia “**alguma diferença entre os sons que você ouviu nos itens 1.2 e 1.3, ou seja, sem ou com os fones de ouvido?**” e a questão **1.3.3** questiona sobre “**o que foi alterado entre as duas situações (itens 1.2 e 1.3)**”. Ele respondeu que havia diferença e que “*O item 1.2 tem o som mais grosso e o item 1.3 tem o som mais agudo (2.2)*”. Nesta resposta este aluno usou dois termos “grosso” e “agudo” na frase, que são termos que já foram apontados na literatura conforme foi observado por Nascimento e Gobara (2007) e que faz parte do vocabulário dos alunos relacionados ao senso comum e às concepções dos estudantes. Mas, nesta resposta, fica a dúvida se ele se refere à altura ou a intensidade do som. Com o uso destes termos ele apenas constatou por meio de sua percepção os sons ouvidos, que corresponde à etapa de observação, e que segundo Tsoumpelis, trata-se de uma etapa importante para a aprendizagem de novos conhecimentos nas disciplinas científicas.

Na questão **1.3.4 “Explique como o copo preso na extremidade do barbante influencia o som transmitido até o ouvido”**, a explicação foi: “*O som fica diferente, pois o copo isolou o ouvido (2.2)*”. O uso do termo “isolou”, que provavelmente significa evitar a propagação do som em todas as direções, sugere uma tentativa de explicação, o que pode ser o início da elaboração de um modelo que contribuirá para a solução do problema. A utilização de termos do senso comum nas respostas era esperada como foi previsto na análise *a priori*.

Na atividade 2 (1ª parte), **Telefone com fio**, os alunos receberam três telefones com fios de mesmo comprimento (5 metros) com materiais ou espessuras diferentes. A maioria dos alunos já conhecia este artefato e sabia como usá-lo.

Na questão 2.1 -“**Você e seu colega devem se colocar a 5 m de distância um do outro. Vocês conseguem conversar sem gritar?**”, o aluno 2.2 respondeu: “*Não, pois estamos muito longe um do outro (2.2)*”. Apenas os alunos deste grupo responderam “não”, como esperávamos de acordo com as análises *a priori*.

Na questão 2.2, “**Usando o telefone 1, sem esticar muito o fio, um deve falar próximo ao copo enquanto o outro mantém o copo junto ao ouvido. Depois invertam as posições. Vocês ouvem um ao outro?**”, a resposta “*Sim (2.2)*” indica que provavelmente o fio estava um pouco esticado, permitindo que este vibrasse e assim ocorresse a propagação do som.

Nas questões 2.3 (2.3.1 e 2.3.2), veja anexo A, os alunos deveriam dizer se conseguiam conversar com o colega usando o telefone com o fio bem esticado e o que mudou no som ouvido através do telefone nas duas situações (fio frouxo e fio esticado). O aluno 2.2 respondeu, respectivamente, “*As vezes sim (2.2)*” e “*O som fica mais nitido (2.2)*”. Nestas questões o aluno percebeu a mudança, mas afirma que também conseguia conversar com o fio frouxo. É provável que o fio não estivesse muito frouxo, ou seja, existia uma tensão suficiente para que a vibração se propagasse. É fácil perceber em um experimento que qualquer variação ou erro no manuseio do material pode levar o aluno a observações e conclusões não desejadas ou mesmo não esperadas por nós.

Na questão 2.4 “**Inicie novamente a conversa, toque levemente no fio. O que você percebe?**”, a resposta foi “*quando se toca no barbante, o som é interrompido (2.2)*”. Provavelmente ele prendeu o barbante, impedindo a propagação da onda sonora. Além de eventuais problemas relativos ao manuseio incorreto do material experimental, comentado na questão anterior, as dificuldades quanto à interpretação das questões e também as respectivas orientações a serem seguidas podem levar o aluno a observações equivocadas. Nesta questão, ao tocar

levemente o fio durante a conversa, o aluno sentiria uma leve vibração sem interromper a propagação do som.

O procedimento feito com o telefone 1 foi basicamente repetido usando os outros dois telefones (telefone 2 e telefone 3). Na questão 2.5, o fio do telefone também era barbante, mas com o diâmetro de 2 mm. Na questão 2.6 o fio do telefone era de nylon. Em seguida, na questão 2.6.2, os alunos compararam os telefones dizendo em qual ouviam melhor a voz do colega.

Na questão **2.5.1**, ao comparar o som ouvido com os telefones 1 e 2, o aluno 2.2 afirmou que ouviu melhor com o telefone 2. Na questão **2.5.2** - “**O que você pode concluir entre o tipo de fio do telefone e o som que você ouviu?**”- que comparava a propagação do som nos dois fios de barbante, o aluno afirmou que “*Não são iguais, pois os barbantes são diferentes (2.2)*”, atribuindo a diferença entre os sons em função dos barbantes serem diferentes, mas não especificou em que consistia esta diferença. Este fato pode ser explicado por problemas na interpretação do enunciado pelo aluno ou por sua dificuldade em expressar por escrito suas ideias e observações.

Comparando o telefone de fio de nylon com o telefone de barbante, ambos de mesmo diâmetro (questão **2.7**), o aluno 2.2 achou melhor o som no telefone com o fio de nylon. O telefone com fio de nylon foi a escolha da maioria dos alunos, mostrando que o mesmo som produzido se propaga de modo diferente quando o meio material muda, mantendo o mesmo comprimento e a mesma espessura em ambos os fios. É importante destacar que a tensão feita no fio vai depender da forma de manusear dos alunos, o que pode provocar diferenças entre a percepção do som ouvido pelos grupos.

Comparando os três telefones (questão **2.6.2**), o aluno 2.2 considerou que o som se propagava melhor no telefone com o fio de nylon. Este resultado não está de acordo com as análises *a priori*. Esta variação pode ter ocorrido em função da forma como este aluno e também vários outros usaram os telefones e o quanto os fios estavam esticados. De qualquer forma, as conclusões ou explicações fornecidas pelo

aluno parecem ser coerentes com as observações registradas nas respostas dadas ao longo das atividades realizadas.

Na atividade 3 (2ª parte, anexo B), **Tubo Acústico**, os alunos trabalharam com dois tubos de conduíte de diâmetros diferentes.

Na primeira questão desta atividade, **3.1 “Use o tubo 1, já montado com os funis. Sem esticar o tubo, tente se comunicar com um colega, estando cada um em uma das extremidades do tubo e a uma distância de 3 m. ...Você consegue ouvir bem o seu colega? Por quê?”**, o aluno respondeu “*O material é bem melhor (2.2)*”. Para esta resposta, ele provavelmente comparou o tubo acústico com os telefones com fio. Esta resposta não era esperada porque a questão não pedia para comparar os artefatos, o que sugere certa desatenção na leitura e interpretação da questão.

Na questão **3.2 “Agora, estique o tubo 1 e fale com o seu colega novamente. 3.2.1) Você notou alguma diferença em relação à facilidade de se comunicar?”**, o aluno respondeu “*Sim, a comunicação é melhor (2.2)*”. Pela resposta dada nesta questão parece que na sua observação fica evidente que ele percebeu diferença entre os sons ao esticar o tubo. Provavelmente isto ocorreu por influência da atividade com os telefones, na qual o som ouvido com os telefones ficava mais forte quando os fios estavam esticados.

Na questão **3.2.2 “Em que caso você ouve melhor a voz do seu colega: quando o tubo não está esticado e mais próximo ou quando o tubo está esticado e mais distante?”**, o aluno 2.2 disse que ouviu melhor o colega com o tubo esticado. Acreditamos que a forma como o enunciado foi escrito pode ter induzido o aluno a escolher uma das alternativas oferecidas enquanto esperávamos que eles respondessem que o som ouvido era o mesmo nas duas situações.

A resposta do aluno 2.2 para a questão **3.2.3 “Qual é o papel do tubo na propagação do som?”** foi “*para se comunicar (2.2)*”, falando da sua função sem tentar explicar a forma como o tubo influenciou a diferença entre os sons ouvidos (com e sem o tubo).

Utilizando agora o tubo com maior diâmetro, referente à questão **3.3** “**Utilizando o tubo 2, converse com o seu colega mantendo-se o mais longe possível dele. 3.3.1) Observe e compare os tubos. Quais as diferenças entre eles?**”, na resposta: “*O tubo 1 transmite a voz mais suave. O tubo 2 transmite uma voz mais grossa, aguda (2.2)*” percebemos que o aluno descreve o que ouve com cada tubo, registrando suas observações, sem explicar o motivo desta diferença. De acordo com a análise *a priori*, verificamos o uso errado do termo “aguda” ao se referir a intensidade do som bem como aos termos do senso comum “suave” e “grossa”. A comparação que esperávamos era em relação às características físicas dos tubos, que certamente foram percebidas pelo aluno.

Ao ser solicitado a comparar os tubos na questão **3.3.2 “Você ouve melhor o seu colega com o tubo 1 ou com o tubo 2? Por quê?”**, a resposta do aluno foi “*Com o 2, acho que é porque é mais grosso (2.2)*”, na qual ele elaborou uma explicação, relacionando a diferença do som ouvido em função dos diâmetros dos tubos, conforme a análise *a priori* realizada. É uma explicação que apresenta algumas características de uma situação de formulação, tendo em vista que ele não explicou porque em tubos mais grossos o som se propaga melhor. Segundo Brousseau (FREITAS, 1999, p. 77-83), numa situação de formulação o aluno usa esquemas ou modelos explícitos na resolução de um problema, assim como nesta questão o aluno associa o melhor som ouvido com o diâmetro do fio.

Na atividade 4 (2ª parte), **Estetoscópio**, os alunos leram dois textos, um sobre a invenção do telefone o outro sobre o estetoscópio (anexo B) e, em seguida, realizaram as 9 questões analisadas a seguir.

A questão **4.1** apresentava quatro itens. No item **4.1.1**, na qual o aluno deveria dizer o que ouvia ao arranhar a ponta da madeira com a unha, ele respondeu “*algo sendo arranhado (2.2)*”. Já ao descrever o que ouvia com o ouvido encostado na madeira (questão **4.1.2**), ele diz que ouviu “*algo sendo arranhado com mais nitidez (2.2)*”. Na questão **4.1.3 “Em que caso você ouve melhor o som ao arranhar a madeira?”**, o aluno 2.2 disse ouvir melhor o som ao arranhar a madeira com a unha quando o ouvido estava encostado nesta. Finalizando, na questão **4.1.4 “Em que meio o som se propaga melhor, no ar ou na madeira?”**, ele respondeu

“*No ar*”. Esta contradição entre as respostas dadas nas questões **4.1.3** e **4.1.4** sugere que este aluno, assim como muitos outros, ainda não tem muita clareza em relação ao significado da expressão “meio material” ou foi desatento ao responder este item. O aluno realizou adequadamente o que os itens solicitavam e suas observações foram coerentes. Em função disto, no item final esperávamos que sua resposta fosse “madeira”.

No segundo tópico da atividade 4, os alunos receberam um tubo de papelão, simulando o modelo do primeiro estetoscópio inventado por Laënnec. No item **4.2.1**, os alunos ouviam e anotavam suas observações ao bater com uma caneta na carteira. O aluno 2.2 respondeu “*O som de um plástico duro batendo na madeira (2.2)*”. Depois, no item **4.2.2**, eles repetiam o experimento usando o tubo simulando o estetoscópio de Laënnec, colocando um lado do tubo encostado no ouvido e o outro na carteira e anotaram suas observações do som ouvido. Sua resposta foi “*não dá para ouvir nitidamente o barulho da caneta (2.2)*”. No item **4.2.3** “**Explique em que caso você ouviu melhor o som produzido ao bater com a caneta na carteira**”, primeiramente batendo na carteira com uma caneta sem usar o estetoscópio e depois usando o estetoscópio, indicando em qual situação se ouvia melhor o som. O aluno 2.2 disse ouvir melhor o som ao arranhar a madeira com a unha sem usar o estetoscópio (questão **4.2.3**) e teve dificuldade para auscultar o coração do colega (questão **4.2.4**) usando o estetoscópio (tubo de papelão), como mostra a resposta: “*um leve som de algo batendo (2.2)*”.

As respostas apresentam coerência e indicam que o aluno não conseguiu realizar a atividade adequadamente e, portanto não ouviu melhor os sons com o auxílio do tubo de papelão. Isto pode ter ocorrido devido ao tamanho do tubo, mas só percebemos a dificuldade em relação a alguns tubos no segundo dia, e realizamos imediatamente a troca destes. O grupo 2 fez a atividade no primeiro dia e não percebemos dificuldade alguma durante a aula. Todos os tubos haviam sido testados antes, porém os ruídos externos do pátio da escola podem ter gerado esta dificuldade apresentada.

Na questão **4.3** “**Explique o funcionamento do estetoscópio**”, cuja resposta foi “*em uma das suas pontas você coloca o ouvido e em outra você coloca o*

coração (2.2)”, o aluno respondeu como devemos usar o estetoscópio, mas não explicou o seu funcionamento. Nesta resposta mais uma vez percebemos que o aluno aparentemente não entendeu o que a questão pedia.

Ao final desta atividade, os alunos responderam algumas questões com o objetivo de organizar as ideias trabalhadas e assim, em seguida, resolver os desafios da situação-problema.

Análise das questões que visam organizar as representações e explicações elaboradas pelo aluno 2.2

Para a análise das questões de 1 a 5, usamos os critérios apresentados no quadro 1 para classificar as respostas.

Análise da questão 1

A primeira questão foi: **“1) Para que o som se propague ao longo de um fio, este deve estar frouxo ou esticado? Por quê?”**.

A resposta do aluno 2.2 foi *“para que facilite a comunicação (2.2)”*, ou seja, ele não respondeu adequadamente a questão proposta. No caso de perguntas em que o aluno deve dar duas respostas, muitas vezes o aluno não responde o segundo item por simples esquecimento. Durante os experimentos com os telefones, ele havia respondido corretamente sobre esta questão abordada.

Análise da questão 2

A segunda questão foi: **“2) Por que o fio deve estar esticado e o tubo não para que o som se propague?”**.

A resposta do aluno 2.2 foi: *“Porque ele tem um buraco em seu interior e permite a passagem direta (2.2)”*. Assim como o aluno 11.2, o aluno 2.2 descreve as características do tubo, porém já esboça uma explicação associada a esta característica, no caso, o buraco no interior do tubo, indicando uma resposta

considerada satisfatória.

Análise da questão 3

Na terceira questão, após alguns esclarecimentos no início do enunciado sobre os conceitos de altura e intensidade, temos a seguinte questão: **“Quais as conclusões que se pode tirar comparando o som ouvido nas atividades das três situações com os telefones com fio? Verifique as respostas da questão 2.7 da atividade 2. Considere as características comentadas acima ou qualquer sensação percebida por você na comparação desses três telefones.”**

O aluno 2.2 respondeu esta questão, mas de forma incompleta, *“É que em cada situação, usa-se materiais diversos, e os sons ficam diferentes (2.2)”*, pois não caracterizou em qual telefone o som é melhor, por exemplo. Ele apresentou uma explicação associando o som ouvido com o material do fio, mas não explicitou alguma relação entre estas características para que pudéssemos identificar como um modelo do fenômeno.

Análise da questão 4

O enunciado da questão 4 é: **“ No séc. XIX, como era realizada a comunicação entre pontos distantes dentro de um navio?”**.

O aluno 2.2 respondeu *“Os encanamentos vazios de água (2.2)”*, conforme estava apresentado no texto, indicando que houve uma correta leitura e interpretação deste.

Análise da questão 5

Na última questão (questão 5) os alunos compararam o tubo acústico com o estetoscópio em relação a três aspectos: meio de propagação do som, funcionamento de cada instrumento e uso de cada um.

- Quanto ao meio de propagação (questão 5.1) do som, a resposta do aluno

2.2 foi “*O tubo acústico ouvimos melhor o som já o estetoscópio não da para ouvir direito (2.2)*”, na qual observamos somente uma comparação quanto ao som ouvido nos dois artefatos. Novamente percebemos a dificuldade apresentada quando a questão se refere à identificação do meio de propagação do som.

- Quanto ao funcionamento de cada instrumento (questão 5.2), o aluno 2.2 respondeu corretamente que “*O jeito de usar é o mesmo só o material é diferente (2.2)*”, o que significa que ambos são usados da mesma forma, mas não explicou como isto acontece. Vale observar que esta resposta seria mais adequada para a questão seguinte. De qualquer forma, é possível supor que um modelo sobre a propagação do som foi construído e ele estabeleceu uma relação entre os dois artefatos, indicando uma situação de formulação.

- Finalmente, na questão que compara os instrumentos quanto ao uso de cada um (questão 5.3), o aluno disse “*O tubo acústico é mais interessante (2.2)*”, dando apenas uma opinião sobre os artefatos, como foi feito no item 5.1, sem responder o que a questão pedia. As respostas apresentadas ao longo da atividade nos levam a supor que este aluno tinha condições de apresentar uma resposta mais adequada. Mais uma vez justificamos a resposta dada a um problema de interpretação ou desatenção na leitura.

Análise das questões do desafio do aluno da categoria B

Agora, vamos analisar detalhadamente as respostas do aluno 2.2 das questões do desafio, comparando o que foi respondido antes da realização das atividades experimentais com a resposta dada após estas para cada questão do desafio.

A resposta deste aluno antes de realizar a sequência para a primeira questão “**Como este casal pode se comunicar sem despertar a atenção dos sequestradores?**” foi “*Comunicariam-se através de gestos, pois o pequeno buraco passaria uma mão (2.2)*”. Depois de realizar as atividades ele mudou sua resposta para “*Usando o copo e o barbante que os sequestradores passavam a comida para fazerem um telefone de fio para se comunicarem (2.2)*”.

A resposta dada por esse aluno antes é uma evidência da influência, em algumas respostas, do desenho que foi dado junto com a situação-problema. O buraco desenhado, certamente muito caricato, exagerado de propósito pelo artista, indicava uma ligação entre os cômodos, mas não permitia a passagem de uma mão e o ambiente da garagem, pela descrição, não tinha boa iluminação. Portanto, a sugestão dada por este aluno antes do experimento seria difícil de funcionar, pois a mão não passaria pelo buraco e no escuro não seria possível ver os gestos um do outro. Em função destas respostas, que sugeriram passar a mão através do buraco, consideramos necessário algum comentário ou esclarecimento aos alunos sobre as dimensões dos objetos apresentados na ilustração. A resposta do aluno após o experimento está de acordo com a resposta desejada e percebemos que a sequência influenciou na solução do desafio. Esta resposta serve de evidência da influência da atividade realizada, pois para Brousseau (1986), a aprendizagem acontece quando o aluno, após sofrer um desequilíbrio provocado pelo meio, se reequilibra, adaptando-se a este meio, tendo como resultado um novo saber. Pela resposta também podemos identificar uma situação de validação, na qual o aluno usou o novo conhecimento sobre a propagação do som em diferentes meios materiais para resolver o desafio.

A resposta dada pelo aluno para a segunda questão **“Sabendo que o casal não possuía papel e lápis, telefone, etc, existe alguma forma de pedir socorro para alguém fora da casa sem gritar? Dê alguma(s) sugestão(ões) para o casal.”** antes de realizar a sequência foi *“Telefone sem fio, com os copos (2.2)”*. Depois de realizar a sequência ele alterou a resposta para *“Pelo tubo do cano que fica na garagem (2.2)”*.

O aluno 2.2 mudou sua resposta após a realização das atividades provavelmente por verificar a impossibilidade de se comunicar com alguém fora da casa usando um telefone com ou sem fio. Como ele observou na atividade, o fio do telefone deveria estar esticado durante a conversa, o que não seria possível através do encanamento que ligava a garagem à rua, pois como podemos ver na ilustração, este apresenta dobras. Esta resposta serve de evidência da influência da atividade realizada, que fez com que ele alterasse a sua estratégia de base por uma estratégia ótima, caracterizando uma situação de validação, na qual o novo conhecimento foi mobilizado e contribuiu para uma solução do desafio.

Na terceira questão do desafio, “**O casal usava um copo encostado na parede para descobrir se os sequestradores estavam dormindo ou se haviam saído. Explique por que usar o copo permite ao casal obter melhor informação sobre o outro cômodo**”, o aluno respondeu “*Porque o copo os permite escutar o outro comodo melhor (2.2)*”. Ele registrou praticamente a mesma informação fornecida pelo enunciado da questão, considerando-a verdadeira, mesmo que o fato descrito não tenha sido testado por ele. De qualquer modo, este aluno vivenciou a mudança no som ouvido quando os copos foram adicionados no experimento do sino. Na questão 1.3.4 da atividade 1, que pedia para explicar a função do copo no sino, ele usou o termo “isolou”, provavelmente supondo que o copo evitava que o som se propagasse em todas as direções. Portanto, acreditamos que a atividade do sino tenha influenciado nesta resposta.

5.1.2.c – Análise das respostas do aluno 5.2

Vamos finalizar com a análise do aluno 5.2, cuja resposta da questão 1 do desafio corresponde à categoria E, que caracterizamos como sendo aquela em que os alunos responderam certo o desafio antes de realizar as atividades experimentais e depois destas mudaram a resposta, errando a questão. Já a resposta da questão 2 do desafio deste aluno pertence a categoria A, em que os alunos responderam certo a questão antes de fazer a atividade e mantiveram a resposta certa após realizar os experimentos.

Este aluno foi escolhido por ser um representante da categoria A para a questão 2 e também o único na categoria E (questão 1 do desafio).

Do mesmo modo que foi feito com os outros dois alunos (11.2 e 2.2), vamos analisar todas as questões das atividades do aluno 5.2. Relembrando, as quatro atividades são: **Metal que Vira Sino, Telefone com Fio, Tubo Acústico e Estetoscópio**.

A primeira questão da atividade 1 (1ª parte, anexo A), **Metal que vira sino**, em que eles trabalharam com um artefato constituído por um cabide e dois pedaços de barbante (chamado sino), foi a seguinte: **1.1 “Segure o sino pelos pedaços de**

barbante com o braço estendido e bata com a caneta no cabide. Você ouviu alguma coisa? Descreva". O aluno 5.2 respondeu "*Um barulho de caneta sendo batido no cabide de metal, e uma tripidação (5.2)*", registrando uma situação de observação do fenômeno, etapa característica na didática das Ciências. Acreditamos que este termo "tripidação" está associado a alguma vibração percebida pelo aluno, fato importante no conceito que queremos que ele aprenda, pois a onda sonora é originada a partir de uma vibração ou perturbação do meio. Ao falar em "uma tripidação" a resposta do aluno apresenta alguns aspectos interessantes, indo um pouco além da resposta do aluno 2.2 que praticamente só descreve o procedimento da atividade.

Na questão **1.1.1 "Qual o meio material que existe entre o sino e o seu ouvido?"**, o aluno 5.2 respondeu "*Existe o barbante de 50 cm (5.2)*", assim como os dois alunos analisados anteriormente, associando o meio material com o objeto sólido próximo.

Nas questões **1.2** e **1.2.1** (anexo A), os alunos deveriam encostar as pontas livres dos barbantes nos ouvidos, deixando o cabide pendurado a sua frente, batendo neste com a caneta e anotando as observações quanto ao som ouvido. O aluno 5.2 respondeu "*Pode ser ouvido um barrulho agudo (5.2)*", fazendo referência ao som de metal. Ele usou o termo "agudo", mas ainda não fica claro para nós se este foi usado da forma correta cientificamente ou com o sentido do uso comum no dia a dia que, em geral, está associado à intensidade do som.

Em relação à questão **1.2.2 "Qual(is) o(s) meio(s) que existe(m) entre o sino e o seu ouvido?"** ao bater neste quando o barbante estava encostado no ouvido, o aluno 5.2 respondeu "*Um barrulho agudo (5.2)*". Esta resposta está mais adequada para a descrição da percepção do aluno e evidencia que também para este aluno há a dificuldade em compreender o que é "meio material".

Na questão **1.2.3 "Existe alguma diferença entre os sons que você ouviu nos itens 1.1 e 1.2?"** o aluno 5.2 respondeu "*sim*". Continuando, na questão **1.2.4 "Explique como o meio de propagação do som pode ter influenciado nas suas observações"**, o aluno 5.2 respondeu: "*Teve uma diferença no modo do som, pois*

no primeiro poderia não ter certeza de qual era o som, e no segundo já obtemos certeza (5.2)”, indicando mais facilidade deste em identificar e descrever o som observado com o barbante no ouvido, embora ele não tenha dito, como era esperado por nós, que o som era equivalente ao som de um sino e não discutiu a questão do meio de propagação. A resposta evidencia mais que uma constatação, pois ele já estabelece uma comparação entre as observações, que podemos caracterizar como uma situação de ação, mas ainda não tenta elaborar uma explicação.

A partir da orientação dada no enunciado da questão 1.3 e que já detalhamos nas análises dos alunos anteriormente, no qual dos copinhos devem ser amarrados nas pontas livre dos barbantes do sino, temos a questão **1.3.1 “Peça para um colega bater com a caneta no cabide. O que você observa? Descreva”**. O aluno 5.2 respondeu *“Uma tripidação constante e forte. (5.2)”*. Assim como na resposta da questão 1.1, o aluno usa o termo trepidação para descrever a vibração sentida, constatando também que a mesma fonte, no caso a vibração do metal do cabide, pode gerar sons diferentes em função do meio no qual a onda se propaga. Esta é uma observação relevante para a futura modelização que se espera que o aluno elabore. As respostas deste aluno mostram que ele está associando as características do som ouvido com uma trepidação, o que deverá conduzi-lo a formulação de um modelo, o que Brousseau chamou situação de formulação.

Na questão **1.3.2 “Existe alguma diferença entre os sons que você ouviu nos itens 1.2 e 1.3, ou seja, sem ou com os fones de ouvido?”** o aluno 5.2 respondeu “sim” e, na sequência, a pergunta **1.3.3 “O que foi alterado entre as duas situações (itens 1.2 e 1.3)?”** a resposta foi *“A sua tripidação que foi constante (5.2)”*. Novamente surge o termo “trepidação” que para nós corresponde a um tremor ou vibração. Acreditamos que ele está associando uma maior vibração com o aumento da intensidade do som com o uso dos fones. Este termo usado pelo aluno sugere que ele, a partir das observações feitas na atividade experimental, associa som com vibração, o que contribuirá para a elaboração da noção de ondas sonora.

Quanto à influência do uso dos fones na questão **1.3.4 “Explique como o copo preso na extremidade do barbante influencia o som transmitido até o ouvido”**, temos a seguinte explicação: *“Pelo fato de que o som sai mais nitido*

(5.2)”. Pela resposta ele ainda não elaborou um modelo para justificar as observações feitas. Embora a resposta seja inadequada, ela é esperada pelo grau maior de dificuldade apresentado nesta questão. Só com as atividades feitas até o momento fica difícil elaborar um modelo mais adequado para o fenômeno observado de acordo com a explicação científica. Esta constatação sugere possíveis modificações na sequência, visando uma atividade complementar que possibilite a elaboração de uma resposta que explique o que ocorre quando usamos o copo.

Na atividade 2 (1ª parte), **Telefone com fio**, os alunos usaram três telefones com fios diferentes. Na primeira questão, **2.1 -“Você e seu colega devem se colocar a 5 m de distância um do outro. Vocês conseguem conversar sem gritar?”**, o aluno 5.2 respondeu: *“Sim, não foi necessário gritar (5.2)”*. Provavelmente o aluno respondeu “sim” pelo fato de que muitos grupos usaram os telefones assim que estes foram colocados sobre a mesa e também porque eles leem nos lábios do colega o que ele está dizendo ou conversavam mais forte do que foi pedido.

Na questão **2.2** cujo enunciado é: **“Usando o telefone 1, sem esticar muito o fio, um deve falar próximo ao copo enquanto o outro mantém o copo junto ao ouvido. Depois invertam as posições. Vocês ouvem um ao outro?”**, a resposta foi *“Não (5.2)”*. Esperávamos esta resposta, pois sem a tensão necessária não existe a propagação da onda no fio.

Agora, nas questões **2.3 (2.3.1 e 2.3.2)**, veja anexo A, os alunos deveriam verificar a possibilidade de conversar usando o telefone com o fio esticado e descrever o que havia mudado, comparando o som ouvido com o fio frouxo e com o fio esticado. O aluno 5.2 respondeu, respectivamente, *“Sim (5.2)”* e *“pois a posição de quando está esticado é melhor (5.2)”*. Ele afirma que com o fio esticado o som ouvido é “melhor” embora ao contrário dos outros dois alunos analisados, o aluno 5.2 disse que não conseguiu conversar com o colega quando o fio estava frouxo.

Na questão **2.4 “Inicie novamente a conversa, toque levemente no fio. O que você percebe?”**, a resposta foi *“a mesma coisa, usamos o fio de nylon que é bem melhor (5.2)”*. Provavelmente por desatenção o aluno comentou sobre o fio de

nylon que ainda não tinha sido usado e não comentou sobre a sua percepção ao tocar no barbante.

