

O USO DO APARELHO FONADOR PARA O ENSINO DE ONDAS SONORAS

THE USE OF HUMAN BODY TO THE TEACHING OF SOUND WAVES

Cláudia Santos do Nascimento¹
Shirley Takeco Gobara²

¹UFMS/DFI/cfisicaufms@yahoo.com.br

²UFMS/DFI/gobara@dfi.ufms.br

Resumo

Este trabalho apresenta os resultados obtidos na realização de uma atividade proposta para alunos de oitava série do ensino fundamental, com o objetivo de levá-los a construir um modelo mental que descreva a produção do som pelo aparelho fonador. Os alunos manipularam alguns objetos simples que emitem som, observaram seu próprio corpo no momento em que falavam e foi solicitado que explicassem sobre como se dava o processo de emissão de som em cada situação proposta na atividade. Analisando as respostas, verificamos que as terminologias utilizadas por eles são decorrentes de uma noção intuitiva do fenômeno ondulatório e sonoro. Alguns modelos explicativos sugeridos nas respostas dos alunos são descritos neste artigo. Com base nestes levantamentos, estamos propondo uma atividade com esses materiais, para ser aplicada em sala de aula visando a promoção da aprendizagem significativa e a compreensão da produção da voz pelos alunos.

Palavras-chave: som, ondas sonoras, voz, aprendizagem.

Abstract

This work presents the results obtained during the performance of an activity proposed to students from the eighth grade of the elementary school with the objective of inducing them to build a mental model which describes the production of the sound by the human body. The students manipulated some simple objects which emit sound, observed their own bodies while they were speaking and they were asked to explain how the process of sound emission was accomplished in each situation proposed in the activity. Analyzing the answers, it was observed that the terminologies they used are a consequence of an intuitive notion of the undulatory and sound phenomenon. Some explanatory models suggested in the student's answers are described in this article. Based on those surveys, we are proposing an activity with those materials which is going to be accomplished in the classroom in order to promote the significant learning and the understanding of the voice production by the students.

Key-words: sound, sound waves, voices, learning.

APOIOS: FUNDECT/MS E UFMS

1. INTRODUÇÃO

A fala é a linguagem mais usada pelos seres humanos para se comunicarem entre si. A voz é utilizada a todo o momento para efetivar esta comunicação. Existem muitas outras maneiras de comunicação além da fala, mas nossa cultura é voltada para as massas, por isso dá-se tanta ênfase a comunicação verbal. Mas, se a fala desempenha um papel tão importante em nossa cultura, de onde ela vem? O que é a voz? Como funciona o mecanismo gerador de nossa linguagem verbal? Qual a natureza do som que emitimos com tanta frequência? Estes são questionamentos que devem ser colocados aos alunos de forma a motivá-los à compreensão e ao estudo da anatomia do aparelho fonador e dos princípios físicos envolvidos na produção da voz.

A maioria dos livros didáticos não discute os fenômenos ondulatórios associados à voz e sua produção. Os que apresentam, muitas vezes, trazem conceitos distorcidos e desvinculados de qualquer aplicação prática, não havendo qualquer menção da relação desses conceitos com o do funcionamento do aparelho fonador, como observado em livros didáticos para ensino fundamental e médio, tais como “Ciências e Educação Ambiental” (Cruz, 2003), “Física, Ciência e Tecnologia” (Ferrado, 2001), “Física Fundamental” (Bonjorno, 1999).

Este trabalho tem como objetivo, propor uma atividade para ser aplicada aos alunos de sétima e oitava série do ensino fundamental que, ao serem submetidos a essa atividade, devem ser capazes de construir um modelo explicativo, modelo mental no sentido de Johnson-Laird (1983), que descreva a produção do som pelo corpo humano e, portanto, serem capazes de explicar a produção da voz. Os conceitos relacionados a essa atividade tratam das definições de ondas sonoras e suas características.

2. REFERENCIAIS DIDÁTICO-METODOLÓGICOS

As referências teóricas a serem apresentadas embasaram a elaboração e realização da atividade realizada com os materiais e as análises das respostas dos alunos que geraram os resultados a serem apresentados neste texto.

