

INVESTIGANDO A PERSISTÊNCIA DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS: O CASO DA SUPOSTA MUDANÇA DE TIMBRE NAS GRAVAÇÕES DE ÁUDIO

INQUIRING PERSISTENCE OF ALTERNATIVE CONCEPTIONS: THE CASE OF SUPPOSED CHANGE OF TIMBRE IN AUDIO RECORDS

Francisco Nairon Monteiro Júnior¹

Fúlvia Eloá Maricato², Washington Luiz Pacheco de Carvalho³ Fernando Bastos⁴

¹ UFRPE / UNESP - Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, naironjr@ded.ufrpe.br

² UEM / UNESP- Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, femaricato@gmail.com

³ UNESP - Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, washcar@dfq.feis.unesp.br

⁴ UNESP - Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, febastos@fc.unesp.br

Resumo

As pesquisas em concepções alternativas, além de contribuírem para um mapeamento das principais explicações do senso comum, com respeito aos diversos conteúdos de ciências ensinados na escola, delinearam, também, um conjunto de características que são comuns a estas formas particulares de ver o mundo, presentes no imaginário das pessoas. Dentre tais características, apontamos para uma em particular: a persistência das concepções alternativas. As pessoas, apesar de terem passado pelo ensino formal de Ciências, manifestam, em determinadas situações, concepções que são próprias do senso comum e que subsistem por toda a vida, apesar da instrução formal. Nesta pesquisa buscamos evidenciar a persistência de tais concepções no âmbito do conceito de timbre, num grupo misto de licenciados nas áreas de física, química, matemática, biologia e alunos do ensino médio, através da análise de um questionário.

Palavras-chave: Concepções Alternativas, Conceito de Timbre.

Abstract

The researches in alternative conceptions not just helped us to establish the main explanations of common senses concerning to several science concepts taught at school, but also traced a set of common characteristics related to the way people understand the world. Among those characteristics, we point out a particular one: persistence of alternative conceptions. Despite of having usual science education, people show conceptions based on common sense which last their whole lives. In this research we will show such conceptions, in the context of the concept of timbre, in a group of teachers of physics, chemistry, mathematics, biology and secondary school students, through the analysis of a questionnaire.

Keywords: Misconceptions, Concept of Timbre.

INTRODUÇÃO

Desde a década de 70, as pesquisas em ensino de ciências têm buscado compreender os processos mentais pelos quais a aprendizagem se estabelece. Tendo sua origem na psicologia da Gestalt e nos trabalhos de Piaget (POSNER et al, 1982), algumas teorias cognitivas conferem à mudança conceitual o 'status' de processo fundamental do ato de aprender. Uma das afirmações comuns de tais teorias é que a aprendizagem é o resultado das interações entre sujeito cognoscente e

objeto (realidade), pressupondo um processo dialético. Outra afirmação comum a estas teorias é que a aprendizagem é um processo racional de atribuição de significados. A aprendizagem é, assim, vista como uma espécie de investigação, onde o indivíduo aprende na medida em que atribui significado às suas experiências. Neste sentido, Posner et al (1982) afirma que existe um conjunto de crenças no qual se inserem as explicações do senso comum, chamado de *ecologia conceitual*. Tal ecologia conceitual é composta por todas as crenças e conceitos de um indivíduo, não estando desligada dos domínios afetivo e emocional.

Uma consequência dessa interação do indivíduo como o mundo externo, desde os primeiros anos de vida, é a produção de um conjunto de crenças, conceitos e valores, muitas vezes com respeito a muitos dos fenômenos dos quais a ciência dá conta e que são ensinados na escola. Uma origem provável dessas concepções espontâneas está no convívio social. O ser humano, por mais inexperiente que possa parecer, não é um recipiente vazio. Já vivenciou inúmeras experiências e na interpretação destas experiências, no exercício de atribuir significados a elas, constrói um conjunto de explicações, na maior parte das vezes, a partir de idéias socialmente construídas. Segundo Driver (1983), as experiências diárias tornam algumas interpretações mais óbvias que outras. É no convívio social que o indivíduo constrói suas explicações para as questões do cotidiano, para os obstáculos que se colocam à sua frente. Iniciando com uma crítica ao ensino por descoberta, Driver investiga o entendimento dos estudantes com respeito aos conteúdos científicos ensinados na escola, indicando caminhos para o entendimento das dificuldades apresentadas pelos estudantes na interpretação de tais idéias formais e abstratas. No terceiro capítulo do livro “The Pupil as Scientist” (DRIVER, 1983), intitulado “Making Meanings”, a pesquisadora afirma que o ato de aprender está ligado ao exercício de atribuir significados. Nesse exercício, muitas vezes o estudante interpreta um fato novo a partir de idéias prévias, muitas vezes discordantes com as explicações científicas. Muitos pesquisadores defendem que tais concepções alternativas (às explicações científicas), podem tornar-se importantes ferramentas no planejamento de estratégias de ensino ou de transposições didáticas capazes de promover a mudança conceitual.

Segundo Posner et al (1982), o processo de mudança conceitual pode ocorrer mais facilmente quando as seguintes condições são satisfeitas:

- O estudante percebe que sua explicação não satisfaz a solução do problema.
- A nova concepção (científica) torna-se inteligível e plausível para o aprendiz.
- O novo conceito possui um campo explicativo mais abrangente.