Os alunos trocaram o telefone 1 (fio de barbante e diâmetro de 1 mm) inicialmente pelo telefone 2 (fio de barbante e diâmetro de 2 mm) (questão **2.5**), e, em seguida, pelo telefone 3 cujo fio é de nylon (questão **2.6**). Eles conversaram entre si, indicando em qual artefato ouviam melhor a voz do colega (questão **2.6.2**).

Na questão **2.5.1 “Você ouve melhor o seu colega quando usa o telefone com o fio 1 ou com o fio 2?”**, o aluno 5.2 afirmou que “*o 2 é bem melhor (5.2)*”. Na questão **2.5.2 - “O que você pode concluir entre o tipo de fio do telefone e o som que você ouviu?”**- que compara a propagação do som nos dois fios de barbante, o aluno afirma que “*Bom com o fio de nylon tudo fica mais nitido (5.2)*”, respondendo incorretamente, pois não respondeu a questão proposta que só envolvia os fios de barbante.

Usando o telefone com o fio de nylon e comparando com o telefone com o fio de barbante de mesmo diâmetro (questão **2.7**), o aluno 5.2, assim com os alunos 11.2 e 2.2, achou melhor o som no telefone com o fio de nylon. Como já foi analisado na resposta do aluno 2.2, nesta atividade fica evidente que o material do fio influi no som propagado através deste, considerando que as demais características se mantêm constantes.

Comparando os três telefones (questão **2.6.2**), o aluno 5.2 considerou que o som se propaga melhor no telefone com o fio de nylon. Embora não fosse esta a resposta desejada por nós, este resultado está de acordo com as análises *a priori*, pois o som ouvido depende de vários fatores além das características do fio. Podemos citar a influência da tensão do fio, o barulho do local no momento da observação pode ter mudado com a circulação de outros alunos da escola, etc.

Na atividade 3 (2ª parte, anexo B), os alunos trabalharam com dois **Tubos Acústicos** de diâmetros diferentes.

Na questão 3.1 **“Use o tubo 1, já montado com os funis. Sem esticar o tubo, tente se comunicar com um colega, estando cada um em uma das extremidades do tubo e a uma distância de 3 m. ...Você consegue ouvir bem o seu colega? Por quê?”**, a resposta do aluno 5.2 foi *“por que existe uma extremidade aberta, ou seja foi feita por um cano (5.2)”*. Esta resposta apresenta uma tentativa de explicar o fenômeno, pois ele associa o fato de ouvir bem o colega com a extremidade aberta do tubo. Mesmo assim, consideramos esta uma situação de ação, pois o aluno parece responder intuitivamente, sem a elaboração explícita de um modelo.

Na questão 3.2 **“Agora, estique o tubo 1 e fale com o seu colega novamente. 3.2.1) Você notou alguma diferença em relação à facilidade de se comunicar?”**, o aluno 5.2 respondeu *“Sim, pois a qualidade do som fica ruim (5.2)”*. O fato de falar com o tubo esticado não deve interferir na qualidade do som. Podemos imaginar que talvez no momento em que eles conversaram com o tubo esticado o ruído do ambiente estivesse muito forte, dificultando a comunicação. Somente quatro alunos consideraram que a qualidade do som piorou com o tubo esticado, o que não foi previsto por nós.

Na questão 3.2.2 **“Em que caso você ouve melhor a voz do seu colega: quando o tubo não está esticado e mais próximo ou quando o tubo está esticado e mais distante?”**, a resposta do aluno foi *“quando não estava esticado (5.2)”*. Como comentamos na análise do aluno 2.2, o fato da pergunta apresentar duas opções pode ter induzido este aluno a escolher uma das alternativas, o que não era a nossa intenção. A análise do que pode ter influenciado este aluno na sua resposta é semelhante à feita na questão anterior, ou seja, o ruído externo pode ter dificultado a conversa entre eles quando o fio estava esticado.

Em relação à questão 3.2.3 **“Qual é o papel do tubo na propagação do som?”**, a resposta do aluno foi *“de enviar o som (5.2)”*, que está correta, mas não explica como o tubo faz isto, ou seja, que o tubo direciona as ondas evitando que o som se espalhe em todas as direções.

Ao usar o tubo com maior diâmetro, na questão **3.3 “Utilizando o tubo 2, converse com o seu colega mantendo-se o mais longe possível dele. 3.3.1) Observe e compare os tubos. Quais as diferenças entre eles?”**, o aluno respondeu “*um tem a extremidade pequena. ou seja largura (5.2)*”. Ele respondeu adequadamente a questão ao se referir a largura dos tubos mesmo sem especificar cada um deles ou elaborar algum modelo para explicar como a largura altera a intensidade do som ouvido.

Na sequência os alunos foram solicitados para comparar os tubos 1 e 2 conforme a pergunta **3.3.2 “Você ouve melhor o seu colega com o tubo 1 ou com o tubo 2? Por quê?”**. Nesta resposta, “*o 2 pq é largo (5.2)*”, temos uma tentativa de elaboração de um modelo explicativo, na qual o aluno citou a diferença no tamanho dos tubos, respondendo de acordo com o esperado na análise *a priori* realizada e apresentando algumas características de uma situação de formulação, tendo em vista que ele não explicou porque em tubos mais largos o som se propaga melhor.

Lembramos que os alunos iniciaram a atividade 4 (2ª parte), chamada **Estetoscópio**, lendo dois textos (anexo B) sobre as invenções do telefone e do estetoscópio e, a seguir, realizaram as atividades analisadas abaixo.

A questão **4.1** foi subdividida em itens. No item **4.1.1 “Pegue um pedaço de madeira e arranhe com a unha em uma das pontas. O que você ouve?”** o aluno respondeu “*Uma leve sensação de gatura, e um leve som de arranhado (5.2)*”. Já ao descrever o que ouvia com o ouvido encostado na madeira (questão **4.1.2**) ao arranhá-la, ele diz que ouviu “*Um arranhado + constante (5.2)*”. Na questão **4.1.3 “Em que caso você ouve melhor o som ao arranhar a madeira?”**, o aluno 5.2 disse ouvir melhor o som ao arranhar a madeira com a unha quando o ouvido estava encostado nesta. Finalizando, na questão **4.1.4 “Em que meio o som se propaga melhor, no ar ou na madeira?”**, ele respondeu “*Na madeira*”. As respostas do aluno mostram coerência ao longo da atividade e estão de acordo com as nossas previsões na análise *a priori*.

Ainda na atividade 4, os alunos receberam um tubo de papelão. No item **4.2.1 “Bata com uma caneta na carteira. Tente descrever o som que você ouve”**,

o aluno 5.2 respondeu “*da caneta (5.2)*”. Depois, no item **4.2.2 “Agora, encoste um dos lados do estetoscópio no seu ouvido e o outro na carteira. Bata novamente com a caneta na carteira. Anote suas observações sobre o som que você ouviu”**, sua resposta foi “*Um barulho + agudo (5.2)*”. No item **4.2.3 “Explique em que caso você ouviu melhor o som produzido ao bater com a caneta na carteira”**, ele deveria comparar as duas situações anteriores. O aluno 5.2 disse ouvir melhor o som ao arranhar a madeira com a unha usando o estetoscópio (questão **4.2.3**) e disse que não conseguiu auscultar o coração do colega usando como estetoscópio o tubo de papelão (questão **4.2.4**), como mostra sua resposta: “*Nada (5.2)*”. Provavelmente ele estava usando um dos tubos menores que, mesmo tendo sido testados antes, percebemos somente no segundo dia de aula que os alunos apresentavam muita dificuldade para auscultar o coração do colega, pois este som é muito baixo e fraco e existia muito ruído no local da atividade.

Na questão **4.3 “Explique o funcionamento do estetoscópio”**, o aluno 5.2 respondeu “*Como se fosse um fone de ouvido (5.2)*”. Percebemos uma tentativa de explicação ao comparar o estetoscópio com o fone de ouvido, mas o aluno não explicou como funcionava o fone de ouvido ou o tipo de fone a que ele se referiu (os fones da nossa atividade ou da vivência do aluno). No caso da atividade, ele pode ter criado um modelo para o fone que se enquadra para o estetoscópio, pois na questão 1.3.4, que pedia uma explicação sobre a função do fone (copo) na atividade do sino, ele respondeu que com o copo o som fica “*mais nítido*”. Porém, o fone de ouvido que ele se refere pode ser o fone usado em aparelhos como rádio ou televisão. Neste caso o conhecimento mobilizado pode ter sido da sua própria vivência com aparelhos eletrônicos.

Ao final desta atividade, os alunos responderam algumas questões com o objetivo de organizar as ideias trabalhadas e assim, em seguida, resolver os desafios da situação-problema.

Análise das questões que visam organizar as representações e explicações elaboradas pelo aluno 5.2

Para a análise das questões de 1 a 5, usamos os critérios apresentados no

quadro 1, apresentado no início dessa análise (p. 94) para classificar as respostas.

Análise da questão 1

A primeira questão foi: **“1) Para que o som se propague ao longo de um fio, este deve estar frouxo ou esticado? Por quê?”**.

A resposta do aluno foi *“Esticado p/ que melhore as ondas sonoras (5.2)”*. Embora ele perceba que o som se propaga melhor com o fio esticado, na sua resposta ele não elabora um modelo explicativo dizendo por que o fio deve estar esticado. A resposta ainda se refere a uma etapa de observação, pois ele constatou e registrou suas percepções, etapa importante no processo, segundo Tsoumpelis, para se chegar na solução do desafio.

Análise da questão 2

A segunda questão foi: **“2) Por que o fio deve estar esticado e o tubo não para que o som se propague?”**.

A seguir temos a resposta do aluno: *“por que o tubo tem extremidade (5.2)”*. Nesta resposta notamos que o aluno parece não entender o termo usado por ele, “extremidade”, pois nos artefatos usados, tanto nos tubos quanto nos telefones, cada aluno deve segurar ou falar em uma das extremidades destes, de modo que a resposta dada não faz sentido. Por outro lado, ele já usou este termo nas respostas das questões 3.1 e 3.3.1, associando este termo à abertura do tubo, o que nos leva a supor que quando ele diz que o tubo “tem extremidade” ele quer dizer que o tubo “é oco”. Esta resposta evidencia a possibilidade de se mobilizar conhecimentos que, segundo Tsoumpelis, podem levá-lo a elaboração de um modelo inadequado e que poderá ou não ser substituído ou reformulado após alguns questionamentos ou esclarecimentos colocados pela situação ao aluno.

Análise da questão 3

Nesta questão, após uma introdução que detalhamos nas análises anteriores,

foi perguntado: **“Quais as conclusões que se pode tirar comparando o som ouvido nas atividades das três situações com os telefones com fio? Verifique as respostas da questão 2.7 da atividade 2. Considere as características comentadas acima ou qualquer sensação percebida por você na comparação desses três telefones.”**

O aluno 5.2 e o seu colega de grupo, assim como o aluno 11.2, não responderam esta questão, mostrando certa resistência apresentada por muitos alunos em relação a textos ou questões mais longas, desinteresse ou pressa em terminar a atividade. Eles talvez estivessem cansados no final, dando preferência às questões com o enunciado mais curto e direto, visto que eles continuaram e responderam as demais questões.

Análise da questão 4

O enunciado da questão 4 é: **“ No séc. XIX, como era realizada a comunicação entre pontos distantes dentro de um navio?”**.

O aluno 5.2 respondeu *“Encanamentos vazios de água dos navios (5.2)”*. Esta resposta evidencia que o aluno realizou satisfatoriamente a leitura e interpretação do texto solicitado.

Análise da questão 5

Na última questão (questão 5) os alunos compararam o tubo acústico com o estetoscópio em relação a três aspectos: meio de propagação do som, funcionamento de cada instrumento e uso de cada um.

- Quanto ao meio de propagação (questão 5.1), observamos na resposta do aluno 5.2, *“de uma extremidade a outra se propaga o som (5.2)”*, que ele diz qual o caminho percorrido pelo som, sem mencionar o meio de propagação nos dois artefatos é o ar, como queríamos. Mesmo com o uso dos termos “meio de propagação” ou “meio material” diversas vezes durante atividade, notamos que este conceito não foi compreendido satisfatoriamente e deve ser retomado e esclarecido

na Institucionalização.

- Quanto ao funcionamento de cada instrumento (questão 5.2), o aluno respondeu que “*O tubo é mais nitido para se ouvir com o estetoscópio o som fica rustico (5.2)*”, comparando os dois artefatos em relação à qualidade do som ouvido, não respondendo como queríamos que o princípio de funcionamento em ambos como sendo o mesmo.

- Finalmente, na questão que compara os instrumentos quanto ao uso de cada um (questão 5.3), o aluno disse “*um serve para se comunicar e o outro para se ouvir (5.2)*”, dando uma resposta bem de acordo com a atividade realizada, pois eles usaram o tubo para conversar enquanto o estetoscópio foi usado apenas para ouvir sons tanto da carteira quanto do coração do colega. Esta resposta é uma evidência da influência da atividade realizada, mostrando, como destaca Tsoumpelis, a importância da etapa de observação numa disciplina como a Física e, a partir destas observações e representações elaboradas pelo aluno, ele inicia a construção de um conhecimento novo ou mesmo a uma reelaboração ou aprendizagem de novos aspectos a partir de um conhecimento que ele já possui. Uma generalização deste conhecimento deverá ser feita pelo professor numa etapa chamada Institucionalização.

Análise das questões do desafio do aluno das categorias A e E

Agora, passamos para a análise detalhada das respostas do aluno 5.2 sobre as questões do desafio, comparando o que foi respondido antes da realização das atividades experimentais com a resposta dada após estas para cada questão do desafio.

A resposta deste aluno antes de realizar a sequência para a primeira questão “**Como este casal pode se comunicar sem despertar a atenção dos sequestradores?**” foi “*Usaram os pedaços de barbantes, os metais, e os plasticos para fazer um telefone para se comunicarem um com o outro (5.2)*”. Depois de realizar a sequência ele alterou sua resposta para “*Com a ajuda do tubo acústico (5.2)*”.

O aluno 5.2 respondeu inicialmente como esperávamos e depois do experimento mudou para uma resposta inadequada, pois como já comentamos, não existe tubo ligando os dois cômodos. Mesmo apresentando antes dos experimentos respostas diferentes, após a atividade os alunos 5.1 e 5.2 (grupo 5) deram a mesma resposta. Provavelmente esta mudança ocorreu porque eles acharam mais fácil se comunicar usando o tubo acústico em comparação com o telefone com fio. Talvez para eles o próprio buraco entre os cômodos, em função das dimensões do desenho, pudesse funcionar como um tubo acústico. Outra possibilidade imaginada está relacionada ao contrato didático estabelecido entre alunos e professor. Eles podem ter suposto que esta era a resposta esperada pelo professor.

A resposta dada pelo aluno à segunda questão **“Sabendo que o casal não possuía papel e lápis, telefone, etc, existe alguma forma de pedir socorro para alguém fora da casa sem gritar? Dê alguma(s) sugestão(ões) para o casal.”** antes de realizar a sequência foi *“Como existe um cano de esgoto na garagem aonde o homem estava ele poderia usar um pedaço de fio ou até mesmo gritar por aquele cano (5.2)”*. Nesta resposta, antes da atividade, ele acertou parcialmente, pois ele também se refere ao uso de um pedaço de fio, e não temos certeza da intenção dele com o fio. Verificamos, na resposta após a atividade, que houve uma evolução. Ele usou a ideia do cano desde o início, mas após realizar as atividades ele parece reavaliar a resposta, não falando novamente no fio, como podemos observar a resposta dada: *“O uso do tubo de esgoto (5.2)”*.

A resposta inicial mostra que este aluno tinha uma noção, mas não tinha certeza da solução do problema. A atividade poderia ajudar ou não na resolução. Neste caso as atividades o ajudaram a organizar e selecionar a resposta final com mais convicção. As respostas mostram claramente a influência da situação e, segundo Tsoumpelis, a importância da etapa de observação na aprendizagem das disciplinas científicas, pois por meio da vivência das atividades ele pode confirmar, descartar ou alterar a sua ideia inicial a respeito da solução do desafio. Como ele não tinha segurança na primeira resposta ele mudou e respondeu de acordo com as reais possibilidades do desafio proposto. Embora tenhamos colocado esta resposta na categoria A, podemos considerá-la como um caso em transição, pois houve uma evolução e não uma mudança de toda a resposta.

Fazendo uma análise destas duas questões do desafio, percebemos uma instabilidade nos modelos inicialmente apresentados pelo aluno. Em relação à primeira questão, ele tinha um modelo explicativo e ao fazer a atividade mudou. As respostas dadas durante a realização das atividades sugerem que este aluno passou por etapas que, de acordo com Brousseau, levou-o ao desequilíbrio do sistema de conhecimento, porém ele não equilibrou novamente. Na segunda questão, houve o desequilíbrio e após a atividade, ele reequilibrou e resolveu o desafio como esperado.

Na terceira questão do desafio, **“O casal usava um copo encostado na parede para descobrir se os sequestradores estavam dormindo ou se haviam saído. Explique por que usar o copo permite ao casal obter melhor informação sobre o outro cômodo”**, o aluno respondeu *“pois o copo é um objeto que ajuda na absorção dos sons, mesmo sendo do outro lado da parede (5.2)”*.

O aluno 5.2 usou o termo “absorver” no sentido de captar ou sugar o som, de modo que a pessoa pudesse ouvir melhor os sons do outro cômodo. Nesta resposta há uma evidência de uma tentativa de se formular um modelo explicativo para o papel do copo na observação feita.

5.2 – Sequência Didática: Análise dos textos de leitura e interpretação

Enquanto metade da turma realizava a parte experimental da sequência (15 alunos), o restante do grupo (12 alunos) permaneceu na sala de aula e recebeu orientações para realizar atividades com textos, para leitura e interpretação, e para responder um opinário. Os textos e o opinário se encontram no anexo C. No dia seguinte os grupos inverteram as atividades.

As atividades foram divididas em três partes:

Primeira parte – Opinário que solicita informações e opiniões gerais dos alunos.

Segunda parte – Leitura e interpretação de um texto sobre o tema **“A violência que enfrentamos”** com questões referentes ao texto e opiniões dos alunos.

Terceira parte – Leitura e interpretação de três textos sobre o tema “**A mudança no comportamento dos jovens provocada pelo o uso do celular**”, com questões referentes aos textos e opiniões dos alunos.

A partir dos dados organizados na tabela 1, referentes ao questionário inicial (primeira parte) da sequência, iniciamos a análise das respostas das questões e opiniões dos alunos. Estes dados mostram, como supomos nas análises *a priori*, que praticamente todos (21 alunos) têm celular e o utilizam para diversas tarefas, além de conversar, é claro. Apenas o aluno 4.1 não tem nenhum tipo de telefone. Com as respostas das primeiras questões já é possível perceber neste grupo a grande influência do telefone, principalmente o celular.

A função principal do celular é a comunicação e o contato entre amigos e a família por meio de conversa e do envio de torpedos, mas outras funções são bastante usadas, como tirar fotos e ouvir música. O fácil acesso a estes aparelhos faz com que o aluno se aproxime de novas tecnologias e cada vez mais saiba fazer uso dela.

Quanto à pergunta sobre o “Disque Denúncia”, a intenção foi obter informações a respeito da proximidade destes alunos com a violência e de que forma eles conhecem este serviço, por meio da mídia ou pelo uso próprio ou de alguém das suas relações. Como esperávamos e pudemos constatar (tabela 1), apenas 1 dos 23 alunos disse não conhecer este serviço. Porém, a maioria nunca usou ou conhece alguém que fez uma denúncia deste modo, sugerindo que eles não estão expostos diretamente a um ambiente violento.

Estes dados são importantes para conhecermos um pouco a realidade dos alunos envolvidos nesta pesquisa, nos auxiliando também na análise das respostas às questões após a leitura dos textos.

Tabela 1 – Respostas do questionário inicial com informações e opiniões dos alunos.

questão	Respostas dos alunos		
1) Você tem telefone fixo em casa?	9 alunos responderam <i>SIM</i>	14 alunos responderam <i>NÃO</i>	
2) Você possui celular?	21 alunos responderam <i>SIM</i>	2 alunos responderam <i>NÃO</i>	
3) Se você tem celular, você usa o aparelho para:	2 alunos responderam “conversar”	18 alunos responderam “conversar e enviar torpedos”	3 alunos não responderam
4) Que outras funções o seu celular possui?	De modo geral os alunos escreveram três ou quatro dos itens abaixo: 15 fotos ou câmera, 13 MP3 ou música, 9 Internet, 6 jogos, 5 rádio, 4 via-bluetooth, 3 filmadora, 2 calculadora, 2 despertador, 1 multimídia, 1 respondeu: <i>várias entre elas pedir ajuda</i> , 1 respondeu: <i>Ele é normal</i> , 1 aluno deixou a questão em branco		
5) Qual delas você mais usa? Os alunos responderam	8 tirar foto 6 ouvir música ou MP3 2 conversar 2 mensagens 2 despertador 1 Internet 1 via-bluetooth 1 jogos 1 aluno respondeu <i>todas</i> 1 aluno não respondeu a questão		
6) Você já ouviu falar no Disque Denúncia?	22 alunos responderam <i>SIM</i>	1 aluno respondeu <i>NÃO</i>	
7) Conhece alguém que já usou este serviço?	2 alunos responderam <i>SIM</i>	21 alunos responderam <i>NÃO</i>	
8) Caso você conheça alguém que usou o Disque Denúncia, descreva o fato ocorrido.	Respostas dos 2 alunos: -Quando meu primo foi roubado ele ligou para a polícia.(4.1) -Esta ocorrendo tráfico de drogas.(15.1)	9 alunos responderam não conhecer caso algum	12 alunos não responderam a questão

Na segunda parte, o texto “**Telefone contra a violência**” (anexo C) explica o funcionamento do projeto Disque Denúncia, existente em São Paulo desde novembro de 2000, e como ele previne e combate o crime.

Após a leitura, os alunos responderam 6 questões cujas análises serão apresentadas a seguir. Nas análises dessas respostas, usamos um critério diferente do adotado para analisar as respostas da atividade experimental da sequência. Temos dois tipos de questões: aquelas cujas respostas se encontram no texto e aquelas que pedem a opinião dos alunos.

Para analisar as questões em que as respostas estão no texto usamos os critérios apresentados no quadro 2.

Quadro 2 – Critério de classificação das respostas das questões referentes ao texto 1.

Classificação das respostas	Critério de classificação das respostas
corretas	O aluno respondeu de forma correta, interpretando adequadamente o texto.
Parcialmente corretas	A resposta está correta, mas incompleta.
incorretas	O aluno respondeu a questão de forma inadequada ou não conseguiu interpretar o texto.
Não sei	O aluno disse que não sabe responder a questão.
Não respondeu	O aluno deixou a questão proposta em branco.

Análise das questões referentes ao texto 1.

Os alunos não tiveram muita dificuldade em responder a questão 1 que questiona “**...os motivos que levam a população a evitar a notificação de crimes à polícia**”. As respostas da maioria dos alunos mostram que eles compreenderam a leitura do texto. Nove alunos responderam corretamente, como exemplificamos na resposta do aluno 12.3: “*Retaliação por criminosos e a desconfiança na eficácia do poder da polícia*”. Dos demais, sete deram respostas parcialmente corretas, como o aluno 5.2, que respondeu “*Por causa de ameaças feitas pelo agressor*”.

Já na questão 2, que pergunta o significado no texto da palavra “**subnotificação**”, a maioria (14 alunos) respondeu corretamente, como o aluno 8.2 “*A falta de registro das ocorrências*”. Porém, alguns alunos, que responderam incorretamente, disseram exatamente o contrário do esperado, como os alunos 5.2 e 12.1, respectivamente, “*É a forma tradicional de notificar uma ocorrência como o Boletim*” e “*Fornecer informações aos policiais*”.

Mesmo o texto apresentando uma linguagem acessível, algumas palavras como “subnotificação” não são do uso comum no dia a dia dos nossos alunos e se a leitura não é cuidadosa pode resultar em erro na interpretação, como os citados anteriormente. Neste sentido, a questão 2 tem como função fazer com que os alunos compreendam o termo “subnotificação”, por ser esta uma palavra importante no texto e que provavelmente não faz parte do vocabulário dos alunos.

Quanto as respostas da questão 3, **“Na sua opinião, qual o principal motivo para que as pessoas não denunciem um crime?”**, todos os alunos mencionaram “o medo de represálias”, sendo que 18 alunos justificaram a resposta, como, por exemplo, o aluno 13.1 *“Por medo, que a pessoa que foi denunciada, descubra a tente algo de mal com a pessoa”* e 5 alunos responderam somente *“O medo”*, como o aluno 1.2.

Estas respostas evidenciam que, tanto pela leitura do texto quanto pelas informações que são veiculadas pelos jornais, revistas, etc, os alunos têm a consciência de que vivem numa sociedade violenta. Em relação aos alunos que justificaram a resposta, respondendo além do que foi solicitado, consideramos um fato interessante, pois sugere que estes alunos estão preocupados com violência e se posicionam a este respeito. Este é um fenômeno bastante comum em cidade de porte médio.

Nas questões 4 e 5, que tratam, respectivamente, de esclarecer **“como funciona o Disque Denúncia”** e **“como é possível acompanhar o andamento da investigação”**, percebemos que a leitura do texto foi suficiente para que a maioria dos alunos compreendessem o funcionamento do Disque Denúncia e como é possível acompanhar as investigações, como podemos ver em alguns exemplos que comentaremos a seguir.

Em relação ao funcionamento do Disque Denúncia (questão 4), as respostas dos todos alunos foram corretas ou parcialmente corretas, de acordo com as informações do texto. O aluno 12.3, por exemplo, respondeu *“O cidadão liga é atendido, relata o ocorrido de forma anônima ou não, e a policia coleta os dados e os apura tentando solucionar o caso mais rapido possivel”*.

Quanto ao acompanhamento da investigação (questão 5), a maioria acertou a questão, como o aluno 18.1, que respondeu “*O denunciante recebe uma senha alfanumérica, que poderá ser usada para acompanhar o desenrolar do caso. O denunciante torna-se assim, também um fiscalizador*”. As respostas dos demais alunos que não acertaram esta questão evidenciam que eles não compreenderam ou desconhecem alguns termos do texto. Outro fator de erro pode ser a leitura desatenta em função do texto ser um pouco longo e foi lido durante a aula, junto com os outros colegas.

Na questão 6, cuja pergunta é “**Qual é a sua opinião sobre este tipo de serviço?**”, todos os alunos, exceto o 10.2, acham muito útil e importante este tipo de serviço, como, por exemplo, responderam os alunos 11.2 e 16.1, mencionados a seguir: “*Bom para a população, pois, pode denunciar crimes sem ser prejudicado, e ainda acompanhar o caso e saber tudo que aconteceu (11.2)*” e “*Ele é muito bom por que ajuda as pessoas a falar o que não tem coragem de responder pessoalmente (16.1)*”.

Pelas respostas fica claro que o anonimato da denúncia dá a sensação de segurança que as pessoas precisam, e permite que elas, indignadas diante de algum crime, façam o que elas acham certo, no caso, informar a polícia. Este medo da ação dos criminosos acaba por dominar a sociedade, nos tornando seus reféns e escravos, paralisando as nossas atitudes.

A resposta do aluno 10.2, “*Eu não faria um disque denúncia, não por medo ou ameaças, é porque eu não acho certo se meter na vida dos outros*”, nos leva ao seguinte questionamento: será que a nossa apatia diante de um fato ou um crime que deveriam nos indignar não acaba por nos tornar indiferentes e individualistas, nos desobrigando de agir diante de uma situação que não está diretamente nos envolvendo? Esta resposta na qual o aluno não acha certo se meter na vida alheia indica respeito ou omissão pela vida de outra pessoa? De qualquer forma, mesmo que a resposta seja diferente do esperado, mostra que o aluno apresenta opinião própria e não tem receio de expô-la.

Um trabalho como este, em que os alunos fazem a leitura e a interpretação de texto, deu oportunidade para que eles expressassem suas ideias, com respostas interessantes e coerentes, mostrando a sua opinião sobre o tema escolhido: violência urbana. Segundo o enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (SANTOS; MORTIMER, 2000), devemos desenvolver, além da construção de conhecimentos, habilidades e valores, tornado os alunos capazes de agir com responsabilidade, conhecimento e visão crítica sobre os problemas da sociedade. Esta atividade pode envolver outras disciplinas, diversificando e enriquecendo a troca de opiniões.

Na terceira parte temos 3 pequenos textos (anexo C):

Texto 2.1 - Escolas proíbem uso de celular, mas alunos burlam a norma

Texto 2.2 - Novos castigos afastam jovens da tecnologia

Texto 2.3 - Jovens usam celular para criar mundo particular

Apresentaremos as respostas de algumas questões desta terceira parte em quadros sem, no entanto, classificá-las, pois são subjetivas e pessoais. O objetivo dos quadros é facilitar a leitura das respostas.