2.1 A Teoria Cognitivista de David Ausubel

Uma das teorias relevante para nossa pesquisa é a Teoria Cognitivista de *David Ausubel* (Moreira, 1999). Ausubel tenta explicar o processo de cognição assumindo o desenvolvimento cognitivo ou evolução do conhecimento no aprendiz como um processo no qual o conhecimento em questão é construído sobre estruturas cognitivas previamente determinadas. Ele usa o termo *estrutura cognitiva* como sendo uma estrutura hierárquica de conceitos. Para Ausubel, quando um conceito relaciona-se de forma efetiva com outros conceitos contidos na estrutura cognitiva do aluno, ocorre a chamada *aprendizagem significativa*. Estes outros conceitos já existentes na estrutura do aluno, necessários à aprendizagem, são chamados de *subsunçores*. Desta forma o novo conceito se ligará aos subsunçores e será incorporado a uma estrutura mais abrangente de conceitos.

Em nossa pesquisa preliminar, procuramos fazer justamente o levantamento destes subsunçores, ou seja, procuramos nas explicações dos alunos, por meio de entrevistas com alunos voluntários, aquilo que eles já conheciam para que, partindo desses conhecimentos elaborar atividades ou situações que possibilitem a aprendizagem significativa dos conceitos relacionados aos fenômenos ondulatórios.

2.2 A Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird

Um outro referencial que julgamos importante para a análise das produções dos alunos é a Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird. Modelos Mentais são representações internas de informações que correspondem ao mundo real. Apesar de fazerem uma representação que nem sempre é completamente fiel ao mundo real, estes modelos mentais são funcionais, ou seja, embora limitados, descrevem o mundo de forma satisfatória para o sujeito que os concebem.

A teoria de modelos mentais de Johnson-Laird (1983) diz que nossa habilidade em dar explicações está diretamente ligada à nossa compreensão daquilo que é explicado, e para compreender qualquer fenômeno ou estado de coisas, precisamos ter um modelo funcional dele. Estes modelos permitem ao sujeito compreender fenômenos e eventos. Alguns desses modelos são concebidos por meio de interações com o meio, com outras pessoas, e/ou pelas experiências sensoriais. Portanto, não existe um único modelo mental para um determinado estado de coisas.

As representações mentais podem existir na forma de representações proposicionais, modelos mentais e imagens. Representações proposicionais são cadeias de símbolos que correspondem à linguagem natural, modelos mentais são análogos estruturais do mundo e imagens são correlatos perceptivos dos modelos sob um particular ponto de vista. (Johnson-Laird, 1983, p.165, In: Moreira e Lagreca 1999).

Um outro conceito relevante é o de *modelo conceitual* que consiste em um modelo preciso, consistente e completo que é elaborado por pesquisadores e/ou grupos de interesses para facilitar a compreensão de sistemas físicos que são usados para determinados fins econômicos e/ou para o ensino. Os modelos mentais são modelos que as pessoas criam para explicar os fenômenos ou sistemas físicos. Esses modelos, em geral, têm validades restritas, não são precisos como o modelo conceitual, mas devem ser funcionais. Estes modelos mentais são gerados por indivíduos ao serem solicitados para explicar um determinado fenômeno ou resolver um problema em que os modelos conceituais não foram assimilados. Assim, para identificar modelos mentais de outras pessoas é necessário compreendermos como estes modelos mentais são organizados na mente das pessoas.

Com a atividade proposta neste trabalho, buscamos identificar a ocorrência de possíveis modelos mentais, nas explicações dos alunos, sobre a produção da voz, ao final da atividade realizada, na interação com os objetos fornecidos a eles, e na observação do próprio corpo.

3. LEVANTAMENTO DAS EXPLICAÇÕES DOS ALUNOS

Uma pesquisa preliminar foi realizada para verificar o que os alunos pensam sobre ondas sonoras e produção da voz. Foram feitas entrevistas com alguns alunos voluntários (Gobara e Nascimento, 2005). Os resultados destas entrevistas mostraram que, embora eles desconheçam as terminologias científicas usadas para definirem alguns conceitos relacionados às propriedades e a natureza do som, eles usam terminologias decorrentes da interação com o meio cotidiano, como por exemplo, “som fino e som grosso”, “cordas da voz”, “tremar”, entre outras para explicá-los.

Alunos que já possuem uma vivência com a música ou com algum tipo de instrumento sonoro apresentaram conceitos mais elaborados, portanto possuem um “amadurecimento” conceitual maior em relação aos outros, o que pode facilitar a aprendizagem dos conceitos de ondas sonoras e de produção da voz.