A despeito de todo este esforço de pesquisa, não há ainda uma teoria capaz de dar conta da forma como um indivíduo organiza suas idéias na interpretação de uma nova realidade, no processo de acomodação das novas idéias, em direção a uma suposta mudança conceitual. Os processos mentais através dos quais o domínio cognitivo percebe um conceito científico como relevante, elegendo inclusive os conceitos alternativos que serão substituídos permanecem como matérias de investigação. Contudo, as pesquisas indicam que os seguintes fatores são importantes na determinação da direção do processo de acomodação:

- As características específicas de um conceito espontâneo, em particular, constituem-se num importante determinante na escolha do seu sucessor.
- As analogias e metáforas utilizadas pelos aprendizes podem servir na sugestão dos novos conceitos, inclusive para torná-los inteligíveis.

Muitos pesquisadores construtivistas afirmam que, em algumas situações, as concepções são resistentes à mudança e, muitas vezes persistem apesar da instrução formal. É neste ponto específico que queremos centrar nossa atenção: a aprendizagem passa necessariamente pela

mudança conceitual. Contudo tal mudança é específica de uma determinada situação e a transferência para outros contextos não se constitui numa garantia. Neste relato de pesquisa mostraremos como concepções alternativas aparecem quando as pessoas tentam compreender situações nunca analisadas e cuja explicação científica passa, muitas vezes, por um modelo já conhecido. A pesquisa se remete ao conceito de timbre e sua suposta mudança no processo de digitalização nas gravações de áudio.

PERSISTÊNCIA DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS

Muitos pesquisadores defendem que as mudanças conceituais são específicas da situação problematizada e que, em outras situações, o estudante pode ainda lançar mão dos mesmos modelos intuitivos, vencidos na primeira situação, no processo de apropriação de uma nova situação. Não há, portanto, garantia de que um conceito ou estrutura, aprendido numa determinada situação particular, possa ser transferido como possível solução para outra situação, evidenciando que tais concepções são resistentes à mudança e muitas vezes permanecem na estrutura cognitiva do indivíduo (DRIVER, 1983; POSNER et al, 1982). Muitas vezes, além de toda a experiência e conhecimentos adquiridos na escola, continuamos exibindo muitas concepções espontâneas, trazidas de muitos anos passados. Não há garantia que, frente a uma nova situação, um indivíduo lance mão de uma idéia científica que guarde similaridade com o problema ou de uma concepção alternativa. Vários são os relatos de pesquisa que evidenciam tal realidade (ARRUDA; VILLANI, 1994; DRIVER, 1989; QUEIROZ; AZEVEDO, 1987; TOMASINI; BALANDI, 1983; VIENNOT, 1979). Por exemplo, não é trivial o ato de relacionar o conceito de frequência, aprendido no contexto da discussão do movimento circular uniforme, com aquele aplicado na representação da frequência angular (ω) do modelo de propagação das ondas eletromagnéticas, ou ainda no estudo da relação entre as frequências de uma série harmônica e as respectivas notas musicais na construção das escalas ocidentais. Tal exercício deve ser incentivado pelo professor. Tanto mais será significativa a aprendizagem de um conceito quanto mais aplicado ele for a diversas situações potenciais. Segundo Fourez (2003, p. 115),

“se a escola se preocupasse mais com a alfabetização científica e técnica dos indivíduos e dos grupos, ela trataria de proporcionar aos alunos a experiência de ter participado de uma coletividade praticando um debate. Ter vivido, desta forma, tal experiência, confere uma competência da qual se pode preparar explicitamente a transferência para outras situações. Assim, um grupo alfabetizado cientificamente e tecnicamente em relação a uma família de situações pode se tornar consciente de que aquilo que a competência (chamada às vezes de knowhow) adquire, em relação a este conjunto de situações pode ser transferido para um outro. Por exemplo, tendo adquirido uma cultura relativa à alimentação no café da manhã, os alunos podem se tornar confiantes de que poderiam praticar uma operação semelhante frente aos meios de transporte de sua cidade.”.

Nesta perspectiva, o aprendizado deveria propiciar, além do ensino dos conteúdos, o desenvolvimento de atividades que encorajassem a aplicação dos conteúdos aprendidos em outras situações da mesma e de outras disciplinas.

O PROBLEMA INVESTIGADO

Há diversas situações que as pessoas experimentam e que se relacionam à acústica. Se empreendemos uma prática de ensino a partir de uma postura construtivista, devemos nos preocupar em considerar estas vivências nas diversas situações de ensino. No caso da ciência do som, inúmeras transposições didáticas podem ser desenvolvidas relacionando disciplinas como a matemática, a biologia, a física e a música. Alinhados a esta tendência, alguns trabalhos têm sido desenvolvidos procurando fazer ligações entre diferentes disciplinas no entendimento da ciência do

som (BARATTO, 1998; BLEICHER et al, 2002; BORGES; RODRIGUES, 2005; HÜMMELGEN, 1996; MELO, 2001; MONTEIRO JR; MEDEIROS; MEDEIROS, 2003; MORENO; LOPES; STEIN-BARANA, 2007, SAAB; BRINATTI, 2005; SILVA; SILVA; SILVA, 2004). No caso específico dos conceitos relativos ao estudo do timbre, são raras as publicações em revistas nacionais, ao contrário do que ocorre em revistas internacionais (HAJDA, 1999; MERINO, 1998). Contrastando com esta tendência, as apresentações textuais das qualidades fisiológicas do som resumem-se aos seus aspectos físicos, cometendo distorções conceituais no processo de transposição didática (MONTEIRO JR, 1998).

