

F-609 – TÓPICOS DE ENSINO DE FÍSICA

RELATÓRIO FINAL

Áudio Binaural



Aluno: Fábio José Muniz Cursino
(fabiaofisico@gmail.com)

RA 032586

Orientador: Ernesto Kemp (kemp@ifi.unicamp.br)

Coordenador: José J. Lunazzi

Finalizado em 05/06/2011

1. Resultados atingidos

(Os arquivos de áudio estão anexos.)

Durante as várias gravações enviei ou apresentei pessoalmente as gravações para amigos que me retornaram um resultado muito positivo. Sem exceção, todos ficaram impressionados com as gravações, mesmo se comparadas com as já existentes na internet, realizadas com dispositivos bem mais caros e sofisticados. Ao todo foram gravadas mais de 3h30min de áudio divididos em gravações em movimento como caminhada, pedalada, passeio de carro, sons de riacho, de pássaros e gravações estáticas como testes de localização sonora no espaço e simples conversas com outras pessoas. Os áudios não sofrem nenhum tipo de tratamento ou modificação após a gravação.

Quando reproduzi as gravações feitas em movimento, percebi que a clareza da localização de fontes sonoras fica mais difícil. Parei para pensar e concluí que a causa são os movimentos da cabeça durante essas gravações. Ao escutar esses áudios estamos geralmente com a cabeça parada e na vertical, o que não condiz com a gravação em certos momentos. Por exemplo, ao andar de bicicleta a cabeça não fica exatamente na vertical, mas um pouco inclinada para baixo e as vezes virada para os lados e também para baixo. Ao se escutar esse áudio, tem-se a impressão dos sons estarem vindo de direções estranhas ao senso comum. Isso ocorre porque estamos sem o auxílio da visão e não estamos acostumados a executar ações no dia-a-dia sem ela. Talvez esses tipos de áudio sejam mais claros para pessoas que **perderam** a visão e acabam desenvolvendo a audição como ferramenta essencial para “enxergar” o ambiente a sua volta. Para que essa sensação de estranheza seja diminuída, ao se escutar um áudio desses deve se levar em consideração o posicionamento da cabeça, e se imaginar fazendo aquilo proposto pelo áudio.

Os microfones me surpreenderam novamente ao conseguir captar não somente as ondas sonoras que chegavam aos meus ouvidos, mas também vibrações cranianas com notável intensidade. Este era um ponto que ficaria de fora do projeto, já que os microfones não estão em contato com ossos do crânio e não foi previsto que conseguissem capturar tais sons.

A minha própria voz gravada por eles é de grande fidelidade, ou seja, quando outras pessoas ouvem essa voz gravada, na verdade estão ouvindo a minha voz muito similarmente ao modo como eu mesmo escuto minha voz! Nunca ninguém ouviu minha voz como eu a escuto! Até agora! A fidelidade ao ouvido humano é excelente.

2. Fotos da experiência

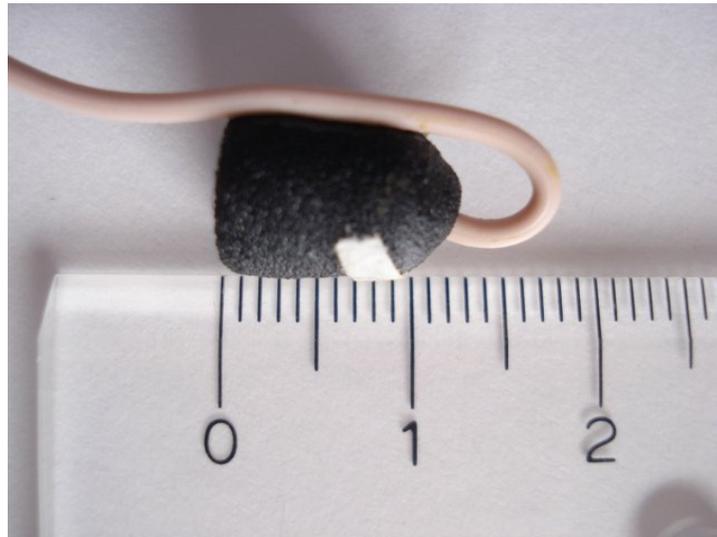


Figura 1 – Dimensão do microfone e modificação do fio(colado a estrutura na parte superior)