A maioria dos alunos associou a produção do som com a vibração dos objetos manuseados, e não identificou o som como uma onda porque eles não conheciam este conceito, mas apresentaram uma noção intuitiva (transporte de matéria) ao associá-lo ao deslocamento do ar. Eles apresentaram também algumas das propriedades do som como altura, intensidade, etc, porém sem utilizar essas terminologias (op. cit., 2005).

Com base nestes levantamentos e estudos, realizamos uma pesquisa para investigar as potencialidades de uma atividade que usa esses materiais citados. Essa atividade foi realizada em uma escola da rede pública. Descreveremos como foram desenvolvidas as situações propostas que fizeram parte desta atividade que se constituiu no nosso objeto de investigação.

4. DESENVOLVIMENTO DA ATIVIDADE E ANÁLISE DAS RESPOSTAS

Realizamos uma pesquisa qualitativa para verificar a eficácia de uma atividade aplicada com 35 alunos da 8ª série do Ensino Fundamental da Escola Municipal Domingos Gonçalves Gomes no dia 21 de fevereiro de 2006. A atividade consistia na manipulação de objetos e na observação do próprio corpo, organizada por um roteiro elaborado para investigar como os alunos, ao realizar esta atividade, passariam a explicar a produção da voz.

A escolha destes alunos se deu pelo fato de se tratar de um grupo com o qual já se havia trabalhado o conteúdo de corpo humano, em específico o aparelho respiratório, mas que ainda não haviam tido qualquer contato com os conteúdos de física, abordados na 8ª série.

Os objetos utilizados na atividade foram: uma corneta de fole, uma caixa com cordinha de dinheiro e uma bexiga.

A questão de investigação foi saber se a atividade de manipulação de objetos e a observação do próprio corpo podem provocar mudanças no modelo explicativo dos alunos para o fenômeno da produção da voz.

Para a realização da atividade os alunos se organizaram em duplas e um roteiro foi entregue a cada aluno para orientá-los. Esse roteiro continha uma breve introdução com um texto citando os principais órgãos do aparelho fonador ilustrados por uma figura.

A atividade foi dividida em quatro etapas. Na primeira pedimos para os alunos explicarem como era produzida a voz. Na segunda os alunos manusearam os objetos fornecidos a eles descrevendo o funcionamento de cada um deles. Na terceira parte eles observaram o comportamento do próprio corpo no momento em que emitiam som. Na quarta e última etapa, o aluno deveria explicar como era produzida a voz levando em conta as observações realizadas nas etapas anteriores da atividade.

Desta forma, foi possível observar os processos de construção de conceitos desenvolvidos pelos alunos durante a realização da atividade, possibilitando avaliarmos se houve ou não uma evolução no modelo explicativo descrito pelo aluno no início da atividade, comparado com o modelo externado por eles na última etapa.

Não esperávamos que com apenas essa atividade os alunos explicassem de forma detalhada cada parte do processo de produção da voz, mas que, ao término dela, eles fossem capazes de descrever como os principais órgãos do aparelho fonador participam da produção da voz e identificar a necessidade de um padrão de vibração das pregas vocais.

Descreveremos agora cada etapa da atividade com as questões propostas no roteiro, as respostas dadas pelos alunos e a análise das respectivas respostas. Os alunos serão referenciados como A1, A2, A3, etc.. As respostas dos alunos foram agrupadas de maneira decrescente como “a”, “b”, “c”, etc., em função da concordância do modelo explicativo identificado nas respostas dos alunos com o modelo conceitual.

4.1 Primeira Etapa

Iniciamos a atividade introduzindo uma pergunta para levantar os conceitos e explicações prévias desses alunos:

Você tem vários objetos de diferentes materiais. Antes de manuseá-los, faça um desenho ou explique com suas palavras como a voz é produzida.

As respostas obtidas foram agrupadas da seguinte maneira:

- a) 21 alunos responderam que “*a voz sai por causa das cordas vocais e do ar*”.
- b) 7 alunos apenas transcreveram o texto ou o desenho contidos na introdução do roteiro.
- c) 2 alunos responderam que “*a voz é produzida pela língua*”.
- d) 5 alunos não responderam.