Pouco tem sido investigado acerca das concepções alternativas sobre as qualidades fisiológicas do som. Não há registros de trabalhos sobre este tema em todos os principais periódicos em educação em ciências do Brasil. Para se ter uma idéia, em um importante banco de concepções alternativas, organizado por um grupo de pesquisadores da Universidade Nacional Autônoma do México que reúne uma enorme biblioteca de idéias prévias em física, química e biologia, não há registro de pesquisa com respeito a este tema (IDEAS PREVIAS, 2009). Em consonância com esta linha de pesquisa, procuramos contribuir na identificação de concepções alternativas sobre o tópico em questão. Dentre as inúmeras possibilidades de ligação dos conteúdos com as experiências diárias, escolhemos uma experiência muito interessante e que grande parte das pessoas já vivenciou. Trata-se de ouvir a própria voz gravada num equipamento eletrônico ou através de uma caixa de som, quando se fala ao microfone. Quando indagadas sobre a possível existência de uma diferença entre a sua própria voz, a que se ouve quando está falando e aquela gravada num equipamento eletrônico, as pessoas, em geral, dizem que notam uma determinada mudança. A que se deve esta diferença? Muito embora a explicação científica passe pela análise fisiológica da produção do som nas pregas vocais e sua propagação para o ar e, daí, para os ouvidos das pessoas, as concepções espontâneas que as pessoas desenvolvem possuem diferentes e interessantes explicações que podem gerar promissoras discussões no estudo da física do som e das chamadas qualidades fisiológicas. A possibilidade de julgar esta diferença como causada por fatores fisiológicos, além dos fatores físicos necessários ao entendimento do som como uma onda mecânica, pressupõe uma transferência de conhecimento que pode ocorrer quando os conceitos em questão, estudados na escola, são aprendidos significativamente. A resposta a esta indagação aparecerá no decorrer da análise das respostas colhidas. Além disso, em consonância com o objetivo principal desta pesquisa, investigaremos se tais concepções alternativas, geradas na explicação da situação proposta, estão presentes e guardam semelhança em grupos de alunos de diferentes níveis de escolarização. Obviamente, um modelo explicativo coerente com a explicação cientificamente vigente passaria, necessariamente, por dois pontos centrais, quais sejam: a) a diferença que percebemos entre nossa voz gravada e ao vivo está diretamente ligada à modificação sofrida pelo timbre quando da composição das audições por condução aérea e por condução óssea, experimentada pelo ouvido. No caso do registro feito pelo equipamento de gravação (gravador, celular, mp3 player, etc.), o timbre se deve apenas à captação da parte que se propaga por via aérea, resultando na diferença percebida; b) o entendimento científico correto de tal diferença somente pode ser alcançado por um indivíduo que conheça o conceito de timbre e que consiga ler o problema a partir dele. Contudo, ao invés disto, as pessoas desenvolvem explicações alternativas, ao passarem por esta experiência, que as acompanham por toda a vida.

A QUE SE DEVE A MUDANÇA DE TIMBRE NAS GRAVAÇÕES DE ÁUDIO?

Vivemos imersos num grande oceano de ar (atmosfera) que se constitui num dos principais meios de propagação das ondas mecânicas. Dentre tais oscilações existem aquelas que se situam na faixa de frequência para a qual a audição humana é sensível, a saber, entre 20 Hz e 20.000 Hz, em média. Às oscilações que estão situadas nesta faixa de frequência vamos chamar de som.

Consideremos então um bom microfone, ou seja, um microfone de alta fidelidade¹ e um dispositivo digitalizador com qualidade de digitalização também de alta fidelidade². Nestas condições a curva de timbre do sinal digitalizado será praticamente a mesma da onda sonora real. Daí um fato interessante que muita gente não está atenta: Quando escutamos uma gravação de nossa voz, o registro do aparelho, nas condições colocadas acima, confere fidedignamente à onda sonora original, não havendo diferenças perceptíveis. Em equipamentos mais ordinários, algumas perdas ocorrem, em geral, em frequências próximas do limiar superior de audibilidade (20.000 Hz). Seriam os casos de equipamentos como os gravadores digitais portáteis e placas de som 'on-board'. Contudo, tais perdas não alteram significativamente os resultados da experiência, uma vez que tais equipamentos oferecem taxas de amostragem (sample rate) em torno de 44.100 Hz, o que alcança mais do dobro da máxima frequência audível, garantindo uma digitalização 'stereo' satisfatória. Segundo Everest (2001, p. 89-118), a nota mais alta (maior frequência) alcançada por um instrumento musical, no caso o piano, é o Dó da 7ª oitava (C₇), cuja frequência é 4186 Hz, podendo os harmônicos superiores alcançarem frequências muito mais altas, próximas do limite superior de audibilidade humana. Desta forma, para instrumentos musicais e sintetizadores digitais, digitalizações a taxas inferiores a 44,1 KHz resultariam em perdas de agudos. Diferentemente das notas emitidas por instrumentos musicais, a faixa de frequência em que se situa a fala humana se encontra entre 170 e 4.000 Hz. No caso do canto, esta faixa se estende para valores entre 50 e 8.500 Hz. Como podemos ver, os limites superiores do canto e da fala estão muito distantes do limiar superior de audibilidade do ouvido humano, que é de 20.000 Hz. Desta forma, mesmo que os dispositivos digitalizadores de menor taxa de amostragem digitalizassem com alguma perda, esta não afetaria a digitalização da fala e do canto.

Sendo tudo isso plausível, a que se deve então a suposta mudança de timbre que observamos quando ouvimos nossa própria voz gravada? A resposta não está nas possíveis falhas dos dispositivos de digitalização, mas num fator fisiológico. Aí está um detalhe que foge quase sempre às explicações do senso comum: quando falamos, o que ouvimos é uma composição entre o som que se propaga através do ar (audição por condução aérea), que alcança o tímpano, e aquele que se propaga através dos ossos (audição por condução óssea), partindo das pregas vocais e alcançando o ouvido interno, fazendo o líquido e os cílios cocleares vibrarem. Desta forma, quando falamos, ouvimos uma composição das vibrações que se propagam por estes dois meios materiais: o ar e a estrutura formada por músculos e ossos. Quando utilizamos um microfone para gravar a nossa voz, este transdutor, por maior que seja a sua fidelidade, jamais poderá registrar a composição que experimentamos. Isso porque o microfone só consegue captar as vibrações que chegam até ele e atingem a sua bobina. Neste caso, apenas a parcela que se propaga pelo ar é que pode ser captada. Daí a diferença que notamos ao ouvir nossa própria voz gravada. É interessante notar que este registro do gravador é a percepção que todas as outras pessoas possuem da nossa voz. A percepção que experimentamos da nossa voz só acontece para nós mesmos. Podemos dizer, então, que nossa verdadeira voz (para os outros) é a que ouvimos no gravador.