Questão 1: “Em relação ao texto 2.1, o que você acha do uso do celular durante as aulas?”

Nesta questão todos os alunos iniciaram suas respostas considerando errado, mas logo em seguida acabam justificando a necessidade de usar o aparelho. Veja os exemplos:

Eu acho uma falta de educação, caso seja uma emergência, acho que a pessoa tem sim, o direito de utilizá-lo. Caso o professor não incomode de nós usarmos o celular, acho que não tem nada a ver (3.2).

Depende se não tiver atrapalhando na sala de aula não pode atender por que isso é falta de respeito, mas escutar musica não tem nada haver (5.1).

Às vezes atrapalha as aulas, mas as vezes é um fato sério temos que nos atender no momento de aula (8.1).

O celular tem que estar desligado e guardado. Mas nós sempre temos um jeito de quebrar as regras, criando tumulto com os aparelhos celulares (10.1).

Eu acho o seguinte, se o aluno usa o celular dentro da sala é porque á uma necessidade (10.2).

Errado, mas difícil um aluno que não use o aparelho na sala.(11.2).

Não é certo. Mais o adolescente sem celular é como a escola sem professor, não funciona (13.1).

Eu acho que nem todas as pessoas usam o celular dentro da sala para fazer coisas que ã devem. Mas se caso vc precisar receber uma notícia importante como vai receber sem seu celular (14.1).

É fácil perceber a importância que este artefato, o celular, tomou na vida de todos, mas dos jovens de forma especial. De modo geral, todas as pessoas consideram o celular um aparelho extremamente útil nos nossos dias, inclusive pela sensação de segurança que ele dá, ao permitir que a qualquer momento possamos localizar alguém ou pedir socorro numa situação de emergência. Além disso, os aparelhos fornecem muita diversão e distração. E começa por aí o problema em relação aos alunos em sala de aula. Eles não conseguem limitar o uso do aparelho durante o período em que se encontram na escola, por exemplo. Parece impossível imaginar que há poucos anos atrás não existia celular e as pessoas se comunicavam de alguma outra forma em caso de emergência.

As respostas citadas, como o aluno 5.1 que não vê nada de errado em ouvir música durante a aula nos leva a questionar o domínio que este artefato está exercendo sobre os jovens e também qual o papel da escola na vida deles. Segundo Santos (1992, p. 139 apud AULER, 2002, p. 36), a discussão de temas polêmicos e que envolvam Ciência-Tecnologia-Sociedade, como o uso do celular em sala de aula, pode contribuir no desenvolvimento da capacidade dos alunos de discutir e tomar decisões diante de uma situação. Cabe também perguntar qual o papel do educador nesta situação.

Já respostas como as dos alunos 10.1 e 11.2, mostram que alguns não hesitam em burlar as regras, mesmo sabendo que estão fazendo algo errado e que vai prejudicar o andamento da aula e a sua própria aprendizagem. A contradição entre o que eles dizem ser correto ou errado e os seus atos pode ser considerado uma característica normal na idade destes alunos. Por meio de discussões de temas

polêmicos podemos ajudar estes jovens a encontrar uma coerência maior entre o pensar e o agir.

Os alunos 8.1 e 10.2 se posicionaram considerando que o aluno tem maturidade para julgar a real necessidade de uso do aparelho e que, deste modo, não devem ser impedidos de usá-lo. Para eles, a tomada de decisão sobre o uso do telefone deve ser feita pelos próprios alunos.

Questão 2: “Você acha que proibir o uso de celular, computador, etc, como forma de castigo, ajuda a educar crianças e jovens? Por quê?”

As opiniões em relação a esta questão se dividem entre os alunos que acham que os filhos precisam de limites e de alguma punição ao fazer algo errado e os outros que argumentam a favor do diálogo na família ou simplesmente por acreditar que os jovens têm formas de burlar as proibições dos pais.

Os alunos que não concordam com a utilização de castigo, como, por exemplo, o 10.2 e o 11.1, veja as respostas na tabela 2, argumentam que os pais atualmente não tem controle sobre o que os filhos fazem, ou ainda, se o filho quiser fazer algo, ele tem como fazer com ou sem a autorização dos pais e com a ajuda dos amigos. Ao mesmo tempo em que podemos caracterizar este comportamento como rebelde, também notamos que os jovens estão se mostrando mais independentes nos seus atos.

Os alunos que concordam com o castigo, veja alguns exemplos de respostas na tabela a seguir, acreditam que os pais devem dar limites aos filhos e que isto vai ajudá-los a respeitar os que estão a sua volta e a pensar na consequência dos seus atos.

Para Santos e Mortimer é necessário o desenvolvimento de valores associados aos interesses sociais, o que tentamos fazer por meios da discussão de textos.

Tabela 2 – Tabela de respostas da questão 2.

Resposta	Número de alunos	Justificativa
sim	10	<i>Sim. Porque eles terão um pouco de respeito.(1.2)</i> <i>Muitas vezes “sim”: Porque as crianças ou jovens não farão algo, sem pensar no que poderá acontecer.(3.2)</i> <i>Sim. Porque a criança percebe, se fizer algo de errado, ficará sem o que mais gosta, que são os seus “brinquedos”.(13.1)</i> <i>Certo, pois possibilitam os jovens a ter limites e regras a serem cumpridas, e caso não cumpra perderá regalias.(12.3)</i>
não	11	<i>Não. Deixar de usar essas coisas não adianta nada porque eles usam o dos amigos e quanto ao uso do computador tem um ciber a cada esquina.(3.1)</i> <i>Não, porque é de cada jovem querer ou não aprender não vai fazer diferença tirar ou não o celular e computador, etc.(5.1)</i> <i>Não. Porque não adianta nada você castigar seu filho tirando computador, celular, etc, se quando ele sair do castigo ela vai fazer as mesmas coisas, só pra te pirraçar, porque você deixou ele de castigo.(10.2)</i> <i>Não porque sempre que se proíbe algo a um jovem ele irá fazer do mesmo jeito escondido e hoje em dia é muito fácil você achar cybers etc. Daí do mesmo jeito o jovem vai fazer tudo escondido. O melhor jeito de educar é conversando não proibindo.(11.1)</i>
Sim e não	1	<i>Sim e não. Sim por que tira um pouco do costume do aparelho e não porque muitos vão atrás de seus amigos que tem computador, celular etc...(9.1)</i>
Não respondeu a questão.	1	-

Questão 3: “As situações do texto 2.3 se passam nos Estados Unidos, país rico e com uma população considerada consumista. Você acha que os exemplos mencionados poderiam se passar no Brasil?”

Nesta questão 12 alunos responderam “sim”, 8 responderam “não” e 3 não responderam a questão.

Dos alunos que responderam “sim”, apenas seis justificaram. Observe algumas destas respostas: “*Sim, muitos jovens usam desse recurso para varias coisas, como ficar com meninos e até para colar nas provas.(5.1)*”, “*Sim, porque*

aqui no Brasil tem muitas que tem condições e são muito consumista.(3.1)” e “Talvez sim. As pessoas podem se tornar escravos do celular.(3.2)”.

Dos que responderam “não”, dois justificaram: *“Acho que não. Hoje em dia dificilmente os jovens e adolescentes ficam sem celular.(10.1)” e “Não, porque nem todos têm condição financeira para fazer isso, também acho isso uma bobagem.(11.2)”*

Dependendo da classe social brasileira que olhamos, podemos concordar com as duas posições adotadas pelos alunos, pois certos grupos de jovem têm os mesmos bens e rotina de certos jovens americanos. Já outros brasileiros estão muito longe destes privilégios.

Questão 4:

4.a) “Você e seus pais ou responsáveis utilizam o celular da mesma forma e com a mesma frequência no dia a dia?”

Dos 23 alunos, 11 responderam “sim”, 11 responderam “não” e 1 não respondeu a questão. Percebemos que o uso do celular ocorre tanto entre jovens quanto entre adultos, pois serve para conversar com amigos, marcar encontros, etc, e também no trabalho de muitas pessoas.

4.b) “Você acha correto utilizar o celular de forma indiscriminada e com tanta frequência? Porquê?”

É interessante observar que mesmo alguns alunos que responderam achar errado o uso exagerado do celular, como o 10.2 e o 13.1 cujas respostas se encontram na tabela 3, acabam mostrando na justificativa o quanto se tornaram dependentes deste aparelho e que esta necessidade é inevitável. Este uso indiscriminado e exagerado do celular parece ser inconsciente, do ponto de vista do aluno, levando o jovem à dominação pela tecnologia, sem avaliar os impactos na sociedade e no grupo de amigos.

Os alunos 5.1 e 11.2 também são contra o uso indiscriminado, mas seus argumentos são no sentido de que este uso diminui a convivência social, aumentando o isolando entre as pessoas. Esta é uma questão interessante, pois ao mesmo tempo em que os jovens gostam e usam o celular, também consideram importante estar junto com os amigos.

Um grupo menor se posicionou a favor do uso indiscriminado, como os alunos 3.2 e 18.1, evidenciando uma dependência em função da necessidade de se comunicar em casos que eles consideram urgente. Mas o que realmente é um caso urgente? A escola certamente tem que promover debates e discussões sobre esses temas da sociedade.

Tabela 3 – Tabelamento das respostas da questão 4.b.

Resposta	Número de alunos	Justificativa
sim	5	<i>Se tiver algum motivo, ou algo que tal pessoa precisa falar com alguém, não há nada de mais.(3.2)</i> <i>Sim. Porque muitas vezes a ligação é um caso muito urgente.(18.1)</i> <i>Sim, pois a tecnologia e a sociedade contribui, pois também é uma forma rápida e viavel.(15.1)</i>
não	16	<i>Não, acho que deveria aver mais convivencia e conversação entre os jovens sem usar esse aparelho.(5.1)</i> <i>Não por que pode se tornar um vicio.(8.2)</i> <i>Não. Porque não é correto utilizar com tanta frequência, mais e indispensável.(10.2)</i> <i>Não, porque fica chato para os outros e você acaba criando um mundo pra você, seu mundo nas mensagem.(11.2)</i> <i>Não. Mais não tem jeito, o celular já virou algo indispensável em nossas vidas, mais a utilização do mesmo, é importante.(13.1)</i>
Às vezes	1	<i>As vezes, muitos usam o celular em lugares que não são apropriados, as vezes é falta de ética.(10.1)</i>
Não respondeu a questão.	1	-

Questão 5:

Alguns exemplos de respostas desta questão (dividida em dois itens), foram colocados nas tabelas 4 e 5 e discutiremos o posicionamento dos alunos a seguir.

5.a) “Você acha que o celular aproxima ou afasta o jovem dos amigos? Por quê?”

Tabela 4 – Tabela das respostas da questão 5.a.

Resposta	Número de alunos	Justificativa
aproxima	18	<i>aproxima sim porque é com o celular que vc conversa com os amigos conta as novidades.(8.1)</i> <i>Aproxima. Porque por exemplo se você quiser sair com seu amigo e ã tiver como avisar pessoalmente vc liga pra ele.(10.2)</i> <i>Aproxima por ter mais contatos com os amigos.(15.1)</i>
afasta	2	<i>Acho que em alguns casos afasta, e em outros não interferem em nada.(10.1)</i>
Outra resposta	2	<i>Depende, como foi citado no texto por exemplo acho que afasta mas quando o amigo mora longe aproxima sim e muito até.(5.1)</i>
Não respondeu a questão.	1	-

5.b) “E em relação à família, aproxima ou afasta? Por quê?”

Tabela 5 – Tabela das respostas da questão 5.b.

Resposta	Número de alunos	Justificativa
aproxima	17	<i>Aproxima: porque uma pessoa está fora do país um parente vai e faz uma ligação.(1.2)</i> <i>aproxima, por que tem família que mora longe e ai com o celular a gente conversa, recebe foto e ai mata a saudade.(8.2)</i> <i>Aproxima, pois é a forma mais rapida de comunicar-se.(12.3)</i>
afasta	1	<i>Afasta porque você pode conviver com eles todo dia para que ia servir só quando estivesse longe assim aproximaria, mas se não por isso vai afastar e muito.(5.1)</i>
Outra resposta	4	<i>Os dois porque as vezes é chato, mas sempre é bom ter um celular por perto quando acontece algo ou mesmo para saber como estão.(16.1)</i>
Não respondeu a questão.	1	-

Como podemos observar nas tabelas 4 e 5, para a maioria dos alunos o telefone é um instrumento que aproxima as pessoas, tanto em relação aos amigos quanto à família. Estas respostas mostram que para esses jovens, o celular é um mediador social e cultural fundamental provocando mudanças nos relacionamentos entre eles e seus familiares.

Para Santos (1992, p. 139 apud AULER, 2002, p. 36), a inclusão de temas sociais acaba criando uma inter-relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, levando o aluno a ter uma visão mais abrangente sobre o mundo que está a sua volta e a desenvolver habilidades que vão além do conteúdo que estamos nos propondo a estudar, como, por exemplo, mostrar uma postura crítica diante de novas situações envolvendo avanços tecnológicos.

CAPÍTULO VI – INSTITUCIONALIZAÇÃO

Nos dois dias em que trabalhamos com os dois grupos de alunos da turma pesquisada, após a realização da parte experimental da sequência didática, reunimos cada grupo para efetuar a etapa chamada **Institucionalização**. Relembrando, nesta etapa o professor volta a assumir a responsabilidade de conduzir a aula, conduta oposta a que ele tem durante uma atividade adidática. O professor parte da situação-problema proposta e discute os pontos mais importantes da aula e algumas questões em que os alunos apresentaram algumas dificuldades ou obstáculos em função das suas concepções e que interferiram no desenvolvimento do problema a ser resolvido. Os conceitos fundamentais a serem apreendidos durante o desenvolvimento da situação adidática são retomados para discutir coletivamente, as dúvidas, os questionamentos e eventuais reelaborações sobre as concepções que ainda possam persistir nos modelos explicativos dos alunos, pois o objetivo principal desta etapa é generalizar um conhecimento que foi construído em um contexto específico, estabelecendo o modelo teórico aceito pela comunidade científica.

A partir da retomada da situação-problema, começamos uma discussão sobre a propagação do som em diferentes meios materiais, comentando os diferentes sons ouvidos na atividade do telefone com fio. Também fizemos a discussão do que significa “meio material”, pois tanto na análise *a priori* quanto na testagem piloto verificamos que os alunos não sabiam bem o significado desta expressão, o que também foi comprovado ao longo da experimentação, destacando o fato de que o som só se propaga em um meio material.

Esta etapa foi organizada inicialmente para sistematizar os conceitos sobre a propagação do som no ar e em alguns sólidos. Esses conceitos devem ser construídos pelos alunos ao longo da realização da sequência didática. A apreensão desses conceitos será considerada satisfatória se os alunos, ao resolver o desafio, constatarem que:

- 1- Quando o meio é o ar (sem o uso do tubo), o som se propaga (espalha) em todas as direções. Quando o meio é um dos fios, isto não acontece. Com o tubo de conduíte também evitamos este espalhamento do som em todas as direções.
- 2- Existem diferenças entre o som percebido quando o meio é gasoso ou sólido.
- 3- Podem existir vários meios materiais entre a fonte que produz o som e o ouvido de uma pessoa. No caso do sino e do telefone existem dois meios: o ar e o fio.
- 4- Quando o meio é sólido, existe diferença entre os sons ouvidos em função das características do material, densidade, elasticidade e tensão do meio. Observamos nos telefones com barbante e nylon algumas dessas características.
- 5- Embora o processo de transmissão do som seja o mesmo em qualquer meio, ou seja, cada partícula ao vibrar transmite esta vibração (energia) para as partículas próximas e assim sucessivamente, nos sólidos deve existir uma certa tensão do meio. Em função disto, o fio do telefone e do sino devem necessariamente estar esticado para que o som se propague. Já no ar (meio gasoso), as partículas apresentam liberdade de movimento e as compressões e rarefações ocorrem dentro e ao longo do tubo, de modo que este não precisa estar esticado.
- 6- Quanto maior for o volume de matéria vibrando, maior será a intensidade sonora transmitida da fonte sonora até um determinado ponto distante. Em relação aos tubos de conduíte, o som ouvido depende do diâmetro destes. Num tubo mais largo, a quantidade de ar é maior e mais moléculas de ar vibram, resultando num som com maior intensidade.

De acordo com a análise *a priori* e experiência como professor, esperávamos que concepções associadas aos conceitos de altura e intensidade do som aparecessem nas discussões dos alunos, o que foi confirmado durante a experimentação. Embora estes conceitos não sejam o foco do nosso trabalho, achamos necessário fazer uma breve apresentação destes, pois as concepções apresentadas pelos alunos poderiam interferir nas suas representações e elaboração de modelos explicativos. Na questão 3 do questionário (anexo A), antes da pergunta propriamente dita, usamos alguns exemplos do uso adequado dos termos alto/baixo e forte/fraco, com a intenção de esclarecê-los. Mesmo assim, muitos alunos continuaram usando os termos com o significado do senso comum e durante esta etapa eles foram retomados a medida que os alunos os mencionavam durante as

discussões e tentamos fazer com que estes compreendessem o uso correto cientificamente destes termos.

Nesta etapa de Institucionalização, devemos fazer a ligação dos conhecimentos construídos a partir dos fenômenos observados, numa situação específica, inserindo-os em um modelo mais geral aceito cientificamente, e que apresenta um caráter universal e despersonalizado. Na situação proposta aos alunos, eles experimentam alguns materiais e observam a propagação do som através destes, finalizando por usar alguns destes procedimentos na solução do desafio. Os materiais usados como meio de propagação na sequência foram o ar, os fios e a madeira. Esperamos que eles percebam que o meio material para a propagação era sólido e gasoso e que as observações, explicações e modelos elaborados abrangem uma diversidade de materiais que não usamos em sala de aula. Com a Institucionalização queremos que este conhecimento adquirido sobre a propagação do som seja mais abrangente, não se limitando aos materiais usados durante as atividades.

De modo geral, assim como comentamos anteriormente sobre “meio material”, o procedimento seguido foi questionar os alunos, ouvindo suas respostas e também comentando as respostas observadas durante a aula, discuti-las e corrigi-las de acordo com a necessidade e concepções abordadas e, em seguida, generalizando e despersonalizando este conhecimento específico.

A atividade experimental e a Institucionalização foram planejadas para 2 tempos de aula. No primeiro dia, os alunos do primeiro grupo necessitaram de mais tempo, pois houve um certo atraso no início da Experimentação, eles demoraram a descer da sala e começar as atividades. O experimento teve que ser interrompido para o intervalo e a turma só retomou o trabalho no último tempo. Novamente os alunos tiveram que descer para o local e retomar as atividades.

Como os alunos trabalharam em duplas, cada grupo apresentou o seu ritmo e conseqüentemente terminou a atividade em diferentes momentos. Após a finalização da última dupla, a turma foi reunida para a Institucionalização, que iniciou quando faltavam uns 15 minutos para o final da aula.

Iniciamos a Institucionalização com este primeiro grupo perguntando se as atividades que eles realizaram tinham ajudado a resolver o problema do casal, ou seja, a se comunicar entre si e a pedir socorro enquanto estavam isolados. O grupo 7 iniciou dizendo que não tinham conseguido ajudar o casal, mas a maioria afirmou tê-lo feito. A partir daí, discutimos as questões mais relevantes da atividade e generalizamos os conceitos listados neste capítulo. À medida que ia explicando o conteúdo, fazia algumas perguntas para o grupo, provocando a participação destes. Os grupos 1, 5 e 7 foram os que mais participaram das discussões.

No momento que tocou o sinal ainda não tínhamos terminado a discussão, mas os alunos tiveram que sair da escola. Não foi possível “segurá-los” por mais do que alguns minutos depois do sinal porque o local em que estávamos era uma área de circulação dos alunos e quando as outras turmas foram liberadas ficou impossível mantê-los para uma discussão mais aprofundada sobre a propagação do som. Então, para encerrar a aula retomamos as questões do desafio agora que já havíamos discutido com mais profundidade a propagação do som. Embora o tempo fosse curto, conseguimos discutir os seis pontos listados anteriormente. Do nosso planejamento inicial faltou discutir com este grupo os conceitos de intensidade e altura.

No segundo dia, o segundo grupo de alunos da turma fez a atividade nos três primeiros tempos, sem intervalo e o trabalho foi melhor, tanto pela nossa experiência do dia anterior quanto por não ter sido necessário interromper e retomar a atividade. O atraso só ocorreu no início, pois muitos alunos chegaram atrasados no primeiro tempo. Neste grupo conseguimos discutir na Institucionalização todos os pontos considerados importantes para o fechamento da atividade. Levamos pouco mais de vinte minutos nesta etapa e assim que terminamos tocou o sinal.

Da mesma forma que no dia anterior, iniciamos perguntando se eles tinham conseguido ajudar o casal sequestrado em função das atividades experimentais. Alguns disseram que não, mas logo mudaram de opinião. Em relação ao experimento com os telefones com fio, os grupos discordaram quanto ao material que propaga melhor o som. Enquanto o grupo 11 disse ouvir com mais nitidez com o fio de nylon, o grupo 10 afirmou que com este fio não ouviu nada.

Durante a discussão sobre os meios materiais, o grupo 8 disse que dentro do tubo existe ar. Em seguida discutimos o papel do tubo de conduíte na propagação do som, destacando semelhanças e diferenças entre os tubos e os fios. Um dos alunos do grupo 8 se destacou na participação em relação aos demais alunos. No final retomamos as questões do desafio e um dos alunos (grupo 8) usou o termo “alto” ao se referir a intensidade do som ouvido. Aproveitando a sua resposta, discutimos os conceitos de altura e intensidade, fechando a atividade. Todos os seis pontos listados anteriormente foram discutidos com este grupo.

De modo geral os alunos dos dois grupos participaram e mostraram interesse pelas atividades experimentais, mostrando atenção e participando da etapa da Institucionalização.

Salientamos a importância da etapa de Institucionalização, na qual devemos discutir os problemas e as concepções que surgiram ao longo da atividade e generalizar os conceitos discutidos na situação proposta.

A partir dos registros da Institucionalização realizados com os dois grupos, notamos algumas dificuldades e para saná-las faremos algumas sugestões para o caso de uma aplicação futura desta sequência didática. Como a atividade foi realizada em duplas e cada uma tem um ritmo de trabalho, tivemos que esperar que todos terminassem para iniciar a Institucionalização. Em função disto, o tempo foi menor do que tínhamos planejado inicialmente (aproximadamente 30 minutos). Devido a sua importância, esta etapa deve ser realizada com mais tempo e tranquilidade pelo professor na aula seguinte, com todos os alunos da turma, tornando mais rica a troca de experiência entre eles.

Esta atividade experimental foi planejada como introdutória do conteúdo de ondas sonoras no Ensino Médio, mas em função do seu caráter conceitual também pode ser trabalhada nas últimas séries do Ensino Fundamental.

A discussão dos textos de leitura e interpretação com os grupos não estava prevista, pois não havia outros professores envolvidos na atividade. Sugerimos a participação de outros professores e, caso isto não ocorra, o próprio professor de

Física deve fazê-la em um outro momento ou junto com a Institucionalização, se considerar adequado. Pensamos que seria muito rico e oportuno o envolvimento e a participação de outras disciplinas como, português, filosofia, história, etc, o que traria para a nossa proposta uma perspectiva mais integradora e interdisciplinar.

CAPÍTULO VII – ANÁLISE DO OPINÁRIO

Alguns dias após termos realizado a pesquisa com os alunos, voltamos à escola e aplicamos um opinário à turma, com o objetivo de saber a opinião destes sobre a sequência didática realizada por eles.

O opinário (anexo G) foi elaborado com questões com uma série de afirmativas em que o aluno deveria responder “**sim**” ou “**não**”, respectivamente, no caso de concordar ou discordar destas e três questões abertas.

Vinte e oito alunos responderam o opinário, sem se identificar. Para a análise dos mesmos atribuímos um número para cada um de forma aleatória. A tabela 6, que se encontra no anexo H, traz uma síntese das respostas desses alunos.

De modo geral, como podemos observar na tabela 6 mencionada anteriormente, os alunos disseram ter compreendido facilmente a linguagem usada tanto no roteiro quanto nos textos, mostrando coerência nas respostas assinaladas como, por exemplo, nas afirmativas 11, 12 e 13 do aluno 7. Ele respondeu “sim” confirmando que a “linguagem dos texto era fácil de entender (afirmativa 11)” e que “teve facilidade em responder as questões sobre o texto (afirmativa 13)”. Coerentemente ele respondeu “não” para a afirmativa “linguagem dos textos era difícil de entender (afirmativa 12)”.

Como exemplo de incoerência temos o aluno 3 que respondeu “sim” para as afirmativas 2, 3 e 4 que dizem, respectivamente, que ele “participou das duas aulas (afirmativa 2)”, “participou apenas da aula experimental (afirmativa 3)” e “participou apenas da aula com os textos para leitura e interpretação (afirmativa 4)”.

Responder este tipo de tabela não é trivial, mas a maioria dos alunos respondeu em parte de forma satisfatória. Quanto aos alunos cujas respostas indicam incoerência, estas sugerem como possíveis causas: dificuldades na interpretação do que estava sendo solicitado nas mesmas ou falta de atenção na leitura das afirmativas.

Segue a seguir uma análise detalhada por questão.

Na primeira questão: “**Você já havia participado de aulas de Física com experimentos em grupo?**”, dos 28 alunos que receberam o opinário, 21 alunos responderam “**não**”, 3 responderam “**sim**” e 4 não responderam a questão. Como já era esperado por nós, a grande maioria dos alunos nunca tinha participado de uma aula de Física com experimentos. Este fato refletiu na postura dos alunos, que inicialmente demonstraram certa insegurança e dificuldade na leitura e interpretação das orientações do roteiro da sequência didática.

Na segunda questão, “**Você gostou de realizar as atividades experimentais? () Sim () Não Por quê?**”, Dos 28 alunos, 22 que responderam a questão disseram “**sim**”, sendo que destes 2 não justificaram a resposta. Abaixo destacamos algumas justificativas:

É uma nova maneira da aula, não só conta e sim inteligência (aluno 2).

Porque sai um pouco dos ritmos da sala (aluno 12).

Porque foi uma aula diferente (aluno 14).

Por que eu pude mostrar meus conhecimentos (aluno 18).

Melhor de se entender a atividade (aluno 22).

Porque é algo novo, acho que em todas as escolas deveriam ter algo assim (aluno 25).

Analisando estas respostas e também observando os alunos durante as atividades, é fácil perceber o interesse e a curiosidade destes diante de uma situação nova e/ou de atividades experimentais que utilizam materiais e artefatos desconhecidos e que foram manuseados por eles. Ao mesmo tempo em que eles apresentam algum receio e resistência ao novo, pois numa atividade como a que propomos eles têm que trabalhar ativamente para que a aula “funcione”, eles queriam saber o que ia acontecer no experimento, dando evidências de que a situação os motivou a assumir a resolução da situação-problema.

Vamos analisar as justificativas que foram citadas:

A primeira resposta citada sugere a opinião do aluno 2 em relação às “contas” feitas em aula. A forma como ele respondeu indica que para fazer as tais “contas” não é preciso raciocinar, como se este procedimento fosse mecânico e sempre igual. Ele achou que para realizar as atividades experimentais, ele teve que refletir sobre o que estava sendo feito. Com certeza este é o nosso objetivo.

Os alunos 12, 14 e 25 afirmaram ter gostado da atividade proposta por ser uma aula diferente das que eles estão habituados a assistir na escola. Esta opinião serve como evidência da necessidade do professor buscar alternativas para diversificar os tipos de aula e, assim, manter os alunos motivados e curiosos.

Em relação à resposta do aluno 18, ele disse ter gostado da aula, pois “eu pude mostrar meus conhecimentos”. Este é um aspecto importante na nossa proposta, pois a sua resposta sugere que ele usou os seus conhecimentos prévios para construir novos saberes e resolver o desafio. Pela sua resposta podemos supor que numa aula tradicional ele não tem a oportunidade de mostrar o que ele sabe e provavelmente deve responder de acordo com o que o professor quer.

Para o aluno 22, as atividades contribuíram e facilitaram a sua compreensão sobre a propagação do som em cordas e tubos, pois ele diz que é “melhor de se entender...”, o que nem sempre ocorre em uma aula expositiva. Esta posição do aluno reforça uma atitude favorável à proposta desenvolvida.

Quanto à terceira questão: **Você acha que a realização das atividades experimentais ajudou na resolução da situação-problema (como o casal sequestrado poderia se comunicar e pedir socorro)?**, da mesma forma que na questão dois, todos os alunos que responderam a questão disseram “**sim**” porém como não foi solicitado, eles não justificaram esta resposta. Somente três alunos responderam algo a mais, mas apenas repetindo a resposta dada ao desafio (por exemplo, “Pelos copos e os barbantes e pelo cano”).