A maioria dos alunos respondeu corretamente que o ar e as pregas vocais contribuem para a produção da voz, mas não disseram como isto ocorre. O modelo explicativo encontrado na maioria das respostas dessa primeira etapa é aquele em que o ar sai do organismo e as pregas vocais geram som, não apresentando o conceito de que o ar passa pela laringe e faz vibrar as pregas vocais e é essa vibração que gera o som. Neste modelo, as pregas vocais são capazes de produzir som independente da passagem de ar pela laringe. Chamaremos esse modelo mental de Modelo das Pregas Vocais Independentes. Essa resposta se justifica porque na sétima série não foi ministrado como se dá a produção da voz, mas apenas sobre o aparelho respiratório. Além disso, os livros didáticos utilizados nesta escola pelos alunos que realizaram a atividade nada falam sobre conceitos de som e fonação.

O aluno A1 explicou de modo claro o funcionamento do aparelho fonador quando respondeu que “*a voz é produzida pelo aparelho fonador que é composto por vários órgãos. A voz começa no diafragma com o ar e vai para o pulmão e se transforma em som nas pregas vocais e vem pela cavidade de ressonância produzindo a voz*”. Mas quando ele diz que “*a voz começa no diafragma*”, ele sugere um modelo em que o som começa a ser emitido no diafragma. O correto seria dizer que o ar é expelido dos pulmões para a laringe pelo diafragma. Chamaremos esse modelo de Modelo do Diafragma.

As terminologias usadas pelos alunos são originárias de modelos explicativos, mentais, baseados na percepção das pessoas e na linguagem do cotidiano, “som fino e som grosso”, “cordas da voz”, “cordas vocais”, “tremor”, entretanto alguns termos utilizados são cientificamente corretos. Essas terminologias também haviam sido encontradas nos resultados apresentados no artigo “De onde vem o som da Voz?” (Op. cit., 2005).

Um problema encontrado no uso dessas terminologias do cotidiano é que, alguns alunos, quando entram em contato com as terminologias científicas nem sempre as relacionam com o modelo mental já existente. Eles acabam tratando as terminologias científicas como um novo conceito, construindo assim um novo modelo explicativo que se confronta com o modelo mental já existente. Um exemplo disso é a resposta dada pelo aluno A2: “*A voz sai pelas cordas vocais da boca ai sai a nossa fala. Também a nossa fala sai pelas pregas vocais*”. Outro exemplo é a resposta do aluno A3: “*A voz é produzida pelas cordas vocais junto com o aparelho fonador: nariz, boca, laringe, cavidades de ressonância, pregas vocais, pulmões e diafragma*”. Percebemos que não foi feita qualquer relação entre os termos “cordas” e “pregas” vocais, mas a terminologia “pregas vocais” é tratada por estes alunos como a descrição de um novo conceito.

4.2 Manuseio dos Objetos

4.2.1 Corneta de Fole:

O primeiro objeto a ser manuseado pelos alunos foi uma corneta de fole. No roteiro estavam as seguintes orientações:

Pressione o fole da corneta de torcida. Coloque uma das mãos na boca da corneta e descreva o que acontece enquanto a corneta emite som. Observe as partes internas e externas da corneta e explique como o som é produzido por ela.

As respostas foram agrupadas da seguinte maneira:

- a) 10 alunos atribuíram o som emitido à passagem de ar pela palheta.
- b) 11 alunos responderam apenas que o som da corneta se dá pela pressão do ar no fole.
- c) 2 alunos responderam que “sai um som agudo”.
- d) 1 aluno respondeu apenas que a corneta vibrou.
- e) 2 alunos relacionaram o funcionamento da corneta com o do aparelho fonador.
- f) 4 alunos responderam apenas que sai ar da corneta, não fazendo qualquer menção a produção do som.
- g) 3 alunos responderam que “o som saiu abafado”
- h) 2 alunos não responderam.

Dez alunos perceberam a existência das palhetas no interior da corneta. Um exemplo disso é o relato feito pelo aluno A4 onde ele diz que “*sai ar da corneta e vibra e através do ar que é acumulado e da pressão que é feita quando apertamos o fole e o ar passa por um objeto parecido com um apito*”. Ele comparou a palheta com um apito e atribuiu a ela a emissão do som da corneta, mas onze alunos descreveram apenas a necessidade da passagem do ar pela corneta para que ela emita som, sem fazer referência ao fato de que o que gera o som é a vibração da palheta. Esse modelo é exatamente oposto ao Modelo das Pregas Vocais Independentes, pois neste modelo o ar produz som sem precisar provocar a vibração de um corpo. Chamaremos este modelo de Modelo do Ar Independente.