O INSTRUMENTO DE PESQUISA E SUA APLICAÇÃO

As explicações dos professores e alunos acerca do problema proposto foram colhidas através do questionário transcrito abaixo, nas suas próprias salas de aula. Aplicamos o questionário separadamente em quatro grupos, num total de 81 alunos, de acordo com a distribuição abaixo.

¹ Um transdutor possui alta fidelidade quando executa a conversão de um sinal noutro sem distorção. No caso dos microfones, quando a vibração mecânica é convertida em sinal elétrico, através de sua bobina, a forma de onda do sinal elétrico tem que se igualar à da vibração mecânica original. A qualidade de um microfone comercial e o preço, obviamente, estão diretamente ligados a esta característica. Para maiores detalhes, consultar Beranek (1996, p. 70-77).

² Na maior parte dos dispositivos eletrônicos de gravação, como placas de som de computadores, pendrives e gravadores portáteis, há perdas próximas ao limite superior da audibilidade humana. Para um estudo mais detalhado dos parâmetros de digitalização, consultar Oppenheim (1998) e Watkinson (1995).

Escolhemos alunos do 3º ano do ensino médio por já terem passado pelo ensino formal da física e da biologia durante 3 anos, incluindo, teoricamente, o estudo sobre as ondas sonoras e a audição. O grupo de alunos do nono ano do ensino fundamental foi escolhido por não terem ainda passado pelo estudo formal da física e da biologia, especificamente com respeito aos conceitos subjacentes ao estudo do problema investigado. O grupo de professores foi escolhido para podermos fazer um estudo comparativo dos modelos explicativos construídos. Partiremos da hipótese inicial na qual a crença na diferença percebida na voz quando a ouvimos gravada, ocorre pela falta de qualidade do equipamento utilizado na gravação, ao que se chama tecnicamente de fidelidade. Nesta hipótese admitimos que tal explicação persiste apesar da instrução. Por isto, escolhemos grupo com níveis de escolaridade distintos para investigar se o estudo empreendido na física e na biologia contribuiu na mudança de tal explicação.

Tabela 1: Discriminação dos grupos pesquisados

Grupo	Escolaridade	Alunos
F9	Uma turma de alunos do 9º ano do ensino fundamental de uma escola particular do município de Baurú/SP.	16
MP	Uma turma de alunos do 3º ano do ensino médio de uma escola particular do município de Baurú/SP.	26
ME	Uma turma de alunos do 3º ano do ensino médio de uma escola estadual do município de Baurú/SP.	28
PG	Alunos de mestrado e doutorado de um programa de pós-graduação em ensino de ciências, licenciados em física, química, matemática ou biologia.	11
	Total	81

QUESTIONÁRIO APLICADO

MARQUE AO LADO

ALUNO DO 3º ANO DO ENSINO MÉDIO

FÍSICA QUÍMICA

MATEMÁTICA BIOLOGIA

OUTRA: _____

A SUA FORMAÇÃO:

1º) Você já passou pela experiência de ouvir sua própria voz gravada em um equipamento eletrônico, como um gravador, computador, mp3 player, secretária eletrônica, ou ainda falando ao microfone?

SIM NÃO

2º) Em caso afirmativo, você poderia descrever uma das situações em que você ouviu sua voz gravada?

3º) Nesta experiência de ouvir sua voz gravada, você notou alguma diferença com respeito à sua própria voz que você está acostumado a ouvir?

SIM NÃO

4º) Em caso afirmativo, descreva a diferença que você observou.

5º) A que você atribuiria essa diferença?

ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO

A análise das respostas nos trouxe interessantes considerações sobre as quais discorreremos agora. Iniciando pela questão 1, podemos ver na tabela 2 que apenas dois indivíduos não haviam passado pela experiência de ouvir sua voz gravada, contra 79 que relataram terem passado por esta experiência, o que perfaz um percentual de 98%. Isto é particularmente interessante, pois há algum

tempo atrás os gravadores (analógicos com fitas magnéticas) não eram tão comuns. Hoje, com a tecnologia dos gravadores digitais e dos conversores em formato mp3, presentes em celulares, mp3/mp4 players e iPods, por exemplo, tornou-se comum registrar imagens e sons.

Tabela 2: Respostas referentes à questão 1

	Grupos				Total	% ³
	F9	MP	ME	PG		
Sim	16	26	26	11	79	98
Não	0	0	2	0	2	2
Total	16	26	28	11	81	

Hoje, quase a totalidade dos jovens possui, pelo menos, um celular e se diverte gravando vídeos com os amigos na escola e nos ‘points’ de encontro. Estes equipamentos digitais passaram a fazer parte da vida das pessoas e estão cada vez mais integrados, sendo possíveis diversos entretenimentos com um único equipamento. Como podemos ver na tabela 3, a maioria dos pesquisados fez menção a ter ouvido sua voz gravada através de celulares (33%), seguidos dos tocadores mp3/mp4 e computadores (27%).