As respostas do opinário evidenciaram que a maioria dos alunos gostou da atividade e que segundo as suas opiniões a realização das atividades experimentais contribuíram para a solução do desafio respaldando a nossa proposta.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Consideramos que a investigação realizada apresentou resultados bastante satisfatórios principalmente porque os alunos se motivaram com a atividade e tomaram para si a responsabilidade de resolvê-la, atitude fundamental na nossa proposta. Pois, de acordo com a Teoria das Situações Didáticas, uma situação didática deve envolver o aluno de modo que ele assuma o problema proposto como se fosse seu, e ao solucioná-lo ele se apropria dos conceitos em jogo. Nas atividades realizadas, consideramos que a maioria dos alunos assumiu o problema proposto e chegou na solução do problema.

O referencial teórico escolhido foi muito adequado na construção da sequência didática e também na análise das ações dos alunos e das respostas ao resolverem a situação-problema proposta, por meio da realização dos experimentos, o que nos permitiu explicitar os procedimentos de aprendizagem destes alunos.

A metodologia usada, a Engenharia Didática, embora elaborada para a didática da Matemática, foi fundamental e muito apropriada para a organização de toda a investigação, deixando claro os passos para que a pesquisa tivesse um bom desenvolvimento.

Observamos que, tanto durante a aula e também pelas anotações dos alunos, praticamente todos realizaram as atividades com interesse e envolvimento, o que segundo o referencial teórico adotado, Teoria das Situações Didáticas, significa que o professor realizou a devolução de um bom problema ao aluno. Entretanto, nem todos conseguiram resolver, a contento, o desafio proposto pela situação. Então, porque nem todos acertaram as questões após fazer as atividades? Buscamos responder esta questão por meio das análises dos procedimentos realizados pelos alunos e das respostas dadas às questões solicitadas, ao longo das atividades que eles realizaram.

De acordo com as respostas dadas, os alunos foram identificados em 5 categorias, a saber:

Categoria A – Alunos que já haviam acertado a resposta no início e mantiveram a

mesma resposta.

Categoria B – Alunos que responderam errado as questões, em seguida realizaram os experimentos, e ao retornar as questões do desafio mudaram as respostas, acertando-as.

Categoria C – Alunos que responderam errado o desafio inicialmente e, após realizar as atividades mudaram as respostas, porém estas continuaram incorretas.

Categoria D – Alunos que responderam errado antes dos experimentos e mantiveram a mesma resposta após as atividades.

Categoria E – Alunos que responderam certo antes do experimento, trocaram a resposta após a atividade e erraram.

Este estudo buscou evidenciar e entender os procedimentos de aprendizagem dos conceitos de ondas sonoras realizados por três alunos comparando a evolução dos mesmos. Estes alunos foram escolhidos para uma análise mais detalhada por representam os grupos de alunos com maior frequência de respostas. Embora os alunos escolhidos representem determinados grupos, os procedimentos de aprendizagem analisados não são os mesmos para todos os alunos dos seus respectivos grupos.

Os alunos analisados foram identificados como: 11.2, 2.2 e 5.2, cujas respostas do desafio correspondem, respectivamente, às categorias D (ambas questões), B (ambas questões) e E (questão 1) e A (questão 2).

Na primeira atividade (Metal que vira Sino), os três alunos iniciaram seguindo as orientações, adequada e coerentemente, mas apresentaram a mesma dificuldade quanto à identificação do meio material entre o sino e o ouvido (questão 1.1.1, anexo A). Verificamos que a maioria dos alunos associa meio material com meio sólido, que parece ser uma concepção comum entre eles.

O aluno 11.2 apresenta uma linguagem mais elaborada e com uso de termos científicos, como “*som que se propaga*” e “*ondas sonoras que percorrem o barbante*”, que é uma evidência dos seus conhecimentos prévios sobre o conteúdo, o que deveria ter facilitado a construção do novo conhecimento e conseqüentemente a solução do desafio, fato que não aconteceu. O aluno 5.2 já inicia usando o termo

“*trepidação*” para descrever sua percepção, mostrando uma relação entre vibração e ondas sonoras, considerada importante ao longo da atividade para compreender que o som sempre está associado a uma vibração que se propaga.

Ao usar os telefones com fios, os alunos apresentam algumas diferenças ao interpretar as orientações. Por exemplo, ao ser solicitado para que ele toque no fio durante a conversa com o colega, as respostas diferentes mostram que os procedimentos de aprendizagem não foram os mesmos devido à diferença na interpretação das orientações. Enquanto o aluno 2.2 diz que “*o som é interrompido*”, o aluno 11.2 diz que quando bate na corda ouve “*um grave*”, ou seja, um prende o fio e o outro bate nele. A diferença no manuseio do material levou cada aluno a observações e também a elaboração de um modelo explicativo diferente. Também não houve unanimidade na escolha do melhor fio ao conversar com o colega, o que também indica eventuais dificuldades no uso do material, pois embora seja simples pode levar a diferentes resultados dependendo da forma como foi manuseado. Os alunos 2.2 e 5.2 consideraram melhor o fio do telefone 3 e o aluno 11.2, assim como a maioria dos alunos da turma, considerou melhor o fio do 2. A maneira de segurar e manter esticado o fio durante a conversa é fundamental na obtenção de uma boa qualidade do som transmitido e desta forma estabelecer uma comparação entre os fios. A diferença entre a escolha do melhor fio para se ouvir a voz do colega ocorreu em função do critério adotado por cada aluno. Supomos que a escolha do fio 3 foi feita usando como critério a clareza do som ouvido enquanto que a escolha pelo fio 2 deve ter sido feita considerando o que transmitiu o som com maior intensidade.

Em relação à atividade com os tubos, os alunos apresentaram algumas diferenças nas observações iniciais. Enquanto o aluno 11.2 diz ouvir da mesma forma a voz do colega, estando o tubo esticado ou frouxo, o aluno 2.2 diz ouvir melhor com o tubo esticado e o aluno 5.2 considera melhor quando o tubo não está esticado. Sendo assim, cada um observou de forma diferente a propagação do som no tubo. Porém, surpreendentemente os três elaboraram o mesmo modelo explicativo, que associa o som ouvido com a largura do fio, e chegaram à mesma conclusão quanto ao melhor tubo para ouvir a voz do colega, ou seja, que a propagação era melhor no tubo com maior diâmetro, como previsto na análise *a priori*.

Na atividade 4, Estetoscópio, percebemos diferenças mais significativas tanto em relação ao desenvolvimento da atividade quanto às conclusões estabelecidas. O aluno 11.2 parece ter mudado de postura em relação ao comprometimento com as solicitações feitas, pois mesmo depois de termos trocado o tubo do estetoscópio ao identificarmos a dificuldade em ouvir o som com os tubos menores, ele continuou negando ouvir qualquer som enquanto que o seu colega de grupo, usando o mesmo tubo, ouviu os sons do experimento. O aluno 2 realizou adequadamente as atividades, mas com algumas explicações contraditórias, por exemplo, ele diz ouvir melhor com o ouvido encostado na madeira, mas logo em seguida diz que o melhor meio de propagação é o ar. E o aluno 5.2 utilizou-se de um modelo explicativo ao associar o estetoscópio com um fone de ouvido, mas não o especifica claramente.

Comparando estes alunos nesta última atividade (Estetoscópio), evidenciamos que o aluno 5.2 apresenta um procedimento de aprendizagem que mais se aproximou de um procedimento em que o aluno elabora um modelo aceito cientificamente ao explicar o funcionamento do estetoscópio. O aluno 2.2 já apresenta um procedimento que parece evidenciar uma certa dificuldade em organizar as observações e compará-las o que dificultou a elaboração de um modelo para o funcionamento do artefato considerado. Em relação ao aluno 11.2, mais que uma dificuldade em elaborar um modelo, percebemos que a sua postura diante da atividade mudou, e, portanto, concluímos que este aluno não conseguiu superar as dificuldades crescentes das atividades motivadas talvez pela frustração de não ouvir os sons esperados, ou seja, não observar o fenômeno, fato muito importante para a aprendizagem na área das Ciências.

Ao responder as 5 questões do tópico “Organizando as ideias” percebemos que o aluno 2.2 consegue apresentar com mais clareza os modelos elaborados durante a atividade conforme havíamos previsto na análise *a priori*. Mesmo com algumas concepções inadequadas durante a sequência, este aluno parece que conseguiu corrigi-las durante as atividades e também não percebemos qualquer desinteresse por parte dele até o final. Ao responder a questão 3, este aluno apresenta uma tentativa de modelização, afirmando que o uso de diversos materiais faz com que o som seja diferente. Já os outros dois alunos, 11.2 e 5.2, que durante a sequência apresentaram boas respostas e explicação, não conseguiram sintetizar suas

ideias, deixando inclusive a questão 3 sem resposta, questão em que eles deveriam elaborar uma síntese da atividade com os telefones.

Em relação às duas primeiras questões do desafio, o aluno 2.2 apresentou evidências, por meio das suas respostas, de que ele se apropriou dos conhecimentos relacionados à propagação do som em tubos e cordas, validando a situação adidática proposta. Importante também é destacar que ele manteve o interesse ao longo da aula, fator fundamental no processo de aprendizagem.

O aluno 11.2 repetiu as respostas incorretas das questões 1 e 2, mesmo tendo mostrado que ao longo da sequência ele fez observações, deu explicações e alguns modelos corretos e que evidenciam condições favoráveis para a resolução adequada das questões do desafio. Podemos considerar que ele apresentou alguns momentos característicos de uma situação adidática, pois inicialmente ele escreveu uma resposta para o desafio que não era a esperada, mas foi realizando as atividades dando evidências de que ele estava construindo o conhecimento visado e indispensável que o levaria a chamada “estratégia ótima” até a atividade do estetoscópio. Porém, como comentamos anteriormente, houve uma mudança de postura e comprometimento no final da aula.

O comprometimento do aluno 5.2 diminuiu em relação ao início da aula, etapa em que seus argumentos e explicação pareciam mais elaborados. As respostas das questões 1 e 2 do desafio dadas antes das atividades estavam praticamente corretas e após os experimentos ele mudou a resposta da primeira, errando a questão. Quanto à segunda questão, além de permanecer correta, houve uma evolução na resposta. Neste caso, não podemos considerar a situação como adidática, já que ele sabia inicialmente a resposta, o que pressupõe que ele já tinha conhecimento sobre a propagação de ondas em cordas e tubos, o que descaracteriza uma situação de aprendizagem. O fato dele ter mudado esta primeira resposta para uma incorreta e inesperada e ter melhorado a segunda, dá evidências de que ele foi influenciado pela situação a tal ponto de levá-lo a uma resposta inadequada para a primeira questão, o que sugere que os seus conhecimentos prévios eram provisórios, originários do senso comum, e que o meio didático certamente levou a um

desequilíbrio do seu estado de conhecimento mas que não foi suficiente para reequilibrá-lo completamente.

Quanto à terceira questão do desafio, percebemos pelas respostas apresentadas pelos alunos, ou melhor, pela dificuldade que estes apresentaram ao responder, que esta questão tinha um grau de dificuldade maior, o que dificultou a elaboração de um modelo para explicar o funcionamento do copo. Muitos alunos explicaram para que o copo servia e não como ele funcionava. Esta questão deve ser repensada numa próxima atividade. A atividade deve sofrer algumas alterações de modo a fornecer as condições para que o aluno construa o conhecimento indispensável para a solução do problema.

Comparando o desenvolvimento da sequência realizada por estes três alunos, percebemos que ela fornece as condições para que o aluno, usando também os seus conhecimentos adquiridos anteriormente, construa o conhecimento indispensável para chegar a estratégia ótima e, ao resolver o desafio, ter evidências da aprendizagem desejada. No caso do aluno 11.2 que não resolveu adequadamente o desafio, atribuímos este fato ao desinteresse demonstrado por ele em determinado momento da sequência, o que significa que a partir daí o problema “deixou de ser seu”. Lembramos que na proposta investigada o aluno deve assumir o problema como se fosse seu, garantindo o envolvimento e o comprometimento com as atividades.

Em relação aos procedimentos de aprendizagem, os três alunos alternam momentos de boas observações e tentativas de explicações com algumas respostas incoerentes, provavelmente em função das diferenças percebidas ao manusear o material. Desta forma fica evidente que os alunos possuem procedimentos que se diferem, de modo que consideramos como diferença fundamental a postura e o envolvimento do aluno diante do desafio proposto, o que segundo Brousseau é fundamental para que o aluno aprenda. Concluindo, a pressa ou falta de interesse do aluno 11.2 no final da atividade pode tê-lo levado a repetir as respostas incorretas ao rever o desafio. Quanto ao aluno 5.2, ele respondeu corretamente no início, antes de fazer as atividades e, assim como o aluno 11.2, também desenvolveu a sequência adequadamente, apenas no final decidiu mudar uma das respostas, errando a

primeira questão, mas evoluiu na resposta da segunda, o que evidencia a influência da sequência didática. O aluno 2.2, que alterou as respostas e acertou as questões do desafio, mesmo apresentando algumas explicações incorretas, manteve o interesse e construiu o conhecimento indispensável à solução do desafio, visto que a atividade não se limitava à solução deste. No caso deste último, podemos caracterizar a sequência como uma situação adidática ou com momentos adidáticos, pois o aluno parte de uma estratégia de base, ao longo da atividade em que eles são colocados diante de experimentos e questionamentos, que os permite perceber que esta não funciona, ao mesmo tempo em que constrói o novo conhecimento que o levou a estratégia ótima, solucionando corretamente o desafio.

Em relação aos textos para a leitura e interpretação, a análise foi diferente, apresentando respostas de todos os alunos. Foi possível verificar pela análise, após a leitura dos textos, que o acesso fácil a aparelhos tecnológicos, como o telefone e, em especial, o celular, provoca mudanças no comportamento e nas atitudes dos alunos bem como nas suas relações familiares e com os amigos. No momento em que é dada a oportunidade para ler e discutir temas considerados polêmicos, eles se posicionam de modo coerente e responsável, mostrando argumentos e opiniões próprias e, algumas vezes, inesperadas. Esta parte da sequência não foi o foco principal da pesquisa, mas se mostrou muito interessante e com possibilidades de ser mais explorada e aproveitada num trabalho futuro. Sugerimos como referencial a abordagem CTS, a qual parece muito adequada e se soma à metodologia de pesquisa que utilizamos nesta.

Voltando a atividade experimental, o material construído agradou os alunos e pode ser facilmente manuseado pelos mesmos. Quanto aos textos para discussão, sugerimos que o professor os atualize de acordo com os seus interesses, pois todos os dias encontramos novos temas visando a integração entre ciência, tecnologia e sociedade. Além disso, sugerimos também trabalhá-los com outros professores de outras disciplinas.

Como já comentamos no capítulo VI, sugerimos que a Institucionalização deve ser feita em uma aula com todo o grupo de alunos, com a finalidade de tornar

mais rica a troca de informações entre eles e o professor. Também sugerimos que o trabalho incluía outros professores, transformando em uma atividade interdisciplinar.

Consideramos que as situações adidáticas se ajustam muito bem ao ensino de Física, e contribuem para despertar no aluno o interesse e a motivação necessários para a construção de novos conhecimentos.

ANEXOS

ANEXO A – Roteiro da primeira parte da atividade experimental



UFMS

Ministério da Educação
 Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
 Centro de Ciências Humanas e Sociais
 Programa de Pós-graduação em Educação
 Mestrado em Educação

Prezado(a) aluno(a),

A atividade que você vai realizar nesta aula sugere uma nova forma de trabalhar a Física em sala de aula, procurando facilitar a aprendizagem por meio da contextualização do conteúdo, valorizando a sua experiência de vida e proporcionando uma interação com diferentes materiais e artefatos didáticos.

Agradecemos a sua colaboração. Não é necessário colocar o nome dos componentes do grupo.

Grupo:..... Série:..... Turno:..... Idade:.....

VIOLÊNCIA URBANA

Um casal, ao sair do cinema num domingo à noite, foi surpreendido por dois sequestradores. Eles foram levados para uma casa abandonada e mantidos presos. O homem foi levado para a garagem, no subsolo, enquanto que a mulher ficou presa num quarto logo acima. Veja a situação ilustrada na página 2.

Eles ficaram isolados e sem seus objetos pessoais, como bolsa, carteira, celular, etc, recebendo apenas água e comida em potes plásticos descartáveis. Os potes eram entregues por meio de fios (barbante) e puxados depois de algum tempo para evitar que os sequestradores tivessem que entrar nos cômodos ou ficassem muito perto dos sequestrados.

A casa era velha e abandonada, sendo que parte do encanamento de água (metal) e luz (plástico) podia ser visto tanto nas paredes internas, como no quarto e na garagem, quanto na parte externa da casa, pois o reboco estava caído. Mesmo estando abandonada, a casa ficava numa rua por onde diariamente circulavam muitas pessoas, pois, em alguns momentos do dia, o casal ouvia passos de pessoas andando na calçada quando encostavam o ouvido na parede ou no chão.

No encanamento de luz havia alguns fios soltos e a rede elétrica estava desligada. Tanto a garagem quanto o quarto foram esvaziados, restando para cada uma das vítimas apenas um colchão e um cobertor de lã velho. A maior parte do tempo eles ficavam no escuro.

Ao examinar o local, o casal percebeu que havia um pequeno furo ligando o quarto com a garagem, mas eles não podiam gritar para se comunicar já que deste modo os sequestradores descobririam a ligação entre os cômodos. O casal também não sabia onde estavam alojados os sequestradores.

Problemas:

1) Como este casal pode se comunicar sem despertar a atenção dos sequestradores?

2) Sabendo que o casal não possuía papel e lápis, telefone, etc, existe alguma forma de pedir socorro para alguém fora da casa sem gritar? Dê alguma(s) sugestão(ões) para o casal.



Ilustração da situação-problema: **violência urbana**. Desenho de Vit Núñez.

Para resolver estas questões, sugerimos que você faça as atividades propostas a seguir.

Realizando experiências: 1ª parte

Atividade 1

Metal que vira Sino

Para realizar esta atividade, vamos usar o material indicado a seguir.

Material:

Um cabide de metal

2 pedaços de barbante de aproximadamente 50 cm

2 copinhos plásticos

Caneta de plástico

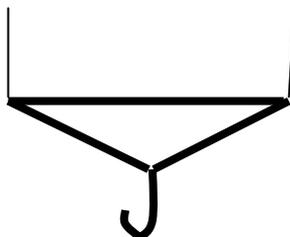
Temos um pedaço de barbante preso em cada extremidade de um cabide. Este conjunto será o nosso sino!

1.1) Segure o sino pelos pedaços de barbante com o braço estendido e bata com a caneta no cabide. Você ouve alguma coisa? Descreva.

1.1.1) Qual o meio material que existe entre o sino e o seu ouvido?

1.2) Pegue o sino e encoste cada ponta solta de barbante em um ouvido e deixe o cabide ficar pendurado na sua frente, como mostra a figura abaixo. Para isto, incline a cabeça um pouco para frente. Peça para um colega bater com a caneta no cabide.

1.2.1) O que você observa? Descreva.



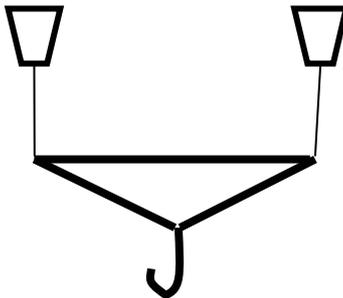
1.2.2) Qual(is) o(s) meio(s) que existe(m) entre o sino e o seu ouvido?

1.2.3) Existe alguma diferença entre os sons que você ouviu nos itens 1 e 2?

() sim () não

1.2.4) Explique como o meio de propagação do som pode ter influenciado nas suas observações.

1.3) Agora, vamos utilizar dois copinhos com barbante como fones de ouvido. Amarre a ponta livre do barbante no cabide, como indica o desenho abaixo. Ignore o barbante que estava amarrado anteriormente. Coloque os fones encostados nos ouvidos e, inclinando a cabeça, deixe o cabide ficar pendurado na sua frente.



1.3.1) Peça para um colega bater com a caneta no cabide. O que você observa? Descreva.

1.3.2) Existe alguma diferença entre os sons que você ouviu nos itens 2 e 3, ou seja, sem ou com os fones de ouvido?

() sim () não

1.3.3) O que foi alterado entre as duas situações (itens 2 e 3)?

1.3.4) Explique como o copo preso na extremidade do barbante influencia o som transmitido até o ouvido.

Atividade 2

Telefone com Fio

Nesta etapa do nosso trabalho vamos usar e comparar alguns telefones com fio, que transportam ondas mecânicas, pois os telefones fixos usam fios condutores para transportar sinais elétricos. O material que foi utilizado na construção dos telefones está listado a seguir.

Material:

5 m de barbante - 1 mm de diâmetro (telefone 1)

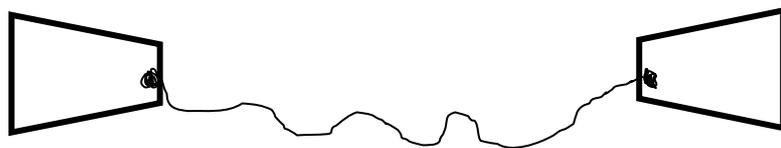
5 m de barbante - 2 mm de diâmetro (telefone 2)

5 m de um fio de nylon - 1 mm de diâmetro (telefone 3)

6 copos plásticos

2.1) Você e seu colega devem se colocar a 5 m de distância um do outro. Vocês conseguem conversar sem gritar?

Agora pegue um dos telefone. Como você pode observar, para construir estes telefones foi feito um pequeno furo no centro do fundo de cada copo, por onde foi atravessado um fio e amarrado com um nó, de forma que não pudesse escapar pelo furo. Veja a figura abaixo.



2.2) Usando o telefone 1, **sem esticar muito o fio**, um deve falar próximo ao copo enquanto o outro mantém o copo junto ao ouvido. Depois invertam as posições. Vocês ouvem um ao outro?

2.3) Agora, conversem deixando o fio bem esticado.

2.3.1) Vocês conseguem entender o que cada colega está falando?

2.3.2) O que mudou na experiência realizada em 2.2 para a 2.3? Explique.

2.4) Inicie novamente a conversa, toque levemente no fio. O que você percebe?

2.5) Substitua o telefone 1 pelo telefone 2 e converse com o seu colega deixando o fio bem esticado.

2.5.1) Você ouve melhor o seu colega quando usa o telefone com o fio 1 ou com o fio 2?

2.5.2) O que você pode concluir entre o tipo de fio do telefone e o som que você ouviu?

2.6) Repita o procedimento do item 3 usando o telefone 3 (fio de nylon).

2.6.1) Você consegue conversar com o seu colega?

2.6.2) Com qual dos três telefones você ouve melhor a voz do seu colega, 1, 2 ou 3?

2.7) Organize suas observações usando as tabelas abaixo.

Comparando os telefones 1 e 2:

Número do telefone	Material que constitui o fio	Comprimento do fio	Diâmetro do fio	Em qual telefone você ouviu melhor?
Telefone 1				
Telefone 2				

Comparando os telefones 1 e 3:

Número do telefone	Material que constitui o fio	Comprimento do fio	Diâmetro do fio	Em qual telefone você ouviu melhor?
Telefone 1				
Telefone 3				

ANEXO B – Roteiro da segunda parte da atividade experimental



UFMS

Ministério da Educação
 Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
 Centro de Ciências Humanas e Sociais
 Programa de Pós-graduação em Educação
 Mestrado em Educação

Grupo:..... Série:..... Turno:..... Idade:.....

Realizando experiências: 2ª parte

Atividade 3

Tubo acústico ou porta-voz

Material

4 funis de plástico ou garrafa pet
 5 m de tubo de conduíte de ½ polegada (tubo 1)
 5 m de tubo de conduíte de 1 polegada (tubo 2)
 fita adesiva

3.1) Use o tubo 1, já montado com os funis. Sem esticar o tubo, tente se comunicar com um colega, estando cada um em uma das extremidades do tubo e a uma distância de 3 m. Assim como no experimento do telefone com fio, enquanto um colega fala no funil de uma das extremidades do tubo, o outro deve pressionar levemente o funil no ouvido.

Você consegue ouvir bem o seu colega? () sim () não Por quê?

3.2) Agora, estique o tubo 1 e fale com o seu colega novamente.

3.2.1) Você notou alguma diferença em relação à facilidade de se comunicar?

3.2.2) Em que caso você ouve melhor a voz do seu colega: quando o tubo não está esticado e mais próximo ou quando o tubo está esticado e mais distante?

3.2.3) Qual é o papel do tubo na propagação do som?

3.3) Utilizando o tubo 2, converse com o seu colega mantendo-se o mais longe possível dele.

3.3.1) Observe e compare os tubos. Quais as diferenças entre eles?

3.3.2) Você ouve melhor o seu colega com o tubo 1 ou com o tubo 2? Por quê?

Vamos conhecer um pouco sobre a invenção do telefone

A história do telefone, ou melhor, do seu verdadeiro inventor é cercada de controvérsias. Durante muito tempo a invenção do telefone foi atribuída ao escocês Alexander Graham Bell. O registro de patente do telefone de Bell foi feito em 14 de fevereiro de 1876, duas horas antes do pedido do professor americano Elisha Gray.

Em 2002, o Congresso dos EUA reconheceu o italiano Antônio Santi Giuseppe Meucci como o verdadeiro inventor do telefone, tendo inventado o primeiro aparelho 20 anos antes que Graham Bell. Meucci era um imigrante muito pobre nos EUA e não teve recursos para registrar a patente do seu invento.

Mesmo sendo inegável que Graham Bell fosse um grande inventor (18 patentes em seu nome e várias outras como colaborador) e empreendedor, é conhecido o fato de que ele usou meios não muito honestos ao registrar a invenção do telefone como sua. Ele tinha conhecimento e usou informações dos inventos de Meucci e também de Elisha Gray.

Curiosidade: Segundo Valécio [1], em 1876, durante a exposição do centenário da Independência dos EUA, na Filadélfia, Bell expôs pela primeira vez o seu telefone. Os juízes do evento consideraram seu invento tolo e inútil. Por sorte, instantes depois, o imperador D. Pedro II experimentou a invenção e a sua admiração e o seu entusiasmo contagiaram os juízes, que rapidamente passaram a elogiar o invento, dando a Bell e ao seu telefone um local privilegiado durante o evento. D. Pedro II foi um dos primeiros a possuir um aparelho em casa e tornou-se acionista da companhia de Bell.

A vontade de transmitir som a longas distâncias sempre estimulou a curiosidade dos cientistas. Quando o som é produzido por uma fonte, ele se espalha por todo o espaço, o que faz com que a sua intensidade diminua com o distanciamento da fonte. No caso do telefone com fio, percebemos que o som transmitido pelo fio não reduz a sua intensidade da mesma forma do que quando o meio é o ar. O tubo, mesmo tendo ar no seu interior, evita que ocorra o espalhamento do som em todas as direções de modo que a redução da intensidade seja menor que no espaço aberto.

O tubo acústico, similar ao que você usou na experiência anterior, é um sistema bem antigo que utilizava tubos vazios para a comunicação à distância. No século XIX e início do século XX, os encanamentos vazios de água dos navios eram utilizados para a comunicação entre diversos pontos [2].

Vamos usar um estetoscópio?

Você conhece um aparelho chamado estetoscópio? Para que serve este aparelho?

O inventor do estetoscópio foi o médico René Théophile Hyacinthe Laënnec. Ele nasceu na cidade de Quimper, na Bretânia, região noroeste da França, em 17 de fevereiro de 1781. Mesmo com muitas dificuldades conseguiu terminar os estudos e tornou-se um ilustre médico. Tinha uma saúde frágil e morreu aos 45 anos.

Segundo Grinberg [3], Laënnec considerava desconfortável e repugnante auscultar diretamente encostando o ouvido no peito dos pacientes. A ideia do estetoscópio surgiu quando, no ano de 1816, foi procurado por uma jovem senhora prestes a ter um bebê e que apresentava sintomas de cardiopatia. Sabendo que o som se propagava melhor nos sólidos e lembrando de uma brincadeira na qual as crianças arranhavam com um alfinete a ponta de um pedaço de madeira e ouviam nitidamente o som na outra, teve a seguinte ideia: enrolou várias folhas de papel formando um cilindro apertado, encostou uma ponta no tórax da jovem e o ouvido na outra, ouvindo claramente os batimentos de coração. Estava inventado o estetoscópio, aparelho usado pelos médicos para auscultar o coração e os pulmões de um paciente, auxiliando muito o diagnóstico de várias doenças.



Fig 1: foto do estetoscópio de Laënnec. (4)

Logo em seguida o médico aperfeiçoou seu invento construindo um estetoscópio de madeira com as seguintes dimensões: 33 cm de comprimento e 5 cm de largura (Figura 1).