Apenas dois alunos relacionaram o funcionamento da corneta com o do aparelho fonador comparando a parte estreita da corneta com a garganta. A5 disse que “*a parte que liga o sanfonado à boca da corneta se parece com uma garganta e quando pressionamos a parte sanfonada sentimos um ar saindo da corneta e emite um som*”. Embora essa relação entre a corneta e o corpo humano não tivesse sido solicitada nesta etapa, achamos importante que já nesta etapa da atividade os alunos tentaram relacionar os objetos com o corpo humano, pois esta relação só estava prevista para a última etapa da atividade.

O fato de três alunos terem dito que o som sai abafado é porque eles colocaram a mão na boca da corneta, e não na lateral. Eles não apresentaram um modelo explicativo para o funcionamento da corneta de fole.

4.2.2 Caixa com Borrachas de Dinheiro:

Nesta etapa, os materiais fornecidos aos alunos foram três borrachas de dinheiro e uma caixa quadrada com lado de aproximadamente 10cm e altura de 5cm. O roteiro apresentava as seguintes orientações:

Você tem três borrachas de dinheiro. Prenda uma delas na caixa sem tampa, como mostra a Figura 2:

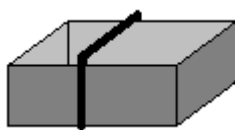


Figura 2 - Borracha de dinheiro presa na caixa

Mecha a borracha até que você consiga ouvir um som, como em um violão. Coloque as outras duas borrachas lado a lado, prendendo-as de forma a deixá-las mais esticadas que a anterior. Os sons das borrachas são iguais? Se sua resposta for “não”, explique a diferença entre os sons.

As respostas foram agrupadas da seguinte maneira:

- a) 10 alunos responderam relacionando a borracha mais esticada como som mais agudo e a borracha menos esticada com o som mais grave.
- b) 4 alunos responderam que os sons são diferentes porque uma borracha está mais esticada que a outra.
- c) 5 alunos relataram que um som é mais agudo e o outro é mais grave.
- d) 5 alunos responderam apenas que os sons “são diferentes”.
- e) 6 alunos responderam que a diferença do som é causada pela diferença na posição entre as cordas.
- f) 4 alunos responderam que os sons são iguais.
- g) 1 aluno não respondeu.

Nesta parte encontramos um grande número de terminologias utilizadas pelos alunos para descreverem os sons agudos e graves tais como “fino e grosso”, “alto e baixo”, e “maior e menor”. Algumas dessas terminologias utilizadas não são cientificamente corretas, mas apesar dessas terminologias variadas, eles apresentaram um modelo mental coerente com o modelo conceitual para a variação percebida na frequência. Isso pode ser notado na resposta do aluno A6: “a borracha mais esticada faz um som mais fino e a borracha menos esticada faz um som mais grosso”.

Os quatro alunos do grupo “b” também perceberam que o som emitido depende da tensão na borracha, mas não fizeram a relação entre frequência e tensão. Já os alunos do grupo “c” não apresentaram um modelo explicativo para a diferença entre os sons, embora tenham notado que um som é mais agudo e o outro é mais grave, não descrevendo a dependência da frequência em relação à tensão. Chamaremos este modelo de Modelo da Frequência Independente.

As pessoas possuem percepções sonoras diferentes e, portanto, existem aquelas que não são capazes de diferenciar sons com frequências próximas. Se o aluno deixar as borrachas com tensões aproximadamente iguais, e se não possuir uma habilidade de percepção musical, ele pode não notar qualquer diferença entre a altura dos sons. Um ambiente muito ruidoso certamente atrapalha a análise dos sons emitidos pelas borrachas. Possivelmente estes foram os fatores que levaram quatro alunos a responderem que os sons eram iguais.

4.2.3 Bexiga:

O terceiro objeto que foi manipulado pelos alunos foi uma bexiga. Cada aluno recebeu uma bexiga e no roteiro havia a seguinte orientação:

Encha a bexiga. Pressione o anel (boca) da bexiga com os dedos para que o ar não saia. Estique o anel da bexiga até que uma pequena quantidade de ar comece a sair. O que acontece quando o ar começa sair? O que acontece com o som se você esticar um pouco mais o anel da bexiga?

As respostas foram agrupadas da seguinte maneira:

- a) 19 alunos responderam que “cada vez que estica sai um som mais fino”.
- b) 2 alunos responderam que “o som fica mais forte”.
- c) 2 alunos responderam apenas que “o som fica diferente”.
- d) 2 alunos responderam que “passa o ar pelo anel e ai sai som”.
- e) 7 alunos responderam apenas que “sai som”.
- f) 3 alunos não responderam.