Tabela 3: Respostas referentes à questão 2

Equipamentos	Grupos				Total	%
	F9	MP	ME	PG		
Celular	7	10	9	1	27	33
MP3/MP4 e Computadores	5	7	6	4	22	27
Não especificou o equipamento	3	5	7	2	17	21
Filmadora/Câmera Digital	0	3	3	1	7	9
Secretária Eletrônica	1	0	0	2	3	4
Microfone ao vivo/Karaokê	0	1	1	1	3	4
Não respondeu	0	0	2	0	2	2
Total	16	26	28	11	81	

A Soma destes dois grupos representa 61% do total dos pesquisados, reforçando o que dissemos acima, com respeito à facilidade de acesso que os jovens têm a esses equipamentos. Ao contrário disto, podemos observar ainda que apenas 4% dos entrevistados fizeram menção a filmadoras ou câmeras digitais, talvez, por tratar-se de equipamentos mais caros. Já a secretária eletrônica (4%), apesar de ser um equipamento mais antigo do que os outros, está se tornando cada vez raro nas residências com as tecnologias modernas de informação, tais como os correios eletrônicos e páginas de relacionamento.

É interessante registrar também que a interação da juventude com esses dispositivos está aumentando cada vez mais enquanto que muitas pessoas, que nasceram no ‘mundo analógico’, ainda não se habituaram a tais tecnologias. A febre por troca de informações e interação entre os jovens pode ser aquilatada através da seguinte transcrição, obtida da resposta de um aluno do 9º ano do ensino fundamental à segunda pergunta do questionário. Segundo ele, “a minha voz gravada

³ Na análise dos dados, todos os valores percentuais calculados foram arredondados para o inteiro mais próximo, o que, obviamente, não influenciou na interpretação que fizemos dos dados.

aconteceu no computador, no microfone, na secretária eletrônica, em mp3 player e em outros equipamentos eletrônicos.”. Outro aluno, também do 9º ano do ensino fundamental, relata um uso inusitado para o celular, mas que está se tornando comum entre estudantes. Segundo ele, “estudando para uma prova, gravei a minha própria voz no meu próprio celular.”.

Na terceira questão objetivamos indagar se, nas experiências vivenciadas, eles estiveram atentos à mudança do timbre de voz. As respostas estão sintetizadas na tabela 4 abaixo, onde os pesquisados responderam se haviam notado alguma diferença ou não.

Tabela 4: Respostas referentes à questão 3

	Grupos				Total	%
	F9	MP	ME	PG		
Sim	16	25	24	11	76	94
Não	0	1	4	0	5	6
Total	16	26	28	11	81	

Como podemos ver na tabela 4 acima, a grande maioria dos entrevistados percebeu uma diferença na sua própria voz, quando ouviu gravada. Isto é particularmente interessante pois, muito embora as pessoas que passaram por esta experiência tenham percebido esta diferença, não buscam uma resposta, mas se acomodam ao adequar o fato à explicações que elas mesmas constroem, sem, no entanto, se preocuparem se tais explicações são realmente coerentes.

Com respeito às características desta ‘voz gravada’, os entrevistados atribuíram alguns interessantes termos, cujas significações vão desde atributos psicológicos até aqueles que possuem significação nas ciências físicas, como podemos ver na tabela 5.

Tabela 5: Respostas referentes à questão 4

Padrões de respostas	Grupos				Total	%
	F9	MP	ME	PG		
A voz fica mais aguda ou mais fina	11	10	6	3	30	37
A voz fica mais grave ou mais grossa	3	13	10	2	28	35
Relacionou a diferença a aspectos psicológicos ⁴	1	2	0	1	4	5
A voz gravada fica com o tom diferente	0	0	3	0	3	4
A voz gravada fica com uma sonoridade diferente	0	0	0	1	1	1
A voz fica nasalizada ou comprimida	0	0	0	1	1	1
Não especificou	1	0	5	3	9	11
Não respondeu	0	1	4	0	5	6
Total	16	26	28	11	81	

De acordo com a tabela 5, a maioria dos entrevistados caracterizou a diferença ao fato da voz ficar mais aguda (37%) ou mais grave (35%). Em ambos os casos, fizemos uma interpretação considerando as respostas em termos de “mais fina” como sendo iguais a “mais aguda”, enquanto que as respostas em termos de “mais grossa” como sendo iguais a “mais grave”. Dentre os que

⁴ Tais como a voz fica mais forte, mais alegre ou mais infantil.

responderam que a voz fica mais fina, alguns disseram ainda que fica parecendo com uma voz infantil, conforme um aluno do 3º ano do ensino médio (estadual) ao afirmar que “[...] ela (a voz) estava mais aguda, mais infantil.”, enquanto que alguns dos que responderam que a voz fica mais grossa, disseram ainda que a voz fica rouca, como é o caso de um aluno do 3º ano do ensino médio (particular), ao afirmar que “[...] a voz ficou mais grave e parecia rouca.”. Em resumo, a grande maioria dos entrevistados ligou a mudança ao fato da voz ficar mais aguda ou mais grave, totalizando um percentual de 72 e que aponta para uma hegemônica caracterização em termos das grandezas “frequência” e “altura” de um som.