Com esta invenção a audição foi definitivamente consagrada nos exames clínicos. O estetoscópio foi sendo aperfeiçoado ao longo do tempo e tornou-se um símbolo da medicina até os dias de hoje. Em seguida temos a foto de um estetoscópio biauricular (Figura 2).



Fig 2: foto do estetoscópio biauricular inventado em 1852 pelo Dr. George Cammann, nos Estados Unidos.[5]

Atividade 4

Agora vamos realizar a seguinte atividade utilizando um estetoscópio:

4.1) Inicialmente, vamos realizar a atividade que inspirou Laënnec a inventar o estetoscópio.

4.1.1) Pegue um pedaço de madeira e arranhe com a unha em uma das pontas. O que você ouve?

4.1.2) Com o ouvido encostado em uma das pontas do pedaço de madeira, arranhe novamente com a unha próximo à outra ponta. O que você ouve?

4.1.3) Em que caso você ouve melhor o som ao arranhar a madeira?

4.1.4) Em que meio o som se propaga melhor, no ar ou na madeira?

4.2) Observe o material fornecido pelo professor. Ele será o seu estetoscópio. Vamos usá-lo nas seguintes situações:

4.2.1) Bata com uma caneta na carteira. Tente descrever o som que você ouve.

4.2.2) Agora, encoste um dos lados do estetoscópio no seu ouvido e o outro na carteira. Bata novamente com a caneta na carteira. Anote suas observações sobre o som que você ouviu.

4.2.3) Explique em que caso você ouviu melhor o som produzido ao bater com a caneta na carteira.

4.2.4) Use o estetoscópio para auscultar o coração de um colega. Descreva o que você ouviu.

4.3) Explique o funcionamento do estetoscópio.

Organizando as ideias:

1) Para que o som se propague ao longo de um fio, este deve estar frouxo ou esticado? Por quê?

2) Por que o fio deve estar esticado e o tubo não para que o som se propague?

3) No nosso dia-a-dia usamos vários termos para diferenciar as sensações provocadas em nós por um som. A característica do som associada aos termos forte ou fraco é chamada **intensidade** do som. Como por exemplo, quando variamos o volume de uma música no rádio temos a variação de intensidade. Quando dizemos que um som é alto/agudo ou baixo/grave estamos caracterizando a **altura** de um som. Por exemplo, em geral as mulheres têm a voz mais alta (ou aguda) que os homens.

Quais as conclusões que se pode tirar comparando o som ouvido nas atividades das três situações com **os telefones com fio**? Verifique as respostas da questão 2.7 da atividade 2. Considere as características comentadas acima ou qualquer sensação percebida por você na comparação desses três telefones.

4) No séc. XIX, como era realizada a comunicação entre pontos distantes dentro de um navio?

5) Compare o tubo acústico com o estetoscópio:

5.1) quanto ao meio de propagação do som;

5.2) quanto ao funcionamento de cada instrumento;

5.3) quanto ao uso de cada um.

Após ter realizado estas atividades, como você pode ajudar o casal sequestrado a se comunicar e a pedir socorro para alguém que esteja passando na rua. Volte à situação problema e responda as questões propostas.

1) Como este casal pode se comunicar sem despertar a atenção dos sequestradores?

2) Sabendo que o casal não possuía papel e lápis, telefone, etc, existe alguma forma de pedir socorro para alguém fora da casa sem gritar? Dê alguma(s) sugestão(ões) para o casal.

3) O casal usava um copo encostado na parede para descobrir se os sequestradores estavam dormindo ou se haviam saído. Explique por que usar o copo permite ao casal obter melhor informação sobre o outro cômodo.

Glossário:**Altura • sf** (*alto+ura*)

Distância perpendicular de baixo para cima; profundidade; espessura.

Distância entre o ponto mais baixo e o ponto mais alto de alguma coisa ereta: *A altura de um prédio, de uma árvore.*

Distância entre o ponto mais baixo e o mais alto de um corpo animal, especialmente do homem; tamanho, estatura.

Agudeza de um som musical, dependente do número de vibrações por segundo, por exemplo, das cordas de um instrumento musical ou das cordas vocais, e do número de ondas sonoras que alcançam o ouvido por segundo, de tal maneira que a maior número de vibrações corresponde maior altura de som e vice-versa; também chamado *elevação do som*. *sf pl* O céu, o firmamento. *A. barométrica*: pressão atmosférica expressa em termos da altura de uma coluna de mercúrio....[6]

Auscultar • (lat auscultare) vtd

Med Aplicar o ouvido ou o auscultador a (costas, peito, ventre etc.) para conhecer os ruídos que se fazem dentro do organismo; examinar por auscultação.

Examinar com atenção, inquirir, procurar conhecer, sondar. [6]

Biauricular • adj m+f (*bi+auricular*)

Relativo às duas orelhas: *Surdez biauricular*. [6]

Que tem duas aurículas*.

* Aurícula: [Do latim aurícula] s. f.

Anat. Cada uma das cavidades superiores do coração.

Anat. Orelha (7)

Cardiopatia • sf (*cárdio + pato + ia*)

Med Qualquer moléstia do coração. [6]

Patologia*.

Designação comum às afecções do coração.

** Patologia: [De pato + log(o) + ia.] - Ramo da medicina que se ocupa da natureza e das modificações estruturais e/ou funcionais produzidas pela doença no organismo. [7]

Intensidade • sf (*intenso + i + dade*)

Qualidade de intenso.

Grau muito elevado.

Intensidade sonora. Fís. Fluxo de energia sonora através de uma superfície normal à direção de propagação da onda. (7)

Ondas mecânicas •

São ondas que se propagam em meios deformáveis ou elásticos. Exemplo: ondas sonoras. As ondas mecânicas são caracterizadas pelo transporte de energia através da matéria, devido ao deslocamento do distúrbio nesse meio, sem haver qualquer correspondente movimento da matéria como um todo. [8]

Referências Bibliográficas:

[1] VALÉCIO, Marcelo. Linha cruzada no nascimento do telefone. **Revista Scientific American História da Ciência**: A ciência na era dos inventores. Portugal: Ed. Duetto, n. 4, p. 66-73.

[2] ALMANAQUE do telefone n. 1. Disponível em:
<<http://www.museudotelefone.org.br/almanaque.pdf>>. Acesso em: 7 nov. 2007.

[3] GRINBERG, Max. **Laënnec e o estetoscópio**: Símbolos da Clínica Moderna. Sociedade Brasileira de Cardiologia. Disponível em: <<http://cardiol.br/conheca/caminhos/014/>>. Acesso em: 1º nov. 2007.

[4] FOTO do estetoscópio. Disponível em: <<http://medicinaintensiva.com.br/laennec.htm>>. Acesso em: 1º nov. 2007.

[5] FOTO do estetoscópio. Disponível em: <http://www.pbs.org/wgbh/amex/murder/gallery/g_13.html>. Acesso em: 27 mar. 2008.

[6] DICIONÁRIO Michaelis. Disponível em: <http://dic.busca.uol.com.br>. Acesso em 13 dez. 2007.

[7] FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo Dicionário da Língua Portuguesa**. 2. ed. 31. impressão. Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira, 1995. p. 1807.

[8] HALLIDAY, D., RESNICK, R. Física. 3. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1982. v. 3, p. 108-109.

ANEXO C – Roteiro dos textos para discussão



UFMS

Ministério da Educação
 Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
 Centro de Ciências Humanas e Sociais
 Programa de Pós-graduação em Educação
 Mestrado em Educação

Prezado(a) aluno(a),

A atividade que você vai realizar nesta aula faz parte de uma pesquisa que sugere uma nova forma de trabalhar a Física em sala de aula, procurando facilitar a aprendizagem por meio da contextualização do conteúdo, valorizando a sua experiência de vida e proporcionando uma interação com diferentes materiais e artefatos didáticos.

Agradecemos a sua colaboração. Não é necessário colocar nome dos componentes do grupo.

Grupo:..... Série:..... Turno:..... Idade:.....

Nesta atividade você e seu grupo deverão ler alguns textos e responder as questões sobre os mesmos. Os textos abordam dois temas: a violência que enfrentamos e a mudança no comportamento dos jovens provocada pelo uso do celular. Antes de começar as leituras, gostaríamos de obter algumas informações e opiniões de vocês que são importantes para a pesquisa.

- 1) Você tem telefone fixo em casa? Sim Não
- 2) Você possui celular? Sim Não
- 3) Se você tem celular, você usa o aparelho para:
 conversar enviar torpedos ambos
- 4) Que outras funções o seu celular possui?

- 5) Qual delas você mais usa?

- 6) Você já ouviu falar no Disque Denúncia? Sim Não
- 7) Conhece alguém que já usou este serviço? Sim Não
- 8) Caso você conheça alguém que usou o Disque Denúncia, descreva o fato ocorrido.

Tema 1: A violência que enfrentamos

Revista SP.GOV prêmio . mario covas

Texto 1 - TELEFONE CONTRA A VIOLÊNCIA¹²

O PROJETO DISQUE DENÚNCIA, PARCERIA ENTRE A SECRETARIA DE SEGURANÇA PÚBLICA E O INSTITUTO SÃO PAULO CONTRA A VIOLÊNCIA, É UMA ARMA EFICAZ PARA PREVENIR E COMBATER O CRIME **POR CRISTINA CHARÃO**

¹² Disponível em: < <http://www.revista.fundap.sp.gov.br/revista9/paginas/9-06-mc2-Telefone.htm>>. Acesso em 6 maio 2008.

Há mais de seis anos, as forças policiais do Estado de São Paulo contam com uma poderosa arma para prevenir o crime e combater a violência: o telefone. Desde que entrou em funcionamento a central de atendimento do projeto Disque Denúncia, em novembro de 2000, o serviço forneceu às Polícias Civil e Militar dados fundamentais para, até agora, resolver mais de 22 mil ocorrências criminais.

O número impressiona pelo que representa de êxito na prevenção e repressão ao crime. Mas é especialmente significativo porque comprova a máxima, repetida por vários especialistas em segurança pública, de que a principal ferramenta de trabalho da polícia deve ser a informação.

Como ressalta o coronel José Vicente da Silva Filho, ex-secretário de Segurança Pública do governo Fernando Henrique Cardoso e consultor do Instituto Fernand Braudel, “a principal fonte de informação é o registro dos problemas que a população sofre”. A partir desses dados é que se podem identificar as áreas de ocorrência e os tipos de problemas enfrentados e também de criminosos. “Só que, no Brasil, padece-se de um mal que há em todo o mundo, mas aqui de forma especial, que é a subnotificação, a falta de registro das ocorrências”, lembra o coronel. “A polícia acaba muitas vezes trabalhando às cegas.”

Para o coronel José Vicente, o Disque Denúncia serve, de maneira muito oportuna, como uma fonte segura para sanar esse problema da subnotificação, fornecendo dados ao sistema de inteligência que não chegariam até a polícia da forma “tradicional” – pelo registro de boletim de ocorrência pela vítima (ou alguma testemunha) ou pela investigação policial.

Dentre as razões pelas quais a população deixa de procurar as forças de segurança para registrar ou denunciar crimes estão o receio de retaliação por parte dos criminosos e a desconfiança em relação à eficácia do trabalho da polícia. Para Wagner Galdino da Silva Fancio, escrivão de polícia que trabalha na coordenação do projeto como um dos representantes da Polícia Civil, boa parte do sucesso do Disque Denúncia reside em despertar confiança nos denunciante, garantir segurança e responder com eficiência às denúncias feitas. Por todos os bons resultados obtidos, o Disque Denúncia recebeu este ano o Prêmio Mario Covas na categoria “Atendimento ao Cidadão”.

Anonimato e eficiência

Inspirado em experiências bem-sucedidas ocorridas em outros países, o serviço criado pela Lei n. 10.461/99 baseia-se no registro inicial de todas as denúncias feitas pela população e no cruzamento posterior de informações, sempre com a garantia de preservação do anonimato do denunciante. Com isso, praticamente impede a tão temida represália contra o cidadão ou cidadã que denuncia o crime.

A partir dos dados coletados pelos atendentes de telemarketing, as ocorrências passam por uma triagem feita por policiais civis e militares que trabalham na central de atendimento. Em seguida, aquelas consideradas procedentes são encaminhadas aos departamentos que responderão pela investigação preliminar e reunião de provas, antes da formalização da acusação e da repressão ao crime.

Ao fazer o contato inicial, o denunciante recebe uma senha alfanumérica, que poderá ser usada para acompanhar o desenrolar do caso. “O denunciante torna-se, assim, também um fiscalizador. Mesmo que ele não acompanhe a ação, propriamente dita, da polícia (muitas vezes os denunciante vivem na mesma região ou comunidade onde se deu o crime), tem o prazo de trinta dias para ver o resultado. Toda informação sobre o que ocorreu após a denúncia – se alguém foi preso, se o dado foi incluído em alguma investigação maior, se a pessoa sequestrada foi libertada – está lá, disponível”, sublinha Fancio.

O escrivão diz que os resultados alcançados funcionam como a principal “peça de divulgação” do projeto. “Nem precisamos gastar com propaganda para divulgar o Disque Denúncia”, brinca. De fato, o número crescente de denúncias recebidas comprova que a população do Estado de São Paulo confia cada vez mais no serviço. Em 2001, o Disque Denúncia registrou cerca de 25 mil denúncias. Em 2004, o número de denúncias ultrapassou 112 mil, e, em 2005, ficou próximo de 100 mil. No ano de 2006, as denúncias somaram 108 mil.

Mapeando o crime

A co-participação dos cidadãos no combate ao crime e à violência ajuda a polícia a conhecer com mais profundidade a realidade de cada região do Estado. As ligações para o Disque Denúncia vêm ajudando na construção de um banco de dados que fornece um retrato bastante preciso tanto da ação dos criminosos como da operação da polícia, bairro a bairro e crime por crime. É o que a Central de Inteligência do serviço chama de geogerenciamento, útil para a elaboração de mapas que ajudam muito nas estratégias de prevenção do crime.

Os dados registrados pelo Disque Denúncia também estão sendo utilizados na implantação de um novo sistema de segurança pública de São Paulo. É o mapeamento de suspeitos. Segundo Fancio, as informações disponibilizadas pelo serviço serão cruzadas com os dados recolhidos por outros órgãos de segurança (como o Departamento de Homicídios e Proteção à Pessoa, da Polícia Civil) para identificar e localizar suspeitos. A estatística é animadora. De acordo com o escrivão, três em cada dez responsáveis por casos de estupro, por exemplo, podem ser encontrados com o uso desse mapeamento.

Parceria

Além da eficiência, o projeto Disque Denúncia também chama a atenção pela natureza da sua organização. Desde sua implantação, funciona por meio de uma parceria entre o governo do Estado e a ONG Instituto São Paulo contra a Violência.

O instituto é responsável pela contratação dos profissionais de telemarketing que trabalham na central de atendimento. Já as Polícias Civil e Militar mantêm a equipe de apoio e de inteligência. As forças de segurança também são responsáveis pelo conteúdo do treinamento ministrado aos atendentes.

Para que o apoio dado ao trabalho policial seja o mais abrangente possível, a equipe de telemarketing recebe informações sobre os vários tipos de crime, armas e drogas e até mesmo – como diz Fancio – sobre “a gíria da malandragem”. Em seguida, os membros dessa equipe são treinados para fazer perguntas que ajudem a compor o quadro mais favorável à investigação. “Quando surgem dúvidas durante a conversa com o denunciante, o atendente pode contar com o apoio da equipe policial. Qualquer dúvida pode ser encaminhada para nós”, diz o escrivão.

Organizando as ideias do texto 1 - Discuta com seus colegas e responda:

- 1) Segundo o texto, quais os motivos que levam a população a evitar a notificação de crimes à polícia?

- 2) O que significa no texto a palavra “subnotificação”?

- 3) Na sua opinião, qual o principal motivo para que as pessoas não denunciem um crime?

- 4) Como funciona o Disque Denúncia?

- 5) Após fazer a denúncia, como é possível acompanhar o andamento da investigação?

- 6) Qual é a sua opinião sobre este tipo de serviço?

Tema 2 A mudança no comportamento dos jovens provocada pelo uso do celular

Texto 2.1 - Escolas proíbem uso de celular, mas alunos burlam a norma¹³

(São Paulo, quarta-feira, 30 de janeiro de 2008 Jornal Folha de São Paulo Informática)

DA REPORTAGEM LOCAL

Basta o professor se distrair, e o movimento começa: alunos sacam seus celulares, enviam mensagens de texto, se divertem com games e até atendem ligações, sussurrando para não serem descobertos.

O uso do celular em sala de aula é proibido na maioria dos colégios, mas, na prática, estudantes dão um jeito de burlar a regra. "Já fui pega, mas não aconteceu quase nada. Fui para a diretoria, levaram meu celular, mas devolveram depois", lembra a estudante Larissa, 16, que ainda usa o aparelho.

"O celular tem que estar desligado e guardado. Mas adolescente nunca respeita [regras] totalmente, sempre tem um ou outro tentando burlar", afirma Maria Terezinha Vilar do Lopes, professora do Pio XII.

Em agosto do ano passado, a Assembléia Legislativa de São Paulo aprovou projeto de lei que proíbe o uso de celular em sala de aula. Neste mês, o governador José Serra (PSDB) decidiu que a proibição vale apenas para a rede estadual -cada escola deve definir a punição aos alunos.

Texto 2.2 - Novos castigos afastam jovens da tecnologia¹⁴

(05/05/2008 - 08h46 Folhaonline)

LUANA VILLAC

Colaboração para a **Folha de S.Paulo**

Ficar trancado no quarto é castigo? Só se for no século passado. Afinal, em tempos de internet, iPod e celular, o mundo todo está ao alcance dos adolescentes dentro do quarto. Resultado: os pais estão se adaptando e criando novas formas de repreender seus filhos.

Guilherme Octávio Elói de Melo, 12, sabe muito bem o que é isso. Ele já teve que ficar semanas longe do videogame, do computador e até da câmera digital. "Quando eu respondo malcriado para minha mãe, ela proíbe as coisas que eu mais gosto." Para ele, o pior de tudo é ficar sem computador. "Minha casa fica longe da escola; meus amigos normalmente não podem vir aqui", conta. "Por isso, nós jogamos on-line e ficamos no MSN. Quando estou de castigo, fico isolado."

Tomás de Sampaio Góes Martins Costa, 15, já chegou a ficar dois meses sem jogar no PC por ter tirado notas baixas. "Tive que aguentar até passar na recuperação", reclama. "O Orkut e o MSN eles liberaram para não terem uma surpresa ruim com a conta de telefone."

Texto 2.3 - Jovens usam celular para criar mundo particular¹⁵

(São Paulo, quarta-feira, 19 de março de 2008 Jornal Folha de São Paulo Informática)

Reportagem publicada no jornal "NEW YORK TIMES".(esclarecimento nosso)

Tradução de Rodrigo Campos Castro

ENTRE DUAS TELINHAS Conversas por mensagem de texto excluem os pais e reafirmam privacidade proporcionada pelos aparelhos tecnológicos pessoais

No cargo de presidente da editora de livros e revistas para crianças da Walt Disney Company, Russell Hampton conhece mais ou menos bem o universo dos adolescentes. Ou pensou que conhecesse até que levou sua filha de 14 anos, Katie, e duas amigas dela para verem uma peça de teatro no ano passado, em Los Angeles. No carro, a caminho, as meninas pararam de conversar.

Quando Hampton olhou pelo retrovisor, viu a filha enviando uma mensagem de texto pelo celular. "Katie, você não deveria ficar enviando mensagens. Suas amigas estão do seu lado. Isso é falta de educação", disse à filha. Katie revirou os olhos. "Mas, papai, nós estamos trocando mensagens", afirmou. "Eu não quero que você escute o que estamos dizendo." Essa é uma cena que se tornou comum hoje. As crianças apelam com frequência cada vez

¹³ Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/informat/fr3001200812.htm>>. Acesso em: 10 maio 2008.

¹⁴ Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/informatica/ult124u398592.shtml>>. Acesso em: 10 maio 2008.

¹⁵ Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/informat/fr1903200840.htm>>. Acesso em: 10 maio 2008.

maior aos dispositivos pessoais para se definirem e criarem círculos de convívio distantes de suas famílias.

Savannah Pence, 15, diz que seu pai, John, não deixou que ela e seu irmão Alex, 19, tivessem um celular antes de chegarem ao ensino médio. John Pence, dono de um restaurante de Portland, Oregon, ficou inseguro sobre como se relacionar com a filha. "Eu não sabia de que forma deveria me comunicar com ela", disse Pence. Então, fez um curso rápido sobre as mensagens com Savannah.

Pence diz que teve de aprender a enviá-las porque a filha não respondia às ligações dele. Savannah conta que envia mensagens de texto para seu pai ao menos duas ou três vezes por dia. "Eu não posso perguntar nada porque ele é muito devagar", disse.

Mudança social

As inovações tecnológicas, claro, sempre provocaram amplas mudanças sociais. Os automóveis acabaram por inaugurar uma era na qual os adolescentes conseguiram ter encontros amorosos longe dos olhares vigilantes dos responsáveis por eles. E os computadores, com a internet, disponibilizaram, até para crianças bem jovens, vidas virtuais separadas de seus pais e irmãos.

Analistas de negócios e pesquisadores preveem que a popularidade dos celulares junto à mobilidade e à intimidade que oferecem vai aprofundar e acelerar essas tendências. Em 2010, 81% dos norte-americanos entre 5 e 24 anos terá seu próprio celular, contra os 51% de 2005, revelou a IDC, que acompanha mercados. Psicólogos sociais como Sherry Turkle, professora do MIT (Instituto de Tecnologia de Massachusetts), que estudou o impacto social dos portáteis de comunicação, diz ser provável que essas tendências continuem. "Para as crianças, ele [o celular] se transformou em um objeto que molda a identidade delas e altera sua psique", disse Turkle.

Vendedores e fabricantes de celulares transbordam de alegria diante da possibilidade de superar a mais nova barreira de gerações. A IDC diz que o faturamento com serviços e produtos para os jovens e os pais deles deve aumentar de US\$ 21 bilhões em 2005 para US\$ 29 bilhões em 2010.

Até agora, o fato de os pais de hoje conseguirem encontrar seus filhos quando bem entendem tem se traduzido para as famílias em mais vantagens do que desvantagens. Hampton, que é divorciado, afirmou ser fácil falar com Katie, mesmo os dois morando em regiões com fusos horários diferentes. E universitários, como Ben Blanton, podem enviar uma mensagem de texto para os pais quando desejam, pedindo algo ou só para dar um alô. "A mensagem de texto fica entre ligar e mandar um e-mail", disse Blanton.

No entanto, como qualquer mudança cultural envolvendo pais e filhos -o nascimento do rock'n'roll ou a revolução sexual de 1960-, vários abismos se fazem presentes. A geração "baby boomer", que décadas atrás reclamava de não poder confiar em seus pais conservadores, agora se vê por vezes criando filhos que, devido, à internet e aos celulares, também consideram a mãe e o pai fora de órbita. Os jovens estão mais conectados do que nunca -e muito mais independentes.

Organizando as ideias dos textos do tema 2 - Discuta com seus colegas e responda as seguintes questões:

- 1) Em relação ao texto 2.1, o que você acha do uso do celular durante as aulas?

- 2) Você acha que proibir o uso de celular, computador, etc, como forma de castigo, ajuda a educar crianças e jovens? Por que?

- 3) As situações do texto 2.3 se passam nos Estados Unidos, país rico e com uma população considerada consumista. Você acha que os exemplos mencionados poderiam se passar no Brasil?

- 4) a) Você e seus pais ou responsáveis utilizam o celular da mesma forma e com a mesma frequência no dia a dia?
b) Você acha correto utilizar o celular de forma indiscriminada e com tanta frequência? Por quê?

- 5) a) Você acha que o celular aproxima ou afasta o jovem dos amigos? Por quê?

- b) E em relação à família, aproxima ou afasta? Por quê?

Glossário

Alfanumérico: Sistema de codificação em que se empregam grupos de letras e algarismos, além de outros caracteres convencionais, em que se combinam dois ou três desses grupos.(2)

Burlar: Enganar através de artimanhas; ludibriar, praticar fraude ou estelionato contra; defraudar, lesar.(1)

Co-participação: Ato ou efeito de co-participar; comparticipação, participação conjunta com outrem.(1)

Eficácia: Qualidade daquilo que é eficaz. Qualidade daquilo que produz o resultado esperado; eficiência.(2)

Êxito: Resultado final, consequência, efeito.

Ex.: esforçou-se muito, mas não teve bom êxito.

Resultado satisfatório, feliz; bom sucesso.

Ex.: o espetáculo teve muito êxito. (1)

Homicídio: Destruição da vida de um ser humano, provocada por ato voluntário (ação ou omissão) ou involuntário; crime que consiste em tirar a vida de outrem; assassinato. (1)

Indiscriminado: Sem discriminação, distinção ou ordem; incontrolado, confuso. (1)

Moldar: Ajustar ao molde; formar o molde de: *Moldar uma boneca.*

Adaptar(-se), afeiçoar(-se), conformar(-se): *Moldar a ideia, o estilo. Moldaria o gênio ao da esposa. Tentou moldar seu ponto de vista com o dos confrades.* (2)

Padecer: Sofrer mal físico ou moral.

Ter resistência a; aguentar, suportar (fome, sede, necessidades etc.).

Ex.: o navegador solitário padece o isolamento das longas viagens.(1)

Preliminar: Que antecede (o principal); prévio, preambular, introdutório.(1)

Prevenção: Ato ou efeito de prevenir ou de se prevenir. Precaução para evitar qualquer mal; evitação, impedimento: *Prevenção de acidentes.* Preconceito. (2)

Procedente: Que procede, que tem fundamento, que é justo, que se justifica.

Ex.: julgou p. o pedido.

Que provém, origina-se de (algum lugar); proveniente, oriundo, originário.

Ex.: produtos p. do Canadá.(1)

Represália: Ato praticado contra uma pessoa para vingar-se de ofensa ou para se indenizar de um dano por ela causado; desforra, vingança, retaliação. (1)

Retaliação: Ato ou efeito de retaliar, aplicação da pena de *talião**; revida com dano igual ao sofrido, revida a uma ofensa ou a uma agressão sofrida; represália, vingança.

***talião:** Desforra igual à afronta ou transgressão; retaliação. Castigo igual à culpa. (1)

Telemarketing: Utilização do telefone e demais meios de telecomunicação pelo *marketing* de bens ou serviços.(1)

Triagem: Ato ou efeito de triar, de separar, de selecionar; separação, seleção, escolha.(1)

Expressões do texto:

A máxima: Regra de conduta ou pensamento expresso sem qualquer conotação de valor.

Ex.: sua m. era a de jamais esforçar-se desnecessariamente.(1)

Às cegas: Às apalpadelas, cegamente, inconscientemente.(2)

Portáteis de comunicação: O autor se refere a aparelhos celulares quando usa a expressão “portáteis de comunicação” (nota nossa)

Expressão em inglês:

baby boomer • *n* pessoa nascida durante um período de alta taxa de natalidade, especificamente (na Inglaterra e nos EUA) de 1945 a 1952. (2)

Sigla:

ONG

Sigla de *organização não governamental*.(2)

Outras informações:

iPod¹⁶: é uma marca registrada e refere-se a uma série de players de áudio digital projetados e vendidos pela Apple Inc. (A Hewlett-Packard também vendia o produto até pouco tempo atrás sob o nome de *Apple iPod + HP*). Os aparelhos da família iPod oferecem uma interface simples para o usuário, centrada no uso de uma roda clicável, ou *click wheel*. O maior dos modelos do iPod armazena mídia em um disco rígido acoplado, enquanto os modelos menores, o iPod shuffle e o iPod Nano, usam memória flash. Como a maioria dos players portáteis digitais, o iPod pode servir como um armazenador de dados quando conectado a um computador.

MSN: Microsoft Network ou simplesmente **MSN**¹⁷ é um portal e uma rede de serviços oferecidos pela Microsoft em suas estratégias envolvendo tecnologias de Internet.

Orkut¹⁸ (ou **orkut**) é uma rede social filiada ao Google, criada em 24 de Janeiro de 2004 com o objetivo de ajudar seus membros a criar novas amizades e manter relacionamentos. Seu nome é originado no projetista chefe, Orkut Büyükkökten, engenheiro turco do Google. Tais sistemas, como esse adotado pelo projetista, também são chamados de rede social. É a rede social com maior participação de brasileiros, com mais de 23 milhões de usuários.

Referências bibliográficas:

(1) DICIONÁRIO Houaiss. Disponível em: <<http://dic.busca.uol.com.br/>>. Acesso em: 12 maio 2008.

(2) DICIONÁRIO Michaelis. Disponível em: <http://dic.busca.uol.com.br>. Acesso em: 12 maio 2008.