Observando os diferentes sons emitidos pela bexiga e já tendo passado pela atividade da caixa com as borrachas, a grande maioria dos alunos não encontrou dificuldades em relacionar o som agudo com o fato do anel da bexiga estar esticado. Isso pode ser uma evidência de que eles perceberam a relação direta da tensão no anel da bexiga com a altura do som.

Os alunos que descreveram o som mais agudo com o termo “forte” demonstraram uma concepção intuitiva em que o som mais agudo é mais intenso. Ou seja, para estes alunos, a intensidade do som possui uma dependência direta com a frequência sonora. O conceito de amplitude não foi externado nas respostas dadas pelos alunos. Chamaremos este modelo explicativo de Modelo Intensidade Frequência.

Dois alunos perceberam que para sair som da bexiga é necessário que o ar saia, mas não relataram a necessidade da vibração do anel da bexiga para que haja som. Encontramos novamente aqui o Modelo do Ar Independente. Os outros não apresentaram um modelo explicativo claro de como a bexiga emite som.

4.3 Observação do Próprio Corpo

4.3.1 Garganta:

Nesta etapa, o aluno foi levado a observar o próprio corpo no momento em que seguia as instruções contidas no roteiro:

Pronuncie algumas palavras colocando uma de suas mãos na garganta e outra na nuca. Qual a diferença entre estas duas regiões enquanto você fala? Qual é o motivo dessa diferença?

As respostas foram agrupadas da seguinte maneira:

- a) 8 alunos responderam que “na nuca não vibra e na garganta vibra porque as cordas vocais estão na garganta”.
- b) 15 alunos responderam que “na garganta vibra e na nuca não vibra”.
- c) 3 alunos responderam que “quando colocamos a mão na garganta sentimos um som um pouco alto e quando colocamos a mão na nuca o som é menos”.
- d) 6 alunos responderam que “a voz ficou um pouco rouca”.
- e) 1 aluno respondeu que não sentiu nada.
- f) 2 alunos não responderam.

Os oito alunos do grupo “a” compreenderam que o que gera a sensação de vibração são as pregas vocais, descrevendo corretamente que são elas que vibram para que a voz seja emitida.

Quinze alunos disseram apenas que havia uma diferença entre as sensações notadas na nuca e na garganta no momento em que pronunciavam algumas palavras, mas não responderam qual o motivo dessa diferença, apesar do roteiro questionar de forma direta qual era o motivo dessa diferença. Isso pode ter ocorrido pelo fato de terem sido colocadas várias perguntas sequenciais, dando margem para que os alunos esquecessem de responder alguma das questões propostas.

Seis alunos apertaram demais a garganta no momento em que executavam a atividade por isso tiveram a sensação de que a voz havia ficado rouca no momento em que falavam com a mão na garganta. Na preparação do roteiro, foi tomado o cuidado de não se utilizar a expressão cordas vocais e sim pregas vocais, mas mesmo assim os termos utilizados pelos alunos para se referirem as pregas vocais foram “cordas vocais” ou “cordas da voz”. Essa é uma terminologia usual e que se revelou muito forte nas respostas dadas pelos alunos. Embora não fazendo uso do termo científico correto, os alunos expressaram um modelo explicativo coerente com o modelo científico de produção da voz. Um exemplo disso é o relato do aluno A7 dizendo que “*a garganta vibra e a nuca não, pois as cordas vocais ficam na região da garganta e elas se movimentam*”. Vale ressaltar que o uso dessas terminologias do dia-a-dia pode servir de obstáculo para a aprendizagem quando a terminologia científica é recebida como um novo conceito, sem relacionar com aquilo que o aluno já sabe, de acordo com a teoria ausubeliana.

Os termos utilizados para expressar a vibração da garganta bem como dos outros objetos foram “vibrou”, “tremeu”, “mexeu”, “balançou” e “se movimentaram”. Nesta parte da atividade em especial, o termo “vibrou” apareceu com uma frequência maior que nas outras etapas.

4.3.2 Barriga:

A última etapa da atividade consistia na observação do movimento da barriga no momento em que se faz uso da fala. A instrução dada foi esta:

Agora você deve pronunciar palavras como por exemplo: fada, vida, vigor, etc., em voz alta, colocando uma de suas mãos na barriga. O que acontece com sua barriga no momento em que você fala? Por que isso acontece?