Aqui entra uma questão fundamental no ensino: qual a diferença entre as curvas de timbre da voz na condução aérea e na condução óssea? Há mais de um fator envolvido no processo de audição por condução óssea. Contudo, um fator preponderante a se considerar diz respeito às cavidades ressonantes presentes no interior do nosso corpo, tais como os pulmões e a boca. Basta colocarmos as mãos em diferentes partes do abdome e tórax para notarmos que neste último a vibração é mais facilmente sentida. Tal cavidade possui dimensões que facilitam a ressonância das frequências graves, conferindo à voz um ganho de intensidade nas frequências desta faixa que é percebido pelo ouvido através da condução óssea. Tal ganho nas frequências graves não é, contudo, captado por um equipamento externo. Uma experiência didática interessante para analisar este fenômeno pode ser facilmente realizada com alguns violões. Num primeiro passo, alguém toca o violão, tangendo as diversas cordas e pede para que o aluno ouça com atenção o som deste instrumento. Logo em seguida, pede para que o mesmo aluno ouça os mesmos sons, agora com a testa ou o queixo encostado na caixa do instrumento, e, assim, vai alternando a audição entre uma e outra situação. O aluno vai perceber que, quando encosta seu queixo ou testa à caixa do citado instrumento, a percepção que tem do som se modifica pois, no segundo caso, o ouvido experimenta não apenas a audição por condução aérea, mas também por condução óssea.

Uma interessante aplicação da audição por condução óssea na medicina pode ser ainda discutida no âmbito deste questionamento. Trata-se dos testes de audibilidade. Como sabemos, a audição humana está compreendida entre 20 e 20.000 Hz. A faixa dos graves está compreendida entre 20 e 512 Hz. A faixa dos médios entre 512 e 2048 Hz (zona de audição da palavra) e a faixa aguda entre 2.048 e 20.000 Hz. A faixa de frequência da fala se situa entre os médios. No teste de audibilidade, os médicos utilizam diapases 256, 512 e 1024 Hz, cujas frequências se situam, respectivamente, no início, no meio e no fim da faixa de frequência da voz humana. Colocando o diapasão na apófise mastóide, é possível diagnosticar se há alguma deficiência auditiva comprando o tempo de audição do paciente com os valores médios normais.

No caso da boca, as frequências ressonantes reforçam determinadas frequências que igualmente alteram a percepção do timbre de nossa voz. Esta discussão pode ainda levar a interessantes desdobramentos no ensino dos conceitos ligados a física e percepção do som. Na verdade, a voz registrada num gravador é a que está presente na memória tonal das pessoas. Quando escutamos a nossa voz gravada, este registro, por mais estranho que possa parecer, é o que as pessoas estão habituadas a ouvirem.

Com respeito aos aspectos psicológicos, 5% dos entrevistados caracterizaram a mudança a partir destes aspectos. É o caso de um aluno do 3º ano do ensino médio (particular) que afirmou que “a voz ficou mais forte.”, ou ainda de um aluno do 9º ano do ensino fundamental ao escrever que “[...] nesse caso minha voz saiu meio divertida e diferente.”. Apesar de sua ocorrência ter sido pequena, é muito comum as pessoas atribuírem tais caracterizações às experiências sonoras, tal como faz grande parte dos músicos ao considerar, por exemplo, melodias como sendo mais fortes do que outras ou arranjos harmônicos mais tristes ou alegres. Tais ligações de caráter metafórico podem se constituir em importantes elos para um ensino da acústica que contemple as várias disciplinas envolvidas.

A tabela 6 (abaixo) apresenta os quantitativos das respostas obtidas para a quinta questão, na qual os entrevistados foram requisitados a darem uma resposta para as causas da diferença entre a voz gravada e a real. Como podemos ver na citada tabela, a maioria dos entrevistados atribuiu a diferença a uma suposta limitação do equipamento, ou seja, a uma baixa fidelidade no processo de

digitalização do áudio, totalizando um percentual de 63%. Esta tendência é parte de um modelo explicativo do senso comum mais amplo, onde os atributos perceptivos do ser humano são tomados como perfeitos, enquanto que os processos de digitalização dos equipamentos possuem limitações, distorcendo o sinal captado. Numa situação problematizadora⁵, poder-se-ia indagar se alguém, ao ouvir a voz de uma pessoa conhecida, através de um gravador, perceberia alguma diferença. Em geral, as pessoas respondem que não. Este fato contradiz a suposta hipótese de que se trataria de um problema de fidelidade, o que poderia gerar interessantes debates em sala de aula. Na verdade, enquanto que a maior parte das pessoas não percebe que a audição é um processo psicofísico, no qual o ouvido não está desvinculado do restante do corpo, nem das experiências sonoras já vivenciadas, atribuem estas modificações a causas quase sempre externas, como sugere o resultado de nossa pesquisa. Outra observação importante é que há uma invariância na análise desta questão entre os grupos investigados. Apesar da instrução, a maioria dos indivíduos em todos os grupos levantou uma explicação apenas nos seus aspectos físicos, não considerando a existência da audição por condução óssea.

Tabela 6: Respostas referentes à questão 5

Padrões de respostas	Grupos				Total	%
	F9	MP	ME	PG		
Falta de qualidade do equipamento	11	14	16	3	44	54
Falta de qualidade do equip. e interferência ambiental	0	5	2	0	7	9
A diferença é apenas psicológica, perceptiva	0	2	2	0	4	5
Explicação consonante com a explicação científica	2	1	0	1	4	5
Audição não simultânea da fala	0	1	0	2	3	4
Concepção aproximada com a explicação científica	0	0	0	2	2	2
Atribuiu à mudança da voz na puberdade	1	0	0	0	1	1
Não respondeu	0	3	4	0	7	9
Não especificou	2	0	1	3	6	7
Não sabe	0	0	3	0	3	4
Total	16	26	28	11	81	