¹⁶ Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/IPod>>. Acesso em: 12 maio 2008.

¹⁷ Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/MSN>>. Acesso em: 12 maio 2008.

¹⁸ Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Orkut>>. Acesso em: 12 maio 2008.

ANEXO D – Pedido de autorização da escola**UFMS**

Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Centro de Ciências Humanas e Sociais
Programa de Pós-graduação em Educação
Mestrado em Educação

Campo Grande, 14 de maio de 2008.

Of. Circ. S/N

De: **Simone Machado Marques**

Estudante do programa de Pós-graduação em Educação da UFMS

Para: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Diretor(a) da Escola Estadual XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Assunto: Solicitação

Prezada Diretora

Venho solicitar de Vossa Senhoria uma autorização para realizar uma pesquisa que tem por finalidade investigar e testar novos procedimentos de aprendizagem de alguns conceitos de ondas sonoras em nível de Ensino Médio.

Atenciosamente,

Simone Machado Marques
Pesquisadora do Mestrado em Educação da UFMS

ANEXO E – Termo de consentimento livre e esclarecido



UFMS

Ministério da Educação
 Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
 Centro de Ciências Humanas e Sociais
 Programa de Pós-graduação em Educação
 Mestrado em Educação

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado a participar como voluntário de uma pesquisa que está sendo desenvolvido por Simone Machado Marques, acadêmica do curso de Mestrado em Educação da UFMS. Leia com atenção esse termo e se você estiver de acordo assine no final deste.

A finalidade desta pesquisa é investigar se o uso de artefatos tecnológicos facilita a aprendizagem de ondas sonoras. Durante a pesquisa, você participará de algumas aulas e fará várias atividades, em pequenos grupos, envolvendo o conteúdo de ondas. Algumas tarefas serão teóricas e outras experimentais. As aulas serão gravadas e/ou filmadas para análise posterior. Para participar da pesquisa, você deve estar cursando o ensino médio e a duração da investigação está prevista para uma semana.

Sua participação não é obrigatória, e, a qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador(a) ou com a instituição. Se você concordar em participar, seu nome e identidade serão mantidos em sigilo.

Para perguntas ou problemas referentes ao estudo você pode contatar, por e-mail, a pesquisadora Simone Machado Marques (simone_m_marques@yahoo.com.br). Você receberá uma cópia deste termo e para perguntas adicionais sobre seus direitos como participante no estudo você pode consultar o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFMS, no telefone 33457000 – Ramal 2299.

Declaro que li e entendi este formulário de consentimento e todas as minhas dúvidas foram esclarecidas.

Sou voluntário a tomar parte neste estudo.

Assinatura do voluntário ou responsável (caso o voluntário seja menor de idade)

_____ Campo Grande, ____ de _____ de _____

Telefone ou e-mail para contato: _____

Assinatura do pesquisador

_____ Campo Grande, ____ de _____ de _____

ANEXO F – Análise geral da atividade experimental da sequência

Esta análise apresentada a seguir foi feita inicialmente, antes de decidirmos fazer a análise de três alunos (apresentada e discutida no capítulo V), e partia da análise das respostas por grupo e depois por aluno. Em função da mudança de rumo dada à pesquisa, ela foi colocada em anexo.

Sequência Didática: Análise da Atividade Experimental

A parte experimental da sequência aplicada na testagem foi basicamente a mesma aplicada na testagem piloto. Foram feitos alguns ajustes e algumas mudanças sugeridas no sentido de tornar mais claras as orientações aos alunos.

Uma mudança considerada significativa foi iniciar a parte experimental da sequência solicitando para os alunos resolverem o desafio antes e depois de realizar as atividades. Queríamos primeiramente verificar se os alunos conseguiriam resolver o problema sem fazer os experimentos e, em segundo lugar, verificar se as atividades ajudariam na solução do desafio.

Neste grupo, havia 22 alunos que foram divididos em duplas, sendo que em cada dia foi necessário formar um grupo com três alunos. Os grupos receberam o roteiro com a situação-problema e as atividades experimentais. O material para os experimentos ia sendo entregue de acordo com a necessidade.

Análise por atividade e por grupo

Para a análise da sequência experimental procedemos do mesmo modo da testagem piloto, analisando as respostas por grupo e por questão, iniciando pelos aspectos comuns e, em seguida, os aspectos particulares das respostas dos alunos.

Nesta análise vamos usar o critério apresentado na tabela 1 para avaliar o desempenho dos grupos na solução e nas justificativas das questões e desafios:

Análise das observações e respostas referentes à primeira parte

Após a leitura da situação-problema (anexo A), os alunos foram solicitados a responder duas questões. A primeira perguntava como o casal podia se comunicar sem despertar a atenção dos sequestradores. A segunda questão perguntava como o casal podia pedir socorro para alguém fora da

casa sem gritar. Estas questões também foram respondidas pelos alunos após a realização das atividades experimentais.

Tabela 1 – Critérios de classificação para as respostas.

Classificação da resposta	Critérios para a classificação das respostas
Excelente	A resposta está correta e o aluno usou adequadamente os conceitos físicos envolvidos.
Satisfatória	A resposta está correta, mas o aluno usou terminologias não científicas nas justificativas ou respondeu de forma incompleta.
Parcialmente Satisfatória	A resposta está correta, mas terminologias científicas foram usadas de forma incorreta nas justificativas.
Insatisfatória	A resposta está correta, mas o aluno não justificou.
Incorreta	O aluno respondeu a questão de forma inadequada ou usou conceitos físicos não relacionados com a pergunta.
Não sei	O aluno disse que não sabe responder a questão.
Não respondeu	O aluno deixou a questão proposta em branco.

Comparando os dois conjuntos de respostas, percebemos que a maioria dos alunos alterou suas respostas após a realização das atividades. Vamos analisar com mais detalhe mais adiante.

Na primeira atividade da primeira parte, **Metal que vira sino**, os alunos receberam um artefato formado por um cabide com dois pedaços de barbante de aproximadamente 50 cm amarrados como mostra a figura 7. Algumas correções foram feitas no roteiro após o teste da sequência com alunos voluntários. Estas alterações facilitaram a compreensão das orientações dadas aos alunos. Eles deveriam segurar o sino pelo barbante e bater neste com uma caneta, anotando suas observações. Em seguida deveriam encostar cada ponta de barbante solto em um ouvido e repetir o procedimento. Numa terceira etapa, dois copinhos foram usados como fones de ouvido, e os alunos deveriam comparar e descrever o som ouvido (com ou sem os fones).

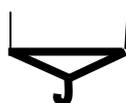


Figura 7 – Sino feito com cabide e barbante.

De modo geral os alunos realizaram esta atividade com facilidade, sendo que os problemas surgiram ao identificar o meio material existente entre o sino e o ouvido e ao descrever o som ouvido,

usando de forma inadequada vários termos científicos, misturando o significado científico e o uso do senso comum, como vamos exemplificar e analisar.

Na questão 1.1 “**Segure o sino pelos pedaços de barbante com o braço estendido e bata com a caneta no cabide. Você ouve alguma coisa? Descreva.**”, treze alunos responderam que ouviam o som de uma caneta batendo no metal. Apenas os alunos 11.1 e 11.2 responderam que não ouviram nada, provavelmente porque esperavam algum som diferente do que o som ouvido. Vamos analisar algumas respostas desta questão.

O aluno 1.1 apresentou a seguinte resposta:

Você sente uma leve vibração passando para o barbante (1.1).

Mesmo nesta resposta que já esboça uma associação entre som e vibração, percebemos, segundo Brousseau, uma situação de ação, na qual as respostas apresentadas descrevem o que está sendo observado, sem uma tentativa em explicar o que está acontecendo.

Nesta outra resposta:

Um som agudo, e baixo (13.1),

o aluno tenta descrever a altura e a intensidade do som, usando incorretamente dois termos que caracterizam a altura do som. Esta abordagem incorreta era esperada por nós, tanto pelo levantamento da literatura que fizemos quanto pela análise da testagem piloto. Ele não pode, no mesmo instante, ouvir um som com estas características. Poderia, por exemplo, ouvir um som agudo e forte ou agudo e fraco, pois o termo “agudo” se refere à altura do som enquanto “forte ou fraco” descreve a sua intensidade.

Na questão 1.1.1 “**Qual o meio material que existe entre o sino e o seu ouvido?**”, destacamos alguns exemplos de respostas nas quais aparecem o termo som, respondidas por 8 alunos:

o som (12.3);

ar e o som (3.1);

A caneta e o som (9.1).

Nestas respostas os alunos consideram o som como sendo um meio material, assim como a caneta, o barbante e o ar. Algumas hipóteses podem ser levantadas em relação às respostas exemplificadas: os alunos não entendem o que é som, eles não sabem o que é um meio material ou não entenderam a questão. Em relação à última hipótese, eles podem ter lido como “**O que existe entre o sino e o ouvido?**”, simplesmente ignorando o termo “meio material”.

Muitos alunos associaram o objeto sólido mais próximo como sendo o meio material, não mencionando o ar. As seguintes respostas exemplificam a situação:

Barbante e um pedaço de ferro (4.2);

Existe o barbante de 50 cm (5.1);

O barbante; mas o barbante não estava muito próximo ao ouvido (8.1);

Barbante (11.2);

A caneta (10.1).

Os alunos realizaram outra atividade encostando os pedaços livres do barbante nos ouvidos e deixando o cabide pendurado a sua frente, questões **1.2** e **1.2.1**, e observaram o que acontece ao bater com a caneta no sino. Após realizar esta atividade, eles disseram ouvir melhor o som, como podemos verificar nas respostas que seguem:

O barbante transmite o som do metal (3.2);

Observei que quando coloque o barbante no ouvido consegui ouvir melhor o som que ele faz (4.1).

Nas respostas dos alunos 3.2 e 4.1 eles identificam que a mudança no som ocorreu em função do contato do barbante com o ouvido. O aluno 3.2 utiliza o termo “transmite” de forma adequada, assim como os alunos 11.2 e 12.1, respectivamente, usam os termos “propaga” e “ondas” nas respostas:

Um barulho de sino que se propaga através do barbante até o ouvido (11.2);

Pequenas ondas de som no barbante vindo do cabide (12.1).

O aluno 8.2 respondeu “*Produz um som com mais efeitos o som fica por mais tempo (8.2)*”, descrevendo o som ouvido, situação de ação, sem atribuir a causa desta alteração.

De modo semelhante à resposta dada na questão **1.1**, o aluno 13.1 afirmou “*Que o som que ouvimos, é mais alto e mais grave (13.1)*”, usando termos opostos para o mesmo som, alto e grave, características da altura do som. O termo “grave” não é usado tão frequentemente no dia a dia associado ao som quanto os termos alto e baixo.

Mesmo sem ter estudado formalmente este conteúdo na escola, muitos alunos buscam informação de outras fontes e também muitos estudam e leem sobre música, que os familiarizam com novos termos, embora às vezes estes sejam usados inadequadamente. O aluno entende o que está acontecendo, mas confunde os termos na hora de se expressar porque ele ainda não estudou sistematicamente esses conceitos.

Ao perguntar na questão **1.2.2 “Qual(is) o(s) meio(s) que existe(m) entre o sino e o seu ouvido?”** ao bater neste quando o barbante estava encostado no ouvido, a maioria (13 alunos) dos alunos indicou o “barbante”. Dos demais alunos, 6 não responderam a questão, 3 deram respostas sem sentido e 3 responderam “som”. Houve uma evolução nas respostas em relação à pergunta sobre o meio quando o barbante não estava encostado no ouvido, na qual as respostas foram mais diversificadas e apenas dois alunos responderam “ar”, resposta desejada por nós.

Também apareceram respostas que apresentaram como exemplos de meios materiais entre o ouvido e o sino:

O som (4.1);

O som passando pelo barbante (12.1).

São respostas que parecem reafirmar a ideia de som como um meio material, como foi discutido na questão 1.1.1.

O aluno 12.3 foi o único que afirmou não perceber diferença alguma entre os sons ouvidos sem o barbante e com o barbante encostado no ouvido (questão **1.2.3**). Provavelmente deu esta resposta por estar desatento, pois na questão **1.2.4: “Explique como o meio de propagação do som pode ter influenciado nas suas observações”** ele respondeu “*Podem ter influenciado através do barbante (12.3)*”, mostrando incoerência entre ambas.

As respostas dos alunos em relação à questão **1.2.4**, de modo geral só indicam constatações e não uma explicação da influência do meio de propagação nas suas observações. Veja os exemplos de respostas a seguir.

O aluno 10.1 atribui a mudança no som ouvido ao fato do barbante estar encostado no ouvido. Observe sua resposta: “*É que na 1ª vez nós batemos no cabide sem colocar os barbantes no ouvido, e na 2ª vez colocamos o barbante no ouvido, ai deu pra ouvir melhor o barulho (10.1)*”.

Para o aluno 2.2, cuja resposta é “*Pois na primeira observação estava um pouco longe do cabide e na segunda observação estava perto de mais então o som era diferente devido uma poluição sonora diferente (2.2)*”, existe uma tentativa de explicar suas observações em função do que ele chamou “poluição sonora diferente”. Supomos que para ele “poluição sonora” seriam todos os sons e ruídos em volta e que estes não permitiriam ouvir bem o som do sino, mas ele não destacou a propagação do som pelo barbante.

Os alunos tiveram mais facilidade em descrever o som ouvido com o barbante encostado no ouvido, mesmo sem dizer que era equivalente ao som de um sino, como exemplificamos em seguida: “Teve uma diferença no modo do som, pois no primeiro poderia não ter certeza de qual era o som, e no segundo já obtemos certeza (5.2)”.

Em seguida os alunos receberam dois copinhos descartáveis com um barbante preso no fundo e repetiram o procedimento. A orientação na pergunta 1.3 era: “**Agora, vamos utilizar dois copinhos com barbante como fones de ouvido. Amarre a ponta livre do barbante no cabide, como indicado no desenho da figura 8. Ignore o barbante que estava amarrado anteriormente. Coloque os fones encostados nos ouvidos e, inclinando a cabeça, deixe o cabide ficar pendurado na sua frente.**”

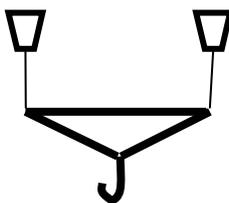


Figura 8 – Sino com os fones.

Na questão 1.3.2 “**Existe alguma diferença entre os sons que você ouviu nos itens 1.2 e 1.3, ou seja, sem ou com os fones de ouvido?**” todos responderam “sim” e, na sequência, a pergunta 1.3.3 “**O que foi alterado entre as duas situações (itens 1.2 e 1.3)?**” os grupos afirmaram que o som ficou mais forte, fornecendo respostas satisfatórias pois usam diversos termos do senso comum nas suas justificativas.

Na resposta “*O item 1.2 o som era bem menor e o item 1.3 o som é bem mais alto e grosso (1.1)*” os termos “menor” e “grosso” aparecem com características da intensidade e altura do som. Também não fica claro se o termo “alto” na frase se refere à altura ou a intensidade.

Nos exemplos que seguem os termos usados pelos alunos são adequados cientificamente, segundo o nosso critério são respostas classificadas como satisfatórias. Observe:

O item 2, não tinha nenhum copinho preso no barbante, por isso o som foi mais fraco; no item 3 o copo ajudou o barulho ser mais forte e agudo (3.2);

O barulho ficou mais forte (10.1).

Em relação à resposta do aluno 3.2, não fica muito claro se ele sabe o significado do termo “agudo”, pois o fato de usar o copo não deve alterar a altura do som ouvido.

Quanto à influência do uso dos fones na questão **1.3.4 “Explique como o copo preso na extremidade do barbante influencia o som transmitido até o ouvido”**, temos as seguintes explicações:

É que o copo isolou o ouvido e deu um som diferente (2.1);

O copo abafa o som dentro do ouvido evitando sua propagação pelo furo (12.1).

O uso dos termos “isolou” e “abafa”, significando evitar a propagação do som em todas as direções, indicam uma tentativa de explicação, evidência de uma situação de formulação. Respostas que utilizam termos do senso comum eram esperadas e constam na análise *a priori*.

O grupo 13 associa o copo com uma caixa acústica, o que provocaria o reforço no som. O fato é que na resposta apresentada, *“Quando bate com a caneta no cabide, provoca um som, esse som vai direto para algo que tenha, com uma caixa acústica (13.1)”*, ele usa o termo “caixa acústica” provavelmente querendo expressar a ideia de algo que permite ouvir melhor o som. Caixa acústica é a denominação da caixa de madeira ou plástico em que se colocam os alto-falantes de um aparelho de som, mais conhecida como caixa de som. Já uma caixa de ressonância tem a função de reforçar certas frequências do som, como acontece em vários instrumentos musicais (violão, etc). Apenas com esta resposta não podemos saber exatamente qual destes sentidos o aluno 13.1 atribui a “caixa”.

Ao responder *“O copo por ser de plástico faz com que o som saia um pouco mais fino (8.1)”*, o aluno 8.1 atribui as características do som ouvido ao fato do copo ser de plástico. A questão é que no experimento ele só usa copos de plástico o que não possibilita uma comparação com copos de outros materiais (vidro, metais, etc). A possibilidade de usar copos de diversos materiais e tentar explorar o conceito de ressonância é uma ideia interessante e poderá ser explorada numa próxima atividade.

Outras respostas:

Pelo extremo barbante é transmitido uma vibração que chega ao copo com um som maior (1.1);

Porque o barbante serve a um fio transmitindo o som (4.1) ;

por ondas sonoras que se propagam através do barbante até o copo (11.1).

Estas respostas dos alunos 1.1, 4.1 e 11.1 usam termos científicos adequadamente e tentam explicar a propagação do som, mas não respondem a questão feita. Pelos termos usados e pela forma de se expressar, supomos que o aluno 11.1 já possui algum conhecimento sobre ondas sonoras.

Na segunda atividade da primeira parte, **Telefone com fio**, os alunos receberam três telefones, dois com fio de algodão (barbante) e um de nylon, cada um constituído por um fio de cinco metros e dois

copinhos plásticos descartáveis presos nas extremidades. Muitos alunos já conheciam estes artefatos e não tiveram dificuldades em usá-los.

Justamente por já conhecer o material e saber como usá-lo, alguns alunos não ficaram muito atentos às orientações do roteiro. Primeiro eles deveriam conversar a 5 metros de distância, sem usar os telefones, depois experimentar cada um dos telefones, respondendo algumas questões e comparando os artefatos. As respostas, muitas vezes corretas, faziam observações do que não havia sido pedido naquele momento.

De qualquer forma, os alunos perceberam que a propagação do som depende do material que constitui o fio e que este fio deve estar esticado para que o som se propague.

Algumas respostas da questão 2.1 -“**Você e seu colega devem se colocar a 5 m de distância um do outro. Vocês conseguem conversar sem gritar?**”- mostram claramente a desatenção na leitura. Apenas dois alunos responderam não e dois não responderam a questão, os demais responderam sim (Tabela 2).

Tabela 2 – Classificação e exemplos de respostas da questão 2.1.

Classificação da resposta	Número de alunos	Exemplos de respostas
Excelente	2	<i>Não, pois estamos muito longe um do outro.(2.2)</i>
Satisfatória	0	-
Parcialmente Satisfatória	0	-
Insatisfatória	0	-
Incorreta	18	<i>1: sim 2: sim 3:sim (13.1)</i> <i>Sim só se ele estiver esticado se não estiver não dar pra escutar (1.1)</i> <i>Sim.(9.1)</i>
Não sei	0	-
Não respondeu	2	-

A resposta do aluno 1.1 mostra desatenção, pois ele estava conversando com o colega usando o telefone e respondeu corretamente que o fio devia estar esticado, porém nesta questão ele não deveria utilizar nenhum instrumento. Já o aluno 13.1 usou e analisou os três telefones ao fazer suas observações, quando não deveria usar nenhum dos artefatos.

Apenas os alunos do grupo 2 responderam “não”, como esperávamos de acordo com as análises *a priori*. Isto aconteceu pelo fato de que muitos grupos usaram o telefone e também porque eles leem nos lábios do colega o que ele está dizendo (a distância não é tão grande) e falavam relativamente forte.

Na questão 2.2 (Tabela 3) cujo enunciado é: **“Usando o telefone 1, sem esticar muito o fio, um deve falar próximo ao copo enquanto o outro mantém o copo junto ao ouvido. Depois invertam as posições. Vocês ouvem um ao outro?”**, a maioria dos alunos respondeu que não podia ouvir o colega. Como exemplo temos a resposta do aluno 1.1: *“Não da pra escutar se o telefone estiver encolhido. Só se estiver esticado (1.1)”*. Nesta resposta identificamos a situação de ação, na qual o aluno descreve o que foi visto, sem tentar explicar o fenômeno.

Nas respostas *“Sim (2.1)”*, *“Mais ou menos (9.1)”* e *“Mais ou menos da para escutar mas e bem baixo (11.1)”* acreditamos que os alunos disseram ouvir algo provavelmente porque o fio estava um pouco esticado, permitindo a propagação do som.

Tabela 3 – Classificação e exemplos de respostas da questão 2.2.

Classificação da resposta	Número de alunos	Exemplos de respostas
Excelente	14	<i>Não (3.2)</i> <i>Não da pra escutar se o telefone estiver encolhido. Só se estiver esticado (1.1)</i>
Satisfatória	0	-
Parcialmente Satisfatória	0	-
Insatisfatória	0	-
Incorreta	8	<i>Sim(2.1)</i> <i>Mais ou menos.(9.1)</i>
Não sei	0	-
Não respondeu	0	-

Nas questões 2.3 (2.3.1 e 2.3.2), veja anexo A, os alunos deveriam conversar novamente usando o telefone, agora com o fio esticado e descrever o que havia mudado, comparando o telefone com o fio esticado e com o fio frouxo. Com exceção dos grupos 10 e 13, todos os outros perceberam claramente a necessidade em manter o fio esticado.

Observe alguns exemplos de respostas:

O som fica mais nitido (2.2);

Com o fio esticado som é mais alto e com o fio sem esticar o som sai muito baixo (11.1).

Nestes exemplos os alunos percebem a mudança, mas afirmam que também conseguiam conversar com o fio frouxo. É provável que o fio não estivesse muito frouxo, ou seja, existia uma tensão suficiente para que a vibração se propagasse.

Pelas respostas:

Quando o fio estava esticado, nós conseguimos entender, uma a outra, e quando o fio estava sem esticar, não conseguimos nem ouvir as vozes (3.2);

Que um não dá para ouvir e o outro dá (4.1);

No 2.2 não podemos escutar com o fio frouxo não dá para escutar e no 2.3 podemos escutar perfeitamente com o fio esticado (12.1);

os alunos 3.2, 4.1 e 12.1 constataram que só foi possível ouvir a voz do colega quando o fio do telefone estava bem esticado, conforme esperávamos e já comentamos na análise *a priori*.

Quanto aos grupos 10 e 13, com as respostas “*Nada mudou (10.1)*” e “*Os sons são iguais, o que muda é o tipo e o tamanho do fio, o som é baixo (13.2)*”, provavelmente os alunos manusearam da mesma forma os telefones, mantendo a mesma tensão do barbante, o que impediu que eles percebessem qualquer diferença entre os sons ouvidos.

Na questão **2.4 “Inicie novamente a conversa, toque levemente no fio. O que você percebe?”**, podemos analisar as respostas em dois grupos, um que tocou levemente o fio e outro que segurou firme o barbante. Em relação a este segundo caso, o aluno 2.2 diz “*quando se toca no barbante, o som é interrompido*”. Provavelmente ele prendeu o barbante, impediu a propagação da onda sonora.

Num outro grupo, pelas respostas “*Que a voz sai tremida (3.2)*”, “*Um tremor do fio (4.1)*”, “*Que o fio xia e fica baixo (9.2)*” e “*Quando estamos conversando, escutamos a interferência de outro som (12.2)*”, supomos que estes alunos tocaram suavemente o barbante, percebendo tanto a vibração do fio, como o aluno 4.1 diz ao usar o termo “tremor” quanto à diferença no som ouvido e o próprio som provocado ao tocar no barbante, o que eles identificaram como “chiado”. Como já verificamos na revisão da literatura (NASCIMENTO; GOBARA, 2007), “tremor” é uma terminologia do senso comum referente a “vibração” enquanto que o termo “chiado” supomos estar relacionado com o fenômeno de interferência.

Os alunos trocaram o telefone com o barbante de diâmetro de 1 mm pelo outro de diâmetro de 2 mm (questão 2.5) e, em seguida, pelo fio de nylon (questão 2.6). Eles conversaram com os colegas e compararam os sons ouvidos com as características dos telefones (2.6.2).

Na questão 2.5.2 - “O que você pode concluir entre o tipo de fio do telefone e o som que você ouviu?”- que compara a propagação do som nos dois fios de barbante, somente o grupo 4 considerou que no telefone com o fio de menor diâmetro o som ouvido era melhor, provavelmente devido a algum problema no manuseio do artefato. Todos os outros grupos disseram ouvir melhor com o telefone 2 (Tabela 4).

Na resposta “*Não são iguais, pois os barbantes são diferentes (2.2)*”, o aluno 2.2 atribui a diferença entre os sons em função dos barbantes serem diferentes, mas não especifica em que eles são diferentes.

Tabela 4 – Classificação e exemplos de respostas da questão 2.5.2.

Classificação da resposta	Número de alunos	Exemplos de respostas
Excelente	11	<i>Que o barbante 2 é mais grosso e por isso transmite o som melhor (3.1)</i> <i>O telefone 1 é mais fino e o telefone 2 mais grosso é por isso que ouvimos melhor com o 2 (8.2)</i>
Satisfatória	5	<i>Que os dois dá para ouvir(4.1)</i> <i>Não são iguais, pois os barbantes são diferentes (2.2)</i>
Parcialmente Satisfatória	3	<i>o fio 2 é mais grosso e o som é mais alto (12.3)</i>
Insatisfatória	0	-
Incorreta	3	<i>Bom com o fio de nylon tudo fica + nitido(5.1)</i>
Não sei	0	-
Não respondeu	0	-

De acordo com a teoria de Brousseau, os alunos 3.1 e 8.2 apresentam uma situação de formulação, criando um modelo que se aproxima da resposta desejada por nós: quanto mais grosso o fio melhor é a transmissão do som, resposta classificada como excelente.

As respostas do grupo 12, “*O som mais forte (12.2)*” e “*O fio 2 é mais grosso e o som é mais alto (12.3)*”, apontam as características do som ouvido sem explicações. O aluno 12.2 utiliza corretamente o termo “forte”, enquanto que o aluno 12.3 usa o termo “alto” para representar a altura, como já era esperado, de acordo com a revisão da literatura realizada.

Usando o telefone com o fio de nylon e comparando com o telefone com o fio de barbante de mesmo diâmetro (questão 2.7), as opiniões dos alunos se dividiram, sendo que a maioria (16 dos 22 alunos) achou melhor o som com o nylon.

Comparando os três telefones (questão 2.6.2), os grupos 2, 4, 5 e 8 acharam o telefone com nylon o melhor, enquanto que os outros grupos consideraram que o som se propaga melhor no telefone com o barbante com maior diâmetro. Nenhum grupo indicou o telefone com o fio de barbante com menor diâmetro. Este resultado está de acordo com as análises *a priori*. (Tabela 5)

Tabela 5 – Tabelamento das respostas da questão 2.6.2.

Com qual dos três telefones você ouviu melhor a voz do seu colega, 1, 2 ou 3?	Número do grupo dos alunos
Fio 1 (barbante fino)	-
Fio 2 (barbante grosso)	1, 3, 9, 10, 11, 12, 13
Fio 3 (nylon)	2, 4, 5, 8

5.1.3 – Análise das observações e respostas referentes à segunda parte

Na segunda parte (anexo B), atividade três, os alunos trabalharam com dois **Tubos Acústicos** de diâmetros diferentes. Os alunos conversaram usando os dois tubos, e durante a realização desta atividade eles não apresentaram dificuldade para realizá-la. Todos os grupos concluíram que a propagação do som é melhor no tubo com o diâmetro maior. Eles também acharam mais fácil conversar usando os tubos do que os telefones com fio.

Em relação à questão 3.1 desta atividade, “**Use o tubo 1, já montado com os funis. Sem esticar o tubo, tente se comunicar com um colega, estando cada um em uma das extremidades do tubo e a uma distância de 3 m. ...Você consegue ouvir bem o seu colega? Por quê?**”, as seguintes respostas merecem ser destacadas:

A resposta “*O material é bem melhor (2.2)*”, não responde o que foi solicitado, mas provavelmente foi dada pelo aluno por estar comparando o tubo com os telefones com fio. Esta resposta

não era esperada porque a questão não pede para comparar os artefatos, evidenciando uma certa desatenção na leitura e interpretação desta.

Para o aluno 4.1, “*O tubo transmite o som (4.1)*”, ou seja, a transmissão do som é feita pelo tubo, mas não fica claro, entretanto, se a presença de ar no interior deste tem alguma função neste processo.