As respostas foram agrupadas da seguinte maneira:

- a) 9 alunos responderam que “quando falamos o ar sai da barriga e por isso a barriga meche”.
- b) 16 alunos responderam que “a barriga mexe porque sai ar”.
- c) 5 alunos responderam que sentiram nada.
- d) 1 aluno respondeu que “a barriga mexe por causa do aparelho fonador”.
- e) 1 aluno respondeu que “a barriga mexe por causa das pregas vocais”.
- f) 3 alunos não responderam.

Essa parte da atividade foi proposta para que o aluno pudesse perceber que para emitirmos um som, é necessário que o ar da barriga seja expelido pelo músculo diafragma, com isso a barriga murcha como uma bexiga. Os alunos do grupo “a” mostraram bem esse modelo conceitual. Já o grupo “b” não relacionou o movimento percebido na barriga com a fala, mas apenas com a saída de ar.

Um problema para esta parte da atividade é que a grande maioria das pessoas apóia sua respiração de maneira errada na caixa peitoral e não utilizam o diafragma para expelirem o ar. Isso produz um levantamento da caixa peitoral no momento em que se inspira para falar. Na verdade o que ocorre é que elas apóiam o ar inspirado na a caixa peitoral e não na a região do baixo ventre, que é o correto, por isso o efeito de movimento da barriga no momento da fala não

pode ser observado. Por este motivo, cinco alunos responderam que sentiram nada enquanto falavam.

Os alunos que usaram as terminologias “aparelho fonador” e “cordas vocais” demonstraram não terem compreendido o que são esses dois conceitos e fizeram uso deles apenas para responder a questão proposta no roteiro. Eles não apresentaram um modelo explicativo para a produção da voz.

4.4 Discussão

No princípio dessa atividade, os alunos foram orientados a explicar como a voz é produzida pelo corpo humano. Após terem manuseado os objetos e observado o próprio corpo, foi proposta uma última etapa da atividade na qual o aluno recebeu as seguintes orientações:

Usando as informações obtidas nas atividades e na figura 1, explique através de um desenho ou com suas palavras como é produzida a voz humana.

As respostas foram agrupadas da seguinte maneira:

- a) 5 alunos relacionaram a produção da voz com o ar que faz vibrar as pregas vocais.
- b) 5 alunos responderam que a voz é produzida pela prega vocal.
- c) 5 alunos responderam que a voz é produzida por causa do ar que passa pelo aparelho fonador.
- d) 4 alunos responderam que a voz é produzida pelos órgãos do aparelho fonador, sem fazer qualquer citação direta das pregas vocais.
- e) 2 alunos responderam que “a voz é produzida com a ajuda do diafragma e dos outros órgãos do aparelho fonador”.
- f) 14 alunos não responderam.

Lembramos que a metodologia de pesquisa foi baseada na comparação entre as respostas dadas na primeira e na última etapa. Na primeira etapa, fizemos um levantamento das explicações dadas pelos alunos para a produção da voz. Nesta última etapa, investigamos se houve mudança na maneira do aluno explicar a produção da voz e se as terminologias usuais utilizadas no princípio se mantiveram ou foram substituídas por outras utilizadas cientificamente. Com isso foi possível verificar o efeito da manipulação dos objetos e da observação do próprio corpo, feitos durante a realização da atividade, na construção da explicação dada pelos alunos para o processo de produção da voz.

O grupo “a” compreendeu que a voz é produzida pela vibração das pregas vocais causada pelo ar, apresentando um modelo mental coerente com o modelo conceitual como relatou A8 quando disse que *“o ar que passa pelas cordas vocais faz elas tremerem e isso produz o som da voz”*. Um modelo semelhante a este aparece nas respostas do grupo “b”, mas eles mencionam somente respostas semelhantes ao aluno A9 dizendo que *“a voz é produzida pelas cordas vocais”*, não explicando como é produzida a voz. Este é o Modelo das Pregas Vocais Independentes. Os alunos que responderam que a voz é produzida pelo ar que passa pelo aparelho fonador apresentaram o Modelo do Ar Independente.