Outra inconsistência deste modelo explicativo preponderante na pesquisa diz respeito à suposta capacidade que as pessoas têm em perceber nuances de áudio, conferida a partir do momento em que percebem uma suposta limitação do gravador. É interessante registrar que a maior parte das pessoas não percebe as perdas das altas frequências de áudio (perda dos agudos) em muitas músicas em formato mp3 que estão disponíveis na internet. Quando digitalizamos na denominada qualidade de cd de áudio comercial (cda), o que equivale a uma taxa de amostragem de 44.100 Hz num padrão de 128 Kbps, o arquivo mp3 terá uma compressão média de 11 para 1, ou seja, um minuto de música terá aproximadamente um tamanho de 0,91 Mb. É o padrão mínimo aceitável. Contudo, para diminuir ainda mais o tamanho dos arquivos de áudio em mp3, as pessoas digitalizam em valores de taxa de amostragem menores para poderem diminuir o tempo de upload/download destes arquivos na internet. Em geral, utilizam a metade da taxa de amostragem (22.050 Hz) que resulta num padrão de 64 Kbps. Neste caso, conseguem uma compressão de 22

⁵ Aqui o termo problematização é utilizado no sentido emprestado por Paulo Freire no livro *Pedagogia do Oprimido* onde o autor afirma que “a educação que se impõe aos que verdadeiramente se comprometem com a libertação não pode fundar-se numa compreensão dos homens como seres “vazios” a quem o mundo “encha” de conteúdos; não pode basear-se numa consciência especializada, mecanicistamente compartimentada, mas nos homens como “corpos conscientes” e na consciência como consciência intencionada ao mundo. Não pode ser a do depósito de conteúdos, mas a da problematização dos homens em suas relações com o mundo.” (FREIRE, 1987, p. 38).

para 1 e um minuto de áudio resultará num tamanho médio de 0,45 Mb. Contudo, nesta taxa de amostragem, as frequências agudas não são digitalizadas e a música perde grande parte de seu brilho e beleza.

Na análise dos resultados, ocorreram duas explicações que guardaram certa semelhança com a explicação científica, ao considerarem a existência das audições por condução aérea e por condução óssea. Contudo, em tais explicações, a audição por condução óssea não é tratada como uma componente que irá se somar à componente aérea, mas, ao invés disto, tal componente interfere na audição real da nossa voz. Segundo um destes modelos, “o som que você escuta vindo de uma voz gravada seria diferente da que você ouve quando fala porque no segundo caso o som é modificado ao passar por ossos e músculos. Neste caso, o som sofre uma interferência, não sendo o original.”. Ao invés de considerar que as conduções óssea e aérea se somam, o modelo trata a condução óssea como um fator que interfere, atrapalhando a audição por condução aérea.

Com respeito às explicações consonantes com o modelo científico, os resultados da pesquisa mostraram que apenas 4 entrevistados desenvolveram modelos explicativos cientificamente consistentes. Um fato interessante é que dois dos quatro modelos foram desenvolvidos por alunos do 9º ano do ensino fundamental. Num destes modelos, o aluno afirma que “todos ouvem sua própria voz diferente do que as outras pessoas estão escutando. Acho que isso está relacionado ao nosso organismo, como se alguma coisa nos fizesse ouvir nossa voz diferente do que os outros.”. Como vemos, muito embora o aluno não tenha feito considerações acerca dos processos auditivos, fica clara a causa orgânica para a diferença. Também se aproxima de uma abordagem mais científica pelo fato de ter buscado uma linha de raciocínio na explicação do fenômeno. Uma preocupação semelhante é posta por um aluno da pós-graduação, ao afirmar “a princípio, poderia pensar que seria influência do aparelho, mas sei que essa não seria a justificativa mais adequada, visto que deve existir fatores fisiológicos capazes de explicar o fato.”. Novamente vemos a preocupação com a existência de um fator fisiológico envolvido, muito embora não esboce uma explicação em termos dos fatores físicos e fisiológicos envolvidos. Numa explicação dada por um aluno do 3º ano do ensino médio (particular), há a mesma preocupação acima, ao afirmar “[...] que essa diferença seja justamente porque a minha voz, que eu ouço não é a que os outros ouvem. Para quem me ouve ela seria igual a do microfone, por exemplo.”. Contudo, notamos que, mesmo nestas repostas com certo grau de familiaridade com a científica, há alguma fragilidade. Por exemplo, na transcrição acima, na qual o respondente afirma que “a princípio, poderia pensar que seria influência do aparelho, mas sei que essa não seria a justificativa mais adequada, visto que deve existir fatores fisiológicos capazes de explicar o fato.”, o entrevistado não identifica que fatores fisiológicos são estes. Em outra transcrição, temos que “todos ouvem sua própria voz diferente do que as outras pessoas estão escutando. Acho que isso está relacionado ao nosso organismo, como se alguma coisa nos fizesse ouvir nossa voz diferente do que os outros.”. Neste caso, novamente, o entrevistado não especifica que fatores orgânicos são estes.

Com respeito à análise da hipótese inicial, teceríamos dois comentários. Primeiro, como podemos verificar na tabela 6, 54% dos entrevistados atribuiu a diferença à falta de qualidade do equipamento e 9%, à interferência ambiental somada àquele fator, o que resulta num percentual total de 63%. Este resultado corrobora com a nossa hipótese inicial de que esta concepção do senso comum é preponderante. Como podemos ver ainda na citada tabela, apenas 5% dos entrevistados esboçou explicações concordantes com a científica.

Observando a distribuição dos quantitativos da resposta referente à falta de qualidade do equipamento nos grupos, vemos que há uma certa invariância. Onze dos 16 alunos do 9º ano optaram por tal resposta, o que equivale a um percentual de 69%. Entre os alunos do ensino médio, o percentual foi de 69%, enquanto que, no caso dos alunos de pós-graduação, o percentual foi de 27%. Tais resultados parecem sugerir que a explicação do senso comum persiste apesar da instrução em física e biologia, recebida pelos alunos do ensino médio. Quanto aos alunos de pós-graduação, observamos uma diminuição deste modelo explicativo em relação aos outros dois grupos.