Podemos identificar uma tentativa de formulação nas respostas:

Porque a voz passou pelo furo do tubo permitindo que escutassemos perfeitamente (3.1);

Porque o tubo por onde passa a voz é bem mais grosso e é oco (8.1);

Porque o buraco que sai o som é maior (10.1);

Porque a voz passada por um cano ou um tubo, o som consegue ficar mais alto (13.1).

Em todas estas respostas os alunos criam um modelo no qual o fato do tubo ser oco e grosso vai permitir que o som se propague com mais facilidade.

O aluno 11.1, cuja resposta é “*Sim Porque a ponta tem forma de funil e o som sai bem alto e nitido (11.1)*”, também apresenta um modelo explicativo e ao justificar que o som “*sai bem alto e nítido*” em função da forma de um funil, sugere uma influência da atividade com o sino, na qual o som ouvido era mais forte quando os copinhos eram colocados nas extremidades dos fios. Os termos *nítido* e *alto* indicam as qualidades do som. Novamente o termo “alto” é usado inadequadamente.

Provavelmente pela influência da atividade com os telefones, muitos alunos (20 alunos) consideraram que o som ficava mais forte com o tubo esticado ao responder a questão **3.2 “Agora, estique o tubo 1 e fale com o seu colega novamente. 3.2.1) Você notou alguma diferença em relação à facilidade de se comunicar?”**, como pode ser visto nas seguintes respostas: “*Sim o som ficou nítido (3.1)*” e “*Sim com ele esticado podemos escutar melhor (12.1)*”. Apenas o grupo 11 considerou que o som ouvido era o mesmo, estando o fio esticado ou não, resposta que esperávamos nas nossas previsões.

Acreditamos que a questão **3.2.2 “Em que caso você ouve melhor a voz do seu colega: quando o tubo não está esticado e mais próximo ou quando o tubo está esticado e mais distante?”** induziu os alunos a escolherem uma das alternativas oferecidas enquanto esperávamos que eles respondessem que o som ouvido era o mesmo nas duas situações. Apenas os dois alunos do grupo 11 responderam que o som ouvido era igual. Dos demais, 12 responderam como o aluno 12.3, “*quando o tubo está esticado e mais distante (12.3)*”, e 8 responderam a exemplo do aluno 5.1, “*quando não estava esticado (5.1)*”.

Identificamos indícios de situações de formulação nas seguintes respostas da questão **3.2.3**

“Qual é o papel do tubo na propagação do som?”:

Na resposta *“Ele permiti que o som passa melhor pelo seu interior (1.1)”*, o aluno dá indícios que, por causa o tubo, o som passa apenas por dentro dele. Neste outro exemplo: *“Ele é um condutor das ondas sonoras (12.2)”*, o sentido do termo “condutor” se assemelha à resposta dada pelo aluno 1.1, usando um termo mais aplicado em eletricidade.

Os termos “transmitir” e “enviar” aparecem adequadamente nas respostas *“ele que transmite as ondas sonoras (11.1)”*, *“Transmitir o som (4.1)”* e *“p/ enviar a voz p/ o outro (4.2)”*, embora estas ainda estejam incompletas, pois nenhum destes alunos menciona que o tubo provoca o direcionamento da propagação do som.

Quando o aluno 13.1 responde *“Ele emite um som mais alto, por causa da sua extremidade (13.1)”*, atribui aos funis o som mais “alto”. No caso o correto seria “mais forte”, pois ele está caracterizando a intensidade do som.

Na resposta do aluno 12.3, *“abafar o som (12.3)”*, aparece o termo “abafar” muito usado no dia a dia, o qual pode ser associado à ideia de não espalhamento do som em todas as direções, mas sim o direcionando como já evidenciamos em outras respostas analisadas na questão **1.3.4**.

Repetindo a atividade com o outro tubo, referente à questão **3.3 “ Utilizando o tubo 2, converse com o seu colega mantendo-se o mais longe possível dele. 3.3.1) Observe e compare os tubos. Quais as diferenças entre eles?”**, percebemos que os alunos descrevem o que ouvem com cada tubo, evidenciando situações de ação, sem explicar o motivo desta diferença. Observe alguns exemplos:

O tubo 1 transmite a voz mais suave. O tubo 2 transmite a voz mais aguda e grave (quase me deixou surda) (3.1);

O tubo 1 o som não sai bem definido já no tubo 2 sai bem definido (4.1);

um tem a extremidade pequena. Ou seja largura (5.2) ;

No tubo 1 não se ouve muito bem mas se compreendo o que está se passando na conversa já o 2 se ouve bem e compreende bem (8.1).

O aluno 3.1 respondeu utilizando ao mesmo tempo os termos “aguda” e “grave” inadequadamente, caracterizando uma resposta satisfatória, sendo que o segundo termo nesta frase se refere a característica relacionada à intensidade do som.

Nas outras respostas os alunos descrevem o que ouvem em cada tubo ou comparam a largura destes, pois a questão não solicita nenhuma explicação mais elaborada.

Na sequência os alunos foram solicitados para comparar os tubos 1 e 2 conforme a pergunta **3.3.2** “**Você ouve melhor o seu colega com o tubo 1 ou com o tubo 2? Por quê?**”. Todos os alunos indicaram o tubo 2 como sendo aquele em que a propagação é melhor, mas nem todos justificaram adequadamente. Cinco alunos apenas repetiram as qualidades do som ouvido, como na seguinte resposta “*2, o som é mais alto e melhor (12.3)*”. Os alunos do grupo 10 apenas disseram que o melhor era o “2”.

Os 15 alunos que explicaram responderam, por exemplo:

Com o tubo 2 porque é mais grosso (3.1);

Com o tubo 2. Por causa do seu conduíte de 1 polegada (3.2);

2 por que é mais largo (5.1);

No 2. Porque a extremidade dele é maior, e emite um som mais alto (13.1).

Em todas as respostas que tentaram elaborar uma explicação, os alunos citaram a diferença entre os diâmetros dos tubos, respondendo de acordo com o esperado na análise *a priori* realizada. São explicações que apresentam algumas características de uma situação de formulação, tendo em vista que eles não explicaram porque em tubos mais grossos o som se propaga melhor.

Antes de iniciar a quarta atividade da segunda parte, chamada **Estetoscópio**, os alunos leram dois textos, um sobre a invenção do telefone o outro sobre o estetoscópio (anexo B). Esta atividade contém dois experimentos com nove questões e iniciou com os alunos comparando o som ouvido ao arranhar com a unha uma ponta de um pedaço de madeira, encostando ou não o ouvido nesta. Em seguida eles identificaram em que meio o som se propagava melhor, no ar ou na madeira.

A atividade foi realizada com facilidade pela turma, mas surgiram algumas contradições no momento de organizar as respostas como, por exemplo, nas respostas da questão **(4.1.3)** em que se pede para dizer em que caso se ouve melhor o som ao arranhar a madeira (com o ouvido encostado nela ou não). Embora a maioria tenha respondido de acordo com as nossas expectativas, ou seja, com o ouvido encostado na madeira, três alunos responderam de forma confusa: “*Arranhando com a unha, próximo à outra ponta (3.2)*” e vários apresentaram muitas dificuldades ao identificar o melhor meio de propagação. Na questão **4.1.4** “**Em que meio o som se propaga melhor, no ar ou na madeira?**” dez alunos responderam “ar” e quinze responderam “madeira”. Como comentamos na análise *a priori*, esta resposta pode ter influência na nossa experiência do dia-a-dia, em que ao fecharmos uma porta de madeira, diminuimos a intensidade do som.

Dando continuidade a atividade, os alunos receberam um tubo de papelão, simulando o modelo do primeiro estetoscópio inventado por Laënnec. Os alunos ouviam e anotavam suas observações ao bater com uma caneta na carteira. Depois repetiam o experimento usando este estetoscópio, colocando um lado do tubo encostado no ouvido e o outro na carteira. Anotaram suas observações e compararam os sons ouvidos na questão **4.2.3 “ Explique em que caso você ouviu melhor o som produzido ao bater com a caneta na carteira”**, primeiramente batendo na carteira com uma caneta sem usar o estetoscópio e depois usando o estetoscópio, indicando em qual situação se ouvia melhor o som.

A maioria disse ouvir melhor utilizando o estetoscópio, como havíamos previsto na análise *a priori*. Apenas os alunos dos grupos 8 e 9 disseram ouvir melhor sem o estetoscópio.

Os alunos do grupo 10 e o aluno 11.2 disseram não ter notado diferença alguma. Acreditamos que estas respostas inadequadas surgiram em função da falta de atenção e de cuidado ao realizar o experimento, bem como o ruído do pátio pode também ter contribuído para estes erros.

O aluno 11.1 apresentou a seguinte resposta: “*um eco (11.1)*”. Essa é uma resposta que não havíamos previsto na análise *a priori*, ao analisarmos essa resposta dentro do contexto da atividade, entretanto ela apareceu na testagem piloto, e percebemos que alguns alunos utilizam o termo “eco” quando, por ouvir melhor o som, consideram que houve uma ampliação deste, associando este conceito ao aumento da intensidade do som e não a um som ouvido em função da reflexão das ondas sonoras.

O estetoscópio também foi usado para auscultar o coração de um colega, o que nem todos conseguiram, e oito alunos disseram que não ouviram nada. Durante o experimento percebemos que os alunos que usaram os tubos menores e mais finos, não conseguiam ouvir. Em alguns grupos foi possível corrigir esse problema, eles trocaram os tubos e, assim, conseguiram auscultar o coração do colega.

Na questão **4.3 “Explique o funcionamento do estetoscópio”**, 10 alunos apresentaram qual é a função deste aparelho, como podemos observar nas respostas dos alunos 1.1 e 10.2:

Serve para auscultar o coração e os pulmões de um paciente auxiliando muito o diagnóstico de várias doenças (1.1);

Ele funciona para ouvir os sons transmitidos de algum lugar (10.2).

Nestas respostas os alunos informaram para que serve o estetoscópio, o que já estava explicitado no texto do roteiro, o que nos leva a supor que eles não sabem explicar o funcionamento do instrumento ou por erro na leitura e interpretação da questão.

Já os alunos 3.2 e 11.1, ao invés do funcionamento, explicaram como o instrumento deveria ser usado:

Em uma das suas pontas, coloca o ouvido, do outro lado o que você deseja ouvir (ex: o coração), a partir daí, você conseguirá identificar determinado barulho (3.2);

Se encosta uma ponta do tubo no ouvido e outro no coração e se escutar as batidas através do tubo (11.1).

Em uma outra resposta, do aluno 5.1, percebemos uma tentativa de explicação ao comparar o estetoscópio com o fone de ouvido, mas o aluno não explica como funciona o fone de ouvido:

Como se fosse um fone de ouvido (5.1).

Uma resposta que apresenta uma formulação explicativa para o funcionamento do estetoscópio é a do aluno 12.1:

Ele amplia o som do batimento do coração e é propagado no fio para o doutor (12.1).

O fato de o instrumento nos ajudar a ouvir os batimentos do coração, caso que não ocorre sem o aparelho (artefato), levou este aluno a pensar que o som é ampliado e não simplesmente se propaga em uma direção, de modo a evitar o espalhamento. Tanto o estetoscópio quanto os tubos impedem que o som se propague em todas as direções.

Há também outras respostas que apresentam explicações sobre o funcionamento, porém com terminologias inadequadas, como a do aluno 13.1:

Com sua extremidade, abafa o som emitido, e o transmite mais compreendido (13.1).

Neste contexto, supomos que o termo “abafado” significa que o som foi “aprisionado” pela forma da extremidade do tubo e depois propagado por este. A expressão “*mais compreendido*” pode ser interpretada como sendo o som transmitido “mais compreensível” ao ouvinte.

Ao final desta atividade, os alunos responderam algumas questões com o objetivo de organizar as ideias trabalhadas, preparando-os para resolver os desafios da situação-problema.

Para a análise das questões de 1 a 5, usamos os critérios apresentados na tabela 1 para classificar as respostas dos alunos.

Análise da questão 1

A primeira questão foi: “**1) Para que o som se propague ao longo de um fio, este deve estar frouxo ou esticado? Por quê?**” (Tabela 6)

Três alunos responderam de forma confusa (por exemplo, “*para que facilite a comunicação (2.2)*”) e os demais, 16 alunos, disseram “esticado”, mas apresentaram algumas dificuldades ao justificar, como exemplificado pelas respostas dos alunos 1.1, 3.2, 12.2 e 13.2:

Esticado. Porque ele frouxo perde a potência (1.1).

O aluno 1.1 usa o termo “potência” no sentido de que nesta situação, ou seja, frouxo, o som diminui a sua intensidade. O correto é que frouxo o que muda ou diminui é a tensão do fio, tensão esta necessária para que a vibração possa se propagar ao longo deste.

Tabela 6 – Classificação das respostas da questão 1.

Classificação da resposta	Número de alunos	Exemplos de respostas
Excelente	0	-
Satisfatória	11	<i>Esticado, porque o som se propaga melhor.(13.1)</i>
Parcialmente Satisfatória	3	<i>Esticado. Porque ele frouxo perde a potência.(1.1)</i>
Insatisfatória	5	<i>Esticado.(4.2)</i>
Incorreta	3	<i>Para facilitar a comunicação.(2.1)</i>
Não sei	0	-
Não respondeu	0	-

Esticado. Porque o fio permitirá que o som passe por ele facilmente (3.2).

Esticado, pq a voz corre melhor pelo barbante (12.2).

Esticado, porque o som se propaga melhor (13.2).

As expressões “que o som passa” e “a voz corre melhor” usadas, respectivamente, pelos alunos 3.2 e 12.2 têm um significado próximo do termo mais usado cientificamente, que é “propagar”, usado pelo aluno 13.2, porém nenhum deles faz referência ao fato de que para que o fio vibre tem que existir uma certa tensão (o meio de propagação é sólido). Acreditamos que o aluno 12.2 usou o termo “corre” relacionando com a ideia de deslocamento de matéria ou partícula estudada na primeira série, lembrando que esses alunos ainda não haviam estudado ondas na escola.

Análise da questão 2

A segunda questão foi: “**2) Por que o fio deve estar esticado e o tubo não para que o som se propague?**” (Tabela 7)

As respostas basicamente descrevem as características dos dois artefatos usados, como podemos ver em algumas explicações e justificativas dadas pelos alunos 3.2, 4.1, 11.2 e 13.2:

Porque o tubo tem um buraco em seu interior, ajudando a passagem facilmente da voz. Já o fio não tem buraco nenhum, e o som passa apenas por ele, e dificulta o som quando tem algum obstáculo (3.2);

Porque o fio é mais fino e o tubo não (4.1);

Os fios não tem buracos na ponta e o tubo tem (11.2);

Porque o fio é fino, e o tubo já tem sua extremidade maior (13.2).

Estes alunos tentam justificar suas respostas descrevendo as características dos instrumentos, indicando as diferenças entre eles, como, por exemplo, qual é mais fino, qual tem buraco, etc. De certo modo estas respostas são esperadas (análise *a priori*), pois o conhecimento dos alunos sobre ondas sonoras é baseado no senso comum e, portanto espera-se que as atividades favoreçam a construção de repostas mais próximas às explicações científicas.

Já o aluno 8.2 respondeu esta questão como:

Porque o fio transmite com poucas forças já o tubo é oco e transmite com mais força (8.2).

Este aluno usa o conceito de força (termos usados: poucas forças e mais força) para se referir à intensidade do som, relacionando-a ao sentido de som mais fraco e som mais forte, o que sugere que ele se baseou nos conceitos da mecânica clássica estudada na primeira série, resgatando seus conhecimentos antigos para resolver uma nova situação. No nosso levantamento da literatura encontramos a pesquisa de Watts e Russell (1990 apud BORGES, RODRIGUES, 2005, p. 4), realizada com 57 crianças, indagando como ocorre a produção do som. Em uma das três respostas encontradas para esta questão, temos o termo “força” usado da seguinte forma: que a força que o homem usa é responsável pela produção do som, como quando bate com a mão em um tambor. Enquanto o aluno 8.2 usa o conceito de força para explicar a transmissão do som, os alunos da pesquisa usam para explicar a produção deste.

A resposta do aluno 12.1:

Porque o fio leva as ondas sonoras através das vibrações e o tubo não ele só redireciona as ondas por dentro (12.1).

Esta resposta evidencia alguns aspectos da construção de um modelo explicativo bastante interessante deste aluno. Ele associou as ondas sonoras com a vibração do fio, uma explicação próxima do modelo científico, entretanto, ele não conseguiu estender essa ideia para a situação do tubo, porque ele afirmou que no fio ocorrem vibrações enquanto que no tubo as ondas só são redirecionadas. Este fato pode ser uma evidência de que a atividade com o tubo não foi suficiente para levar esse aluno a perceber que as moléculas de ar dentro do tubo também vibram e esta propagação da vibração é o que chamamos de onda.

Tabela 7 – Classificação das respostas da questão 2.

Classificação da resposta	Número de alunos	Exemplos de respostas
Excelente	0	-
Satisfatória	7	<i>Porque o tubo tem um buraco em seu interior e permite a passagem direta.(2.1)</i>
Parcialmente Satisfatória	2	<i>Porque o fio transmite com forças, já o tubo é oco e transmite com mais força.(8.1)</i>
Insatisfatória	0	-
Incorreta	13	<i>pq o fio leva as ondas sonoras e o tubo não.(12.2)</i>
Não sei	0	-
Não respondeu	0	-

Análise da questão 3

A terceira questão foi: “**3) No nosso dia-a-dia usamos vários termos para diferenciar as sensações provocadas em nós por um som. A característica do som associada aos termos forte ou fraco é chamada intensidade do som. Como por exemplo, quando variamos o volume de uma música no rádio temos a variação de intensidade. Quando dizemos que um som é alto/agudo ou baixo/grave estamos caracterizando a altura de um som. Por exemplo, em geral as mulheres têm a voz mais alta (ou aguda) que os homens.**

Quais as conclusões que se pode tirar comparando o som ouvido nas atividades das três situações com os telefones com fio? Verifique as respostas da questão 2.7 da atividade 2. Considere as características comentadas acima ou qualquer sensação percebida por você na comparação desses três telefones.” (Tabela 8)

Antes de passarmos para a análise da questão 3, faremos alguns comentários da mesma porque ela

apresenta algumas particularidades. Antes de apresentar aos alunos a questão propriamente dita, há no enunciado da questão um comentário e é apresentado, por meio de exemplos, o conceito de altura e da intensidade do som, tentando diferenciá-los já que no dia a dia é grande a confusão entre eles.

Na testagem verificamos algumas dificuldades como, por exemplo, a diferenciação entre os conceitos de altura e intensidade, e tentamos minimizá-las, pois só o fato do enunciado ser longo já faz com que os alunos se confundam ou simplesmente não respondam a questão. Mesmo com os cuidados que tomamos após a testagem e as reformulações realizadas, dos 25 alunos que participaram do experimento, 12 não responderam esta questão. Passaremos à análise das respostas mais significativas.

O aluno 2.2 respondeu:

É que em cada situação, usa-se materiais diversos, e os sons ficam diferentes (2.2).

Ele iniciou corretamente a análise, mas não especificou em qual dos três telefones seria melhor a propagação do som e quais as características determinantes para isto.

Quanto à resposta do aluno 8.2:

Com os tubos o som sai mais forte, com os telefones ouve muito pouco e quase não se compreende. Com o estetoscópio ouvimos com mais intensidade o som (8.2).

Este aluno, assim como o seu colega de grupo, equivocadamente compara não os três telefones com fio, mas sim os telefones com os tubos e o estetoscópio. Provavelmente a leitura da questão foi um pouco desatenta.

O aluno 10.2, em sua resposta: “*telefone 1: É composto por 5 metros de barbante 1 diâmetro de fio. telefone 2: É composto por 5 metros de barbante 2 diâmetros de fio. telefone 3: É composto por 5 metros de nylon 1 diâmetro de fio (10.2)*”, descreve cada telefone, mas não dá as características dos sons ouvidos nem os compara, o que indica falta de atenção no enunciado ou dificuldade em estabelecer comparações.

O aluno 11.1, cuja resposta é: “*No telefone 1 escutava-se um som muito baixo e sem qualidade. No telefone 2 escutava-se um médio-alto e com um pouco de nitidez. No telefone 3 de nylon o som era bem alto e muito nitido (11.1)*”, descreve os sons ouvidos, mas não os caracteriza e nem os compara quanto ao material que constitui os telefones.

O aluno 3.2 inicia comparando corretamente o som ouvido com as características do telefone:

“Conseguimos ouvir melhor o telefone quando seu fio tem um diâmetro maior, e isso ajuda o som passar melhor pelo telefone com fio, por causa da sua tecnologia, ouvimos melhor o som, com o telefone sem fio (3.2)”.

Nesta resposta podemos identificar uma situação de formulação, pois ele tenta criar um modelo cientificamente adequado, embora incompleto, para explicar suas observações. Podemos classificar sua resposta como satisfatória, visto que no final desta surge um problema, pois ele compara com o telefone sem fio e não trabalhamos com esse tipo de telefone, não ficando claro a relação que, possivelmente, ele quis estabelecer do diâmetro com o telefone sem fio.

Tabela 8 – Classificação das respostas da questão 3.

Classificação da resposta	Número de alunos	Exemplos de respostas
Excelente	1	<i>No telefone 1 escutava-se um som muito baixo e sem qualidade. No telefone 2 escutava-se um médio-alto e com um pouco de nitidez. No telefone 3 de nylon o som era bem alto e muito nitido.(11.1)</i>
Satisfatória	5	<i>Conseguimos ouvir melhor o telefone quando seu fio tem um diâmetro maior, e isso ajuda o som passar melhor pelo telefone com fio, por causa da sua tecnologia, ouvimos melhor o som, com o telefone sem fio.(3.2)</i>
Parcialmente Satisfatória	0	-
Insatisfatória	0	-
Incorreta	5	<i>Com os tubos o som sai mais forte, com os telefones ouve muito pouco e quase não se compreende. Com o estetoscópio ouvimos com mais intensidade o som.(8.2)</i>
Não sei	0	-
Não respondeu	11	-

Análise da questão 4

O enunciado da questão 4 é: “**No séc. XIX, como era realizada a comunicação entre pontos distantes dentro de um navio?**”. (Tabela 9)

Quinze alunos identificaram que a comunicação entre pontos distantes dentro deste era feita “*através dos encanamentos vazios*”. Apenas os grupos 4 e 12 apresentaram respostas diferentes: “*Por*

cartas (grupo 4) e *“Falando auto (12.1)”*, respectivamente. Provavelmente estes grupos (4 e 12), assim como os dois alunos que não responderam a questão, não o fizeram porque não leram atentamente o texto em que era discutido o assunto.

Tabela 9 – Classificação das respostas da questão 4.

Classificação da resposta	Número de alunos	Exemplos de respostas
Excelente	15	<i>eram utilizados os encanamentos vazios de água.(10.2)</i>
Satisfatória	0	-
Parcialmente Satisfatória	0	-
Insatisfatória	0	-
Incorreta	5	<i>Eles tinha um volume agudo e alto.(12.2).</i> <i>Por cartas.(4.2)</i>
Não sei	0	-
Não respondeu	2	-

Análise da questão 5

Na última questão (questão 5) os alunos compararam o tubo acústico com o estetoscópio em relação a três aspectos: meio de propagação do som, funcionamento de cada instrumento e uso de cada um.

- Quanto ao meio de propagação (questão 5.1, Tabela 10) do som nenhum dos grupos que respondeu a questão falou do ar, meio de propagação do som tanto no tubo quanto no estetoscópio. Vamos exemplificar algumas respostas.

Os alunos 9.2, 11.2 e 13.1 responderam, respectivamente, *“O tubo se ouve perfeitamente ja o estetoscópio se ouve muito ruidos (9.2)”*, *“O tubo é melhor que o estetoscópio (11.2)”* e *“Tubo: mais alto Estetoscópio: mais baixo (13.1)”*. Eles compararam os sons ouvidos com os dois aparelhos ao invés de falar sobre o meio de propagação do som.

O aluno 12.2, que respondeu *“O tubo leva o som e conduz o estetoscópio conduz e aumenta (12.2)”*, tentou descrever o funcionamento de cada aparelho (*“O tubo leva o som e conduz”* e *“o estetoscópio conduz e aumenta”*) e também diferenciá-los de acordo com o que ele observou.

Por estas respostas discutidas, divididas entre a comparação entre os sons ouvidos nos artefatos e o funcionamento destes, podemos supor que os alunos não entendem o que é “meio de propagação”, da mesma forma que responderam inadequadamente as questões que perguntavam sobre o meio material, na atividade “Metal que vira Sino”.

Tabela 10 – Classificação das respostas da questão 5.1.

Classificação da resposta	Número de alunos	Exemplos de respostas
Excelente	0	-
Satisfatória	0	-
Parcialmente Satisfatória	0	-
Insatisfatória	0	-
Incorreta	21	<i>Acústico é difícil de escutar e o estetoscópio é bem melhor de escutar.(1.1)</i> <i>O tubo é melhor que o estetoscópio.(11.2)</i>
Não sei	0	-
Não respondeu	1	-

- Quanto ao funcionamento de cada instrumento (questão 5.2, Tabela 11), destacamos as respostas:

Os alunos 2.2 e 12.3 responderam corretamente que “*O jeito de usar é o mesmo só o material é diferente (2.2)*” e “*Os dois são iguais (12.3)*”, o que significa que ambos funcionam da mesma forma, mas não explicaram como isto acontece.

Para o aluno 12.1 “*O estetoscópio conduz e aumenta o som e o tubo só conduz*”, indicando que os dois aparelhos não funcionam do mesmo modo. O fato do nosso ouvido não ouvir os batimentos do coração sem um instrumento, mesmo a uma pequena distância da pessoa em questão, deve ter influenciado na resposta, levando-o a acreditar que o estetoscópio “aumenta” o som dos batimentos cardíacos. De fato existem alguns estetoscópios com circuitos elétricos que amplificam o som, mas não é o caso deste que usamos no experimento.

Na resposta do aluno 13.2: “*emitem sons diferentes (13.2)*” parece que os instrumentos estão produzindo o som ouvido ou o aluno quer dizer que cada artefato (tubo e estetoscópio) produz um tipo de som.

Os alunos 4.2 e 9.1 responderam:

O tubo tem como as pessoas ouvir voz, e com o estetoscópio tem como escutar barulhos internos (4.2).

O tubo serve para se ouvir a voz, o coração, já o estetoscópio ouve com muita dificuldade (9.1).

Suas respostas diferenciam os instrumentos quanto ao uso ao invés de explicar o funcionamento. Essas respostas seriam mais indicadas para o próximo item.

Tabela 11 – Classificação das respostas da questão 5.2.

Classificação da resposta	Número de alunos	Exemplos de respostas
Excelente	0	-
Satisfatória	4	<i>O jeito de usar é igual, mas so que o material é diferente.(2.1)</i>
Parcialmente Satisfatória	0	-
Insatisfatória	2	<i>Seus materiais são diferentes.(3.2)</i>
Incorreta	14	<i>O tubo serve para se ouvir voz, o coração, já o estetoscópio ouve com muita dificuldade.(8.1)</i> <i>O estetoscópio conduz e aumenta o som e o tubo só conduz.(12.1)</i>
Não sei	2	-
Não respondeu	0	-

Podemos destacar dois fatores que levaram os alunos a responder de forma equivocada este item da questão 5: a realização da atividade não foi suficiente para que eles percebessem que os dois artefatos tem o mesmo princípio de funcionamento ou a dificuldade destes em interpretar o enunciado da questão.

- Finalmente, na questão que compara os instrumentos quanto ao uso de cada um (questão 5.3, Tabela 12), os alunos disseram:

O aluno 4.1 parece entender a questão e respondeu “*O uso do telefonome p/ se comunicar, e o estetoscópio ouvir barulhos externos (4.1)*” apesar de confundir os termos tubo com telefone, assim como usou o termo “externo” quando se referia aos ruídos internos do organismo, pois os alunos do grupo 4, portanto este aluno também, responderam corretamente no item anterior, quando comparava o

tubo e o estetoscópio para explicar o funcionamento de cada instrumento.

As respostas dos alunos 5.2, 8.2 e 11.1 foram, respectivamente, “*um serve para se comunicar e o outro para se ouvir (5.2)*”, “*o tubo serve para se ouvir várias coisas o estetoscópio algumas (8.2)*” e “*Usa-se um para conversar normalmente a distancia e o estetoscópio usa-se para ouvir pequenos ruídos encostado ha alguma coisa (11.1)*”.

Essas respostas estão corretas de acordo com as atividades realizadas na aula, exemplificando que esses alunos, após passarem por situações de ação, são levados a estabelecer comparações, mas ainda não conseguem formular um modelo mais abrangente para justificar a questão.