Algumas terminologias técnicas, como “diafragma”, “pregas vocais”, “aparelho fonador” e “pressão do ar” e “vibrar”, foram inseridas nas respostas. Eles perceberam que o processo de fonação não se resume apenas na passagem de ar pela laringe, mas por um mecanismo um pouco mais complexo. Alguns dos alunos que não responderam esta etapa demonstraram um desinteresse na realização da atividade, 16 alunos não haviam respondido alguma das etapas anteriores da atividade.

5. CONCLUSÃO

De posse das análises acima, verificamos que antes da atividade a voz era relacionada apenas com as pregas vocais. Após a realização das atividades, a emissão de som foi relacionada de maneira mais direta com o ar, pois antes eles responderam que “*a voz é produzida pelas cordas vocais*”(A9), apresentando o Modelo das Pregas Vocais Independentes, e depois de realizarem a atividade apenas cinco alunos mantiveram este modelo explicativo. Em consequência dessa relação entre som e ar, encontramos o Modelo do Ar Independente, onde o ar produz som sem produzir vibração.

Um outro modelo encontrado foi o Modelo do Diafragma, que sugere que o som começa ser emitido desde o diafragma até as cavidades de ressonância. Este modelo explicativo foi relatado na primeira etapa da atividade e depois não foi mais encontrado. A atividade realizada contribuiu de forma a confrontar esse modelo, possibilitando ao aluno a construção de um modelo mental mais coerente com o modelo científico.

Algumas terminologias usuais foram substituídas por terminologias técnicas, tais como “barriga” por “diafragma”, “barulho” por “som”, “tremor” por “vibrar”, “cordas da voz” por “pregas vocais”. Alguns termos técnicos também foram inseridos nas respostas como “Aparelho Fonador” e “pressão do ar”. Vale ressaltar que embora eles tenham feito uso destes termos, não podemos garantir se eles realmente tenham compreendido esses conceitos.

Parte desta ausência de terminologias, conceitos e modelos explicativos relacionados a produção da voz vem do fato de que os livros didáticos utilizados por eles (Cruz, 2003), não abordam os conceitos de aparelho fonador, produção da voz ou som, e conseqüentemente, os professores não ministram este conteúdo no ensino fundamental.

Percebemos uma evolução nos modelos explicativos externados pelos alunos, a partir da elaboração de um modelo funcional, no sentido de Johnson-Laird, representados pelos modelos identificados na explicação dos alunos para a produção da voz. Estes modelos foram concebidos durante a realização da atividade, por meio das experiências sensoriais adquiridas com o manuseio dos objetos disponibilizados, atingindo assim o objetivo da atividade.

A atividade proposta neste trabalho de pesquisa sugere então que é possível introduzir a noção de ondas sonoras utilizando os conceitos de produção da voz e fazer uma ponte entre o conteúdo de ciências visto na sétima série do ensino fundamental, referente ao aparelho respiratório e fonador. Com isso, propomos uma nova metodologia de introdução ao conteúdo sobre ondas sonoras para ser ministrado na oitava série do ensino fundamental, partindo da utilização dos conhecimentos prévios sobre aparelho fonador e respiratório para uma explicação física sobre a origem da voz.

6. REFERÊNCIAS

Bonjorno, José Roberto; Bonjorno, Regina A.; Bonjorno, Valter; Ramos, Clinton Márcico. *Física Fundamental*: volume único. São Paulo: FTD, 1999. 672 p.

Cruz, Daniel. *Ciência & Educação Ambiental*. Editora Ática. 2003.

Ferrado, Nicolau Gilberto; Penteado, Paulo Cesar Martins; Soares, Paulo Toledo; Torres, Carlos Magno. *Física ciência e tecnologia*: volume único. São Paulo, Moderna, 2001, 665p

Gobara, S. T. Nascimento, C. S. “*De Onde vem o Som da Voz?*” In: Atas do V Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação em Ciências -V ENPEC – Bauru. 2005,

Gobara, S. T. *Perfil Conceitual e situação-problema. Uma contribuição para o processo de aprendizagem da noção de periodicidade em Física..* In: VII Conferência Inter-americana sobre Educação em Física., 2000, Canela. Atas do VII IACPE. Porto Alegre : UFRGS, 2000. v. 01. p. 01-02.

Johnson-Laird, P. N. *Mental Models*, Cambridge: Cambridge Universit Press, 1983.

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

Moreira M. A., Lagreca, M. C. B. Tipos de Representações Mentais Utilizadas por Estudantes de Física Geral na Área de Mecânica Clássica e Possíveis Modelos Mentais Nessa Área. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 21, no. 1, Março, 1999.