CONCLUSÃO

A análise dos resultados da pesquisa levou-nos a refletir sobre, pelo menos, três pontos centrais da pesquisa em educação em ciências. Num primeiro aspecto, parte dos resultados parece apontar para reforçar a idéia de que as concepções alternativas são fortemente enraizadas e resistentes à mudança. Como vimos, não houve grandes diferenças entre as respostas dos estudantes iniciantes no estudo das ciências e as dadas pelos estudantes do ensino médio, havendo uma diminuição da ocorrência entre os alunos da pós-graduação. Num segundo aspecto, os resultados parecem apontar também para reforçar a característica da dificuldade da transferência dos conhecimentos aprendidos na escola para situações-problema que não guardem grande semelhança com aqueles problemas veiculados por professores e textos didáticos. Como vimos na análise da quinta questão, mesmo nas respostas que se aproximaram da científica, notamos uma certa fragilidade no uso dos conceitos envolvidos. Finalmente, a experiência tem mostrado que parte da dificuldade de se explicar os fenômenos cotidianos reside no fato de que as diversas disciplinas são ensinadas desvinculadas umas das outras. Os planejamentos escolares não incentivam a interdisciplinaridade e os estudantes não são encorajados pelos mestres ao exercício da transferência de conhecimentos, nem da análise crítica dos problemas através do exercício da adequação das diversas linguagens na explicação do mundo cotidiano.

REFERÊNCIAS

- ARRUDA, S. M.; VILLANI, A. Mudança conceitual no ensino de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 11, n. 2, p. 88-99, 1994.
- BARATTO, A. C. Ondas estacionárias longitudinais no tubo de chamas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 20, n. 1, p. 6-10, 1998.
- BASTOS, F. et al. Da necessidade de uma pluralidade de interpretações acerca do processo de ensino e aprendizagem de ciências: revisitando os debates sobre construtivismo. In: NARDI, R.; BASTOS, F.; DINIZ, R.E.S. (Orgs.). **Pesquisa em ensino de ciências: contribuições para a formação de professores**. São Paulo: Escrituras, 2004, p. 9-55.
- BLEICHER, L. et al. Análise e simulação de ondas sonoras assistidas por computador. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 129-133, 2002.
- BERANEK, L. L. **Acoustics**. New York: Acoustical Society of America, 1996.
- BORGES, A. T.; RODRIGUES, B. A. O ensino da física do som baseado em investigações. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 2, p. 1-24, 2005.
- DRIVER, R. **The pupil as scientist?** Philadelphia: Open University Press, 1983.
- _____. Student's conceptions and the learning of science. **International Journal of Science Education**, v. 11, special issue, p. 481 – 490, 1989.
- EVEREST, F. A. **The master handbook of acoustics**. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 2001.
- FOUREZ, G. Crise no ensino de ciências? **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 8, n. 2, p. 109-123, 2003.
- FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

HAJDA, J. **Teaching timbre: An empirical approach to music theory**. In Proceedings of the Sixth International Technological Directions in Musical Learning Conference, 6., 1999, San Antonio. **Proceedings...** San Antonio: Institute for Music Research, University of Texas at San Antonio, 1999. 1 CD-ROM.

HÜMMELGEN, I. A.. O clarinete - uma introdução à análise física do instrumento. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 13, n. 2, p.139 -153, 1996.

IDEAS PREVIAS: banco de dados de concepções alternativas. Disponível em: <<http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048/>>. Acesso em: 15 de agosto de 2009.

MELO, G. I. Produzindo ondas transversais em cordas de nylon. **A Física na Escola**, v. 8, n. 2, p. 31-35, 2007.

MERINO, J. M. Some difficulties in teaching the properties of sounds. *Physics Education*, v. 33, p. 101-104, 1998.

MONTEIRO JR, F. N.; MEDEIROS, A.J.; MEDEIROS, C.F. Matemática e música: as progressões geométricas e o padrão de intervalos da escala cromática. **Bolema**, v. 20, p. 101-126, 2003.

MONTEIRO JR, F. N. Distorções conceituais dos atributos do som presentes nas sínteses dos textos didáticos: aspectos físicos e fisiológicos. **Ciência & Educação**, v. 5, n. 2, p. 1-14, 1998.

MORENO, L. X.; LOPES, D.P.M.; STEIN-BARANA, A.C.M. Gramofone didático: quem quer ser DJ? **Física na Escola**, v. 8, n. 1, p. 43-44, 2007.

OPPENHEIM, A. V.; SCHAFER, R. W. **Discrete-time signal processing**. 2. ed. New Jersey: Prentice hall, 1998.

POSNER, G. J. et al. Accomodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. **Science Education**, v. 66, p. 211-227, 1982.

QUEIROZ, G.; AZEVEDO, C. A. A ciência alternativa do senso comum e o treinamento de professores. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 4, n. 1, p. 7-16, 1987.

SAAB, S. C.; BRINATTI, A. M. Laboratório caseiro: tubo de ensaio adaptado como tubo de Kundt para medir a velocidade do som no ar. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, p. 112-120, 2005.

SILVA, W. P.; SILVA, D. D. P. S.; SILVA, C. D. P. S. Um software para experimentos sobre batimento de ondas sonoras. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 1, p. 103-110, 2004.

TOMASINI, N. G.; BALANDI, B. P. Pupils conceptions: some implications for teacher training. In: International summer workshop: research on physics education, 1983, La Londe les Maures. Proceedings...La Londe des Maures: IPERC, 1983. 1 CD-ROM.

VIENNOT; L. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. **European Journal of Science Education**, v. 1, n. 2, p. 205-221, 1979.

WATKINSON, J. **An introduction to digital audio**. London: Focal Press, 1995.