O aluno 12.2 respondeu “*O tubo para ouvir os barulhos (12.2)*”, e não comparou os dois instrumentos, fornecendo apenas o uso de um dele, no caso o tubo, evidenciando mais uma vez uma certa desatenção para responder a questão.

Tabela 12 – Classificação das respostas da questão 5.3.

Classificação da resposta	Número de alunos	Exemplos de respostas
Excelente	1	<i>Usa-se um para conversar normalmente a distancia e o estetoscópio usa-se para ouvir pequenos ruídos encostado ha alguma coisa.(11.1)</i>
Satisfatória	9	<i>um serve para se comunicar e o outro para se ouvir.(5.2)</i>
Parcialmente Satisfatória	0	-
Insatisfatória	0	-
Incorreta	10	<i>O estetoscópio aumenta o som e o outro conduz.(12.1)</i>
Não sei	2	-
Não respondeu	0	-

A resposta afirmativa, “*Os dois são iguais (12.3)*”, do aluno 12.3 apresentou uma informação incompleta, pois não disse em que os dois instrumentos são iguais.

Na resposta apresentada pelo aluno 13.2: “*todos emitem som, com variação de altura (13.2)*”, novamente o aluno 13.2 usou o termo “emitir”, parecendo que os instrumentos produzem o som, como foi discutido ao comparar os artefatos em relação ao funcionamento no item anterior desta questão.

5.1.4 – Análise das questões do desafio

Após realizar as atividades e fazer o fechamento com 5 questões para sintetizar as atividades experimentais e organizar as ideias dos alunos, eles voltaram a responder as duas questões, que já haviam respondido no início da aula, após a leitura da situação-problema. Uma terceira questão foi incluída, com o objetivo de validação do princípio de funcionamento do tubo acústico e do estetoscópio.

Lembramos que o desafio colocado pela situação-problema é “Como você pode ajudar o casal sequestrado a se comunicar entre si e a pedir socorro para alguém que esteja passando na rua?”.

Vamos analisar cada questão detalhadamente.

Análise da Primeira questão: Como este casal pode se comunicar sem despertar a atenção dos sequestradores?

Antes dos alunos realizarem as atividades experimentais, notamos que as respostas para esta questão foram mais variadas e algumas contradizendo as próprias características descritas no problema.

Numa análise mais geral, notamos uma evolução nas respostas e uma aproximação do modelo científico aceito. Dos 22 alunos analisados, 10 usaram os novos conhecimentos discutidos pelo meio didático para resolver o desafio, evidenciando o uso de um novo conhecimento em uma nova situação, indicando que ocorreu a aprendizagem, fato que segundo Brousseau caracteriza uma situação de validação.

A análise das questões 1 e 2 do desafio foram feitas da seguinte forma: comparamos as respostas dos alunos antes da realização dos experimentos e depois de fazer as atividades.

Para viabilizar e apresentar uma análise geral da evolução dos 22 alunos que realizaram toda a sequência, dividimos as suas respostas em cinco categorias de acordo com os seus desempenhos na solução do desafio. Vamos apresentar cada categoria descrita na tabela 13 e, em seguida, apresentaremos alguns exemplos de respostas de cada categoria e sua análise.

A seguir vamos exemplificar e analisar cada categoria de resposta dos alunos.

Tabela 13 – Classificação das respostas da questão 1 do desafio.

Categoria	Características da categoria	Número de alunos na categoria
Categoria A	Alunos que acertaram a resposta antes do experimento, continuando certa depois deste.	2
Categoria B	Alunos que responderam errado antes do experimento e mudaram a resposta depois da atividade, acertando a questão.	10
Categoria C	Alunos que responderam errado antes do experimento e mudaram a resposta, mas continuou errado.	1
Categoria D	Alunos que responderam errado antes do experimento e não mudaram a resposta.	8
Categoria E	Alunos que responderam certo antes do experimento, mudaram a resposta e erraram.	1

Análise e exemplo(s) de respostas da categoria A

As respostas dos dois alunos do grupo 4, antes e depois da experimentação serão apresentadas e, a seguir, analisadas:

Antes de realizar a sequência – *Através de um telefone improvisado (4.1).*

Depois de realizar a sequência – *Pelo telefone improvisado (4.1).*

Este grupo (4) manteve a resposta correta, mas não descreveu melhor o funcionamento ou a construção do telefone. Pelo que foi trabalhado pelo grupo, mesmo sem o detalhamento do telefone, podemos supor que o telefone improvisado é o telefone com fio semelhante ao usado na sequência.

Análise e exemplo(s) de respostas da categoria B

Vamos iniciar analisando as respostas dadas pelo aluno 2.2 do grupo 2, antes e depois de realizar a sequência, como um exemplo desta categoria:

Antes de realizar a sequência – *Comunicariam-se através de gestos, pois o pequeno buraco passaria uma mão (2.2).*

Depois de realizar a sequência – *Usando o copo e o barbante que os sequestradores passavam a comida para fazerem um telefone de fio para se comunicarem (2.2).*

A resposta dada por esse aluno antes é uma evidência da influência, em algumas respostas, do desenho que foi dado junto com a situação-problema. O buraco desenhado, certamente muito caricato, exagerado de propósito pelo artista, indicava uma ligação entre os cômodos, mas não permitia a

passagem de uma mão e o ambiente da garagem, pela descrição, não tinha boa iluminação. Portanto, a sugestão dada por este aluno antes do experimento seria difícil de funcionar, pois a mão não passava pelo buraco e no escuro não seria possível ver os gestos um do outro.

A resposta do aluno após o experimento está de acordo com a resposta prevista na análise *a priori* e indica que a sequência realmente o influenciou na solução do desafio. Esta resposta serve de evidência da influência das atividades realizadas, caracterizando uma situação de validação, na qual os alunos usaram novos conhecimentos sobre a propagação do som em diferentes meios materiais para resolver o desafio.

Como um outro exemplo, temos as respostas dos alunos do grupo 3:

Antes de realizar a sequência – *Através de gestos, ou do cano que liga a garagem à rua (3.2).*

Depois de realizar a sequência – *Através daquele buraco, eles podem fazer um telefone a base dos copinhos (3.2).*

Percebemos que a figura que descreve a situação em que estão os sequestrados influenciou bastante na solução do problema antes deles terem feito as atividades, pois o encanamento e o buraco entre os cômodos chamaram muito a atenção dos alunos. Vale observar que o encanamento liga a garagem à rua e não os cômodos em que os sequestrados se encontram. Após realizar a sequência o grupo organizou melhor suas ideias, evidenciada pela resposta apresentada, caracterizando uma situação de validação como vimos na análise das respostas do aluno 2.2 .

Análise e exemplo(s) de respostas da categoria C

As respostas do aluno 5.1 do grupo 5:

Antes de realizar a sequência – *Com o cobertor de lã velho colocar na porta assim para que os sequestradores não escuta ela coloca o ouvido no chão onde está o buraco entre os quartos e assim se comunicar (5.1).*

Depois de realizar a sequência – *Com a ajuda do tubo acústico (5.1).*

O aluno 5.1 mudou a resposta em função do experimento, porém não existia um tubo ligando o quarto com a garagem, mas sim ligando a garagem com a rua. A primeira resposta, entretanto é bastante interessante e mostra a criatividade desse aluno, pois o cobertor serve de isolante acústico, ideia que não consideramos na análise *a priori*. A dificuldade desta sugestão, entretanto, seria conversar pelo pequeno buraco, pois numa sala ou garagem reais, a altura não permitiria que o casal se comunicasse bem desta forma, tornando pouco plausível esta sugestão, mas não impossível. A ilustração provavelmente influenciou esta resposta, já que no desenho a pessoa que está na garagem pode alcançar no teto e o

buraco entre os cômodos é muito grande proporcionalmente, como já mencionamos, ele foi desenhado um pouco exagerado apenas para chamar a atenção.

Essa mudança de uma resposta criativa para uma resposta que usasse uma das atividades da sequência mostra que, de certa forma a sequência pode ter limitado as opções para solucionar o desafio e o aluno acabou respondendo o que acreditava ser a “resposta certa” para o professor.

Análise e exemplo(s) de respostas da categoria E

As respostas do aluno 5.2 do grupo 5:

Antes de realizar a sequência – *Usaram os pedaços de barbantes, os metais, e os plasticos para fazer um telefone para se comunicarem um com o outro (5.2).*

Depois de realizar a sequência – *Com a ajuda do tubo acústico (5.2).*

O aluno 5.2 respondeu inicialmente como esperávamos e depois dos experimentos mudou para uma resposta inadequada, pois como já comentamos na análise do aluno 5.1, não existe tubo ligando os dois cômodos.

Mesmo apresentando antes dos experimentos respostas diferentes, após as atividades os alunos 5.1 e 5.2 deram a mesma resposta. Provavelmente esta mudança ocorreu porque eles acharam mais fácil se comunicar usando o tubo acústico em comparação com o telefone com fio. Talvez para eles o próprio buraco entre os cômodos, em função das dimensões do desenho, pudesse funcionar como um tubo acústico.

Análise e exemplo(s) de respostas da categoria D

As respostas dos alunos do grupo 11:

Antes de realizar a sequência – *Falando baixo pelo pequeno furo ligado ao quarto (11.2).*

Depois de realizar a sequência – *Falando baixo pelo pequeno furo (11.2).*

O grupo apresentou a mesma resposta antes e depois dos experimentos. Os alunos não perceberam as dificuldades desta solução, pois a ilustração não dá uma ideia exata da altura dos cômodos ou do tamanho do buraco ou simplesmente não tiveram interesse na resolução do desafio, o que foi possível observar pelo conjunto das respostas, pois o grupo deixou duas questões em branco e em outras as respostas foram curta, como sim ou não e sem qualquer justificativa, principalmente na segunda etapa da atividade. As respostas curtas talvez evidenciem a pressa em finalizar a sequência.

Análise da segunda questão: Sabendo que o casal não possuía papel e lápis, telefone, etc, existe alguma forma de pedir socorro para alguém fora da casa sem gritar? Dê alguma(s) sugestão(ões) para o casal.

Nesta questão, os 22 alunos que realizaram toda a sequência foram distribuídos em 4 das 5 categorias de acordo com os seus desempenhos na solução do desafio proposto (Tabela 14):

Tabela 14 – Classificação das respostas da questão 2 do desafio.

Categoria	Características da categoria	Número de alunos na categoria
Categoria A	Alunos que acertaram a resposta antes do experimento, continuando certa depois deste.	11
Categoria B	Alunos que responderam errado antes do experimento e mudaram a resposta depois da atividade, acertando a questão.	8
Categoria C	Alunos que responderam errado antes do experimento e mudaram a resposta, mas continuou errado.	0
Categoria D	Alunos que responderam errado antes do experimento e não mudaram a resposta.	1
Categoria E	Alunos que responderam certo antes do experimento, mudaram a resposta e erraram.	2

Observamos que 8 alunos mudaram a resposta acertando a questão em função da sequência didática realizada, validando a aprendizagem provocada pelas atividades. Metade da turma, 11 alunos, acertou a questão antes de fazer a atividade e mantiveram sua resposta, neste caso não houve aprendizagem e sim apenas uma confirmação do que eles já sabiam.

Análise e exemplo(s) de respostas da categoria B

As respostas dos alunos do grupo 1:

Antes de realizar a sequência – *Nas antigas brincadeiras telefone sem fio (1.1).*

Depois de realizar a sequência – *Sim. Pelo cano que esta no quarto do menino (1.1).*

As respostas dos alunos do grupo 2:

Antes de realizar a sequência – *Fazer telefone sem fio com os copos (2.1).*

Depois de realizar a sequência – *Pelo cano que fica na caragem (2.1).*

Os alunos 1.1 e 2.1 mudaram suas respostas após a realização das atividades, por verificar a

impossibilidade de se comunicar com alguém fora da casa usando um telefone, principalmente sem fio. Estas respostas servem de evidência da influência da atividade realizada, caracterizando uma situação de validação, na qual o novo conhecimento é usado na solução do desafio.

Análise e exemplo(s) de respostas da categoria A

O aluno 3.2 já sabia como se comunicar com o lado externo da casa antes de realizar as atividades. O fato de ter apresentado uma resposta mais longa antes da atividade provavelmente ocorreu pela pressa em terminá-la. Veja as respostas deste grupo:

Antes de realizar a sequência – *Sim, fazendo algum tipo de barulho, sem despertar a atenção dos sequestradores. Se o homem batesse no cano de plástico, o cano vai transmitir um som, levando assim, para a rua, onde as pessoas poderão escutar e tentar ajudá-los (3.2).*

Depois de realizar a sequência – *Sim, através do tubo, do esgoto (3.2).*

Um outro exemplo desta categoria está nas respostas dos alunos do grupo 8:

Antes de realizar a sequência – *Colocar os potes dentro do encanamento e produzir barulhos estranhos p/ alguém suspeitar (8.1).*

Depois de realizar a sequência – *Usar o pote p/ bater no encanamento p/ transmitir algum som até que alguém desconfiasse (8.1).*

Comparando as respostas do aluno 8.1 antes e depois da realização da sequência, verificamos uma maior elaboração na forma de apresentar a resposta e no uso de termos cientificamente mais adequados como, por exemplo, “transmitir” o som, depois da realização da atividade.

Análise e exemplo(s) de respostas da categoria E

As respostas dos alunos do grupo 4:

Antes de realizar a sequência – *Através do encanamento da garagem (4.1).*

Depois de realizar a sequência – *Usando o sino (4.1).*

O aluno 4.1 deve ter alterado a sua resposta que inicialmente estava correta provavelmente por acreditar que a resposta esperada pelo professor a esta questão estava associada ao sino. Eles ficaram muito impressionados e surpresos com o som transmitido pelo barbante e simplesmente escolheram o som mais forte que ouviram, mesmo que não fosse uma sugestão plausível para ajudar o casal.

Análise e exemplo(s) de respostas da categoria D

As respostas do aluno 11.2:

Antes de realizar a sequência – *Não (11.2)*.

Depois de realizar a sequência – *Não (11.2)*.

Embora o aluno tenha realizado adequadamente as atividades, aparentemente a situação-problema não o motivou o suficiente para tentar resolver o desafio.

Terceira questão: O casal usava um copo encostado na parede para descobrir se os sequestradores estavam dormindo ou se haviam saído. Explique por que usar o copo permite ao casal obter melhor informação sobre o outro cômodo.

De modo geral, as respostas desta questão foram incorretas de acordo com a classificação da tabela 1, não estando adequadas cientificamente. Os alunos não conseguiram estabelecer uma relação entre o copo e o tubo acústico ou o estetoscópio, nos quais o som é impedido de se propagar em todas as direções, mantendo a sua intensidade ao longo deste e facilitando a audição.

Num copo mais rígido do que o usado na sequência também pode ocorrer o reforço de algumas frequências, dependendo das dimensões deste, basicamente como numa caixa de ressonância, como por exemplo, a caixa de um violão. De qualquer forma, respostas envolvendo ressonância ou interferência não eram esperadas por nós porque as atividades não discutem estes conceitos e os alunos ainda não estudaram ondas na escola.

A maioria permaneceu nas situações de ação, segundo Brousseau, descrevendo suas observações. Veja os exemplos das respostas dos alunos 2.2 e 4.2: “*Porque o copo os permite escutar o outro comodo melhor (2.2)*” e “*Usava o copo p/ escutar (4.2)*”. Em nenhuma destas respostas percebemos uma tentativa de explicar as observações feitas. Na resposta “*Porque o copo transmite um som mais facil para entender (11.2)*”, o aluno também não explica o funcionamento do copo, apenas concorda com o enunciado, mas pode ter associado este fato com o que ele experimentou na atividade “Metal que vira Sino”, ou seja, o copo facilita a compreensão do som.

Já os alunos 5.1 e 5.2 usam o termo “absorver” no sentido de captar ou sugar o som, de modo que a pessoa ouça melhor os sons do outro cômodo. Observe as respostas: “*O copo absorve o som (5.1)*” e “*pois o copo é um objeto que ajuda na absorção dos sons, mesmo sendo do outro lado da parede (5.2)*”. Nestas respostas é evidente uma tentativa de explicar o papel do copo na observação feita, caracterizando uma situação de formulação em uma resposta parcialmente satisfatória.

A resposta do aluno 13.1 foi: “*Porque o copo abafa o som, e permite que ele possa ouvir qualquer barulho (13.1)*”. Ele, na tentativa de formulação de uma explicação para o uso do copo, utilizou o termo “abafar” do senso comum, provavelmente, por falta de um vocabulário mais adequado. Nesta resposta, acreditamos que este termo significa para este aluno que o som não pode se propagar em todas as direções. Neste caso, seria necessário questionar este aluno para verificar o real sentido que ele atribui ao termo “abafar”. Essa averiguação não foi realizada, porque não havíamos previsto e nem faz parte da metodologia adotada.

O termo “armazenar” usado pelo aluno 12.1, cuja resposta foi: “*O som é armazenado dentro do copo (12.1)*”, parece indicar que o som foi guardado, como em um depósito, e que poderia ficar assim, aumentando a intensidade do som ouvido. O significado deste termo está incorreto, pois mesmo que pensemos na ampliação do som, este efeito só é observado durante a realização da atividade.

Para o aluno 8.1, cuja resposta foi “*Porque o copo é oco e faz com que o som saia mais alto (8.1)*”, o som ficou mais “alto” (significando forte) porque o copo é oco, o que é parcialmente satisfatório de acordo com a classificação de respostas, pois como já comentamos sobre a caixa de ressonância, dependendo das dimensões e rigidez do objeto, neste caso o copo, algumas frequências podem ser reforçadas.

ANEXO G – Opinário

UFMS

Ministério da Educação
 Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
 Centro de Ciências Humanas e Sociais
 Programa de Pós-graduação em Educação
 Mestrado em Educação

Prezado(a) aluno(a),

A atividade que você realizou faz parte de uma pesquisa que sugere uma nova forma de trabalhar a Física em sala de aula, procurando facilitar a aprendizagem por meio da contextualização do conteúdo, valorizando a sua experiência de vida e proporcionando uma interação com diferentes materiais e artefatos didáticos.

Agradecemos a sua colaboração e gostaríamos de saber a sua opinião sobre as atividades que foram realizadas. Não é necessário colocar o seu nome.

Nome:..... **Série:**..... **Turno:**..... **Idade:**.....

Analise cada afirmativa e assinale com um X nas alternativas “sim” ou “não”, caso você concorde ou discorde desta.

	Afirmativa	Sim	Não
1	Não participei das aulas sobre as atividades da pesquisa.		
2	Participei das duas aulas sobre as atividades da pesquisa.		
3	Participei apenas da aula sobre as atividades experimentais (telefone com fio e tubos).		
4	Participei apenas da aula em que foram discutidos textos sobre violência e o impacto social do telefone.		
5	Participei das duas aulas e comecei na primeira com os experimentos com os telefones e os tubos.		
6	Participei das duas aulas e comecei na primeira lendo e discutindo os textos sobre: telefone e violência e o impacto social do telefone.		
7	Consegui entender com facilidade o que o roteiro experimental pedia para ser feito.		
8	Tive dificuldade para entender o que deveria ser feito no roteiro experimental.		
9	O texto para discussão “Telefone contra a Violência” apresentava uma linguagem fácil de entender.		
10	O texto para discussão “Telefone contra a Violência” apresentava uma linguagem difícil de entender.		
11	Os textos para discussão com o tema “A mudança no comportamento dos jovens provocada pelo uso do celular” apresentavam uma linguagem fácil de entender.		
12	Os textos para discussão com o tema “A mudança no comportamento dos jovens provocada pelo uso do celular” apresentavam uma linguagem difícil de entender.		
13	Tive facilidade em responder as questões sobre os textos.		

Responda as seguintes questões:

- 1) Você já havia participado de aulas de Física com experimentos em grupo?

- 2) Você gostou de realizar as atividades experimentais? () Sim () Não Por quê?

- 3) Você acha que a realização das atividades experimentais ajudou na resolução da situação-problema (como o casal sequestrado poderia se comunicar e pedir socorro)?

ANEXO H – Tabela 6: Afirmativas do opinário (anexo G) com as respostas dos alunos.

	Afirmativa	Alunos que responderam “Sim”	Alunos que responderam “Não”	Alunos que não responderam a questão
1	Não participei das aulas sobre as atividades da pesquisa.	25, 26, 27, 28	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 24	6, 10, 11, 15, 20, 23
2	Participei das duas aulas sobre as atividades da pesquisa.	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 25	1, 19, 26, 27	2, 20, 28
3	Participei apenas da aula sobre as atividades experimentais (telefone com fio e tubos).	2, 3, 9, 17, 19, 23, 25	1, 4, 5, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 16, 18, 21, 22, 24, 26, 27	6, 11, 15, 20, 28
4	Participei apenas da aula em que foram discutidos textos sobre violência e o impacto social do telefone.	3, 7, 9, 20	1, 4, 5, 8, 10, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 24, 26	2, 6, 11, 15, 23, 25, 27, 28
5	Participei das duas aulas e comecei na primeira com os experimentos com os telefones e os tubos.	2, 3, 4, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 18, 19, 22, 25	1, 8, 14, 17, 20, 21, 24, 26	5, 6, 15, 23, 27, 28
6	Participei das duas aulas e comecei na primeira lendo e discutindo os textos sobre: telefone e violência e o impacto social do telefone.	3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 17, 20, 21, 24, 25	4, 12, 13, 16, 18, 19, 22, 26	1, 2, 23, 27, 28
7	Consegui entender com facilidade o que o roteiro experimental pedia para ser feito.	3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25	5, 7, 19, 26	1, 2, 27, 28
8	Tive dificuldade para entender o que deveria ser feito no roteiro experimental.	5, 7, 17	3, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26	1, 2, 6, 15, 25, 27, 28
9	O texto para discussão “Telefone contra a Violência” apresentava uma linguagem fácil de entender.	4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 20, 21, 22, 24	3, 5, 15, 18, 19, 26	1, 2, 23, 25, 27, 28
10	O texto para discussão “Telefone contra a Violência” apresentava uma linguagem difícil de entender.	3, 4, 5, 15, 18, 19,	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 20, 21, 22, 24, 26	1, 2, 23, 25, 27, 28,
11	Os textos para discussão com o tema “A mudança no comportamento dos jovens provocada pelo o uso do celular” apresentavam uma linguagem fácil de entender.	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24	15, 18, 26	1, 2, 25, 27, 28
12	Os textos para discussão com o tema “A mudança no comportamento dos jovens provocada pelo o uso do celular” apresentavam uma linguagem difícil de entender.	4, 6, 15	3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 26	1, 2, 23, 25, 27, 28
13	Tive facilidade em responder as questões sobre os textos.	1, 4, 5, 7, 8, 12, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25	3, 9, 10, 11, 15, 16, 26	1, 2, 6, 27, 28

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARTIGUE, M. Ingénierie didactique. **Recherches em Didactique dês Mathématiques**, v. 9, n. 3, p. 283-307, Grenoble, France: Editions la Pensée Sauvage, 1990.

ASTOLFI, Jean-Pierre; DEVELAY, Michel. **A Didática das Ciências**. 2 ed. Campinas: Papirus, 1991.

AULER, Décio. **Interações Entre Ciência-Tecnologia-Sociedade No Contexto Da Formação De Professores De Ciências**. 2002. 236f. Tese (Doutorado em Educação – Ensino de Ciências Naturais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

_____. Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. **Revista Ciência & Ensino**. Campinas, v. 1, número especial, p. 1-20, nov. 2007.

BARBETA, Vagner Bernal; MARZZULL, Cláudia Rocha. Experimento Didático para Determinação da Velocidade de Propagação do Som no Ar, Assistido por Computador. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 447-455, 2000.

BARSOTTI, C. **As interfaces como artefatos mediadores e sua evolução em um programa de leitura em língua inglesa a distância**. 2002. 119f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Programa de pós-graduação em tecnologia, CETEF-Pr, Curitiba, 2002.

BORGES, A. T.; RODRIGUES, B. A. O Ensino de Física do Som baseado em Investigações. **Ensaio: Pesquisa em educação em ciências**, Belo Horizonte, v. 7, n. 2, p. 1-24, dez. 2005.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1999.

BROUSSEAU, G. Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. **Recherches em Didactique des Mathématiques**. v. 7, n. 2, p. 33-115. Grenoble, France: Editions la Pensée Sauvage, 1986.

_____. **Théorie des Situations Didactiques**. Grenoble, France: Editions la Pensée Sauvage, 1998.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. Medindo a velocidade do som. **A Física na Escola**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 29-30, 2003.

CHAUÍ, Marilena. **Introdução à história da filosofia: dos pré-socráticos a Aristóteles**, volume 1, 2. ed., rev. e ampl. São Paulo: Companhia das Letras, 2002.

CHEVALLARD, Yves. **Estudar matemáticas: o elo perdido entre o ensino e a aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.

FERREIRA, L. F. G.; TACOURO, L. R.; BECKER, F. Fazer e compreender na Realidade Virtual: em busca de alternativas para o sujeito da aprendizagem. **CINTED-UFRGS: Novas Tecnologias na Educação**, v.1, n. 1, p. 1-11, 2003.

FREITAS, J. L. M. Situações Didáticas. In: ALCANTARA, S. D. (org). **Educação Matemática: uma Introdução**. São Paulo: EDUC, 1999. p. 65-87.

GOBARA, S. T. **Profil conceptuel et Situation-problème. Une contribution à l'analyse de l'apprentissage de la périodicité en Physique**. 1999. 256f. Tese (Doutorado em Didactique Des Disciplines Scientifiques) – Université Claude Bernarde Lyon I, LYON I, França, 1999.

GRAVINA, M. A. **Os ambientes de geometria dinâmica e o pensamento hipotético-dedutivo**. 2001. 260f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

GURGEL, C. M. A. Ações investigativas no ensino da Física: sobre o método. In: TOMAZELLO, M. G. C. (org). **A experimentação na aprendizagem de conceitos físicos sob a perspectiva histórico-social**. Piracicaba: UNIMEP/CAPES/PROIN, p. 38-39, 2000.

HÜMMELGEN, I. A. O clarinete - uma introdução à análise física do instrumento. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, Sc, v. 13, n. 2, p.139-153, 1996.

MONTEIRO Jr, F. N.; MEDEIROS, A. Distorções conceituais dos atributos do som presentes nas sínteses dos textos didáticos: aspectos físicos e fisiológicos. **Revista Ciência e Educação**, vol. 5, nº 2, p. 1-14, 1998.

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.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica 2: fluidos, oscilações e onda, calor**. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

OKUNO, E.; CALDAS, I.; CHOW, C. **Física para ciências biológicas e biomédicas**. São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1982.

PAIS, L. C. Situações Didáticas. In: ALCANTARA, S. D. (org). **Educação Matemática: uma Introdução**. São Paulo: EDUC, 1999. p. 9-42.

PARANHOS, L. R. L. **Da possibilidade para o real: uma pesquisa-ação sobre a formação de professores reflexivos e autônomos na utilização da Informática na Educação**. 2005. 199f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Programa de pós-graduação em Educação, Campo Grande, 2005.

PIETROCOLA, Maurício; RODRIGUES, A. M.; GURGEL, Ivã. Analisando novas propostas de ensino através da didática francesa. In: V ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 2005, Bauru. Anais do V ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 2005.

PIUBÉLI, U. G.; GOBARA, S. T. **Física contextualizada: uma viagem pelo Pantanal**. Campo Grande: Ed. UFMS, 2004.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio: Pesquisa em educação em ciências**, Belo Horizonte, p. 1-23, v. 2, n. 2, dez. 2000)

SILVA, B. A. Situações Didáticas. In: ALCANTARA, S. D. (org). **Educação Matemática: uma Introdução**. São Paulo: EDUC, 1999. p. 43-64.

SILVA, M. J. V. T. da. **Investigando a telefonia celular: ensinando-aprendendo com a interatividade em uma abordagem temática no ensino de física.** 2003. 138f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

SILVA, Wilton Pereira da et al. Velocidade do som no ar: um experimento caseiro com microcomputador e balde d'água. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.25, n. 1, p. 74-80, 2003.

_____. Um software para experimentos sobre batimento de ondas sonoras. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 21, n. 1, p.103-110, 2004.

TRENTIN, E. **Os instrumentos musicais como recurso didático no ensino de acústica.** 2003. 149f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) , Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

TSOUMPELIS, L. **Contribution théorique à la didactique des sciences physiques** (Explication et modèles dans des situations a-didactiques en Sciences Physiques : le cas de la concentration molaire). 1993. Thèse de doctorat, Université Lyon 1, Lyon,1993.

WELTI, Reinaldo. Obstáculos conceptuales en el aprendizaje de la energía de las ondas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, Sp, v. 27, n. 3, p.487-490, 2005.

CAPES

http://www.capes.gov.br/capes/portal/conteudo/10/Banco_Teses.htm

Consultas realizadas em julho de 2008.