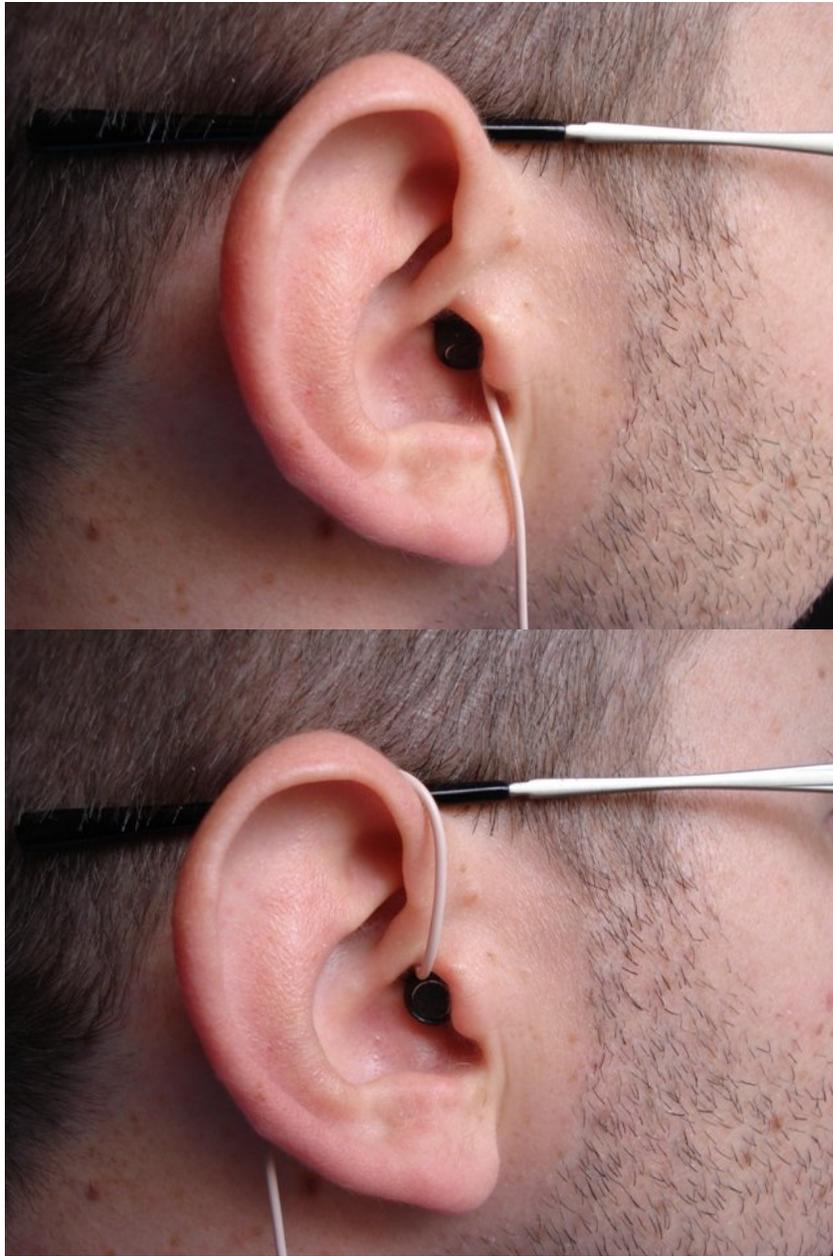


Figura 2 – Posicionamentos do microfone dentro do ouvido: na foto superior o microfone aponta muito para baixo e na foto inferior aponta na horizontal.



Figura 3 – Gravador (laptop) com microfones e fones de ouvido

3. Dificuldades encontradas

Antes de pesquisar sobre o assunto achei que seria fácil conseguir os microfones. Mas não é. Eles devem ser feitos de modo que reproduzam o mais fielmente possível a sensibilidade do ouvido humano. E não achei nada aqui no Brasil. Aliás, o assunto de gravação binaural é muito pouco difundido, até mesmo na internet. Acabei importando um par de microfones. Levaram mais de um mês para chegar e o custo não é dos menores. Saíram por US\$100,00 com frete.

Outra coisa foi achar um gravador digital estéreo. Por acaso descobri que meu laptop grava com 2 canais de áudio independentes e estou utilizando ele. Também não é muito prático sair com ele nas costas para gravar.

No meu caso não tive problemas, mas pode ser que o tamanho do microfone impossibilite a utilização por pessoas com canal auditório mais estreito.

Quando fui realizar gravações andando de bicicleta o som do vento se tornou um problema. Ele ficava muito intenso. Recortei uma espuma e fiz tipo um “cobertor” para o canal auditório na tentativa de impedir o ruído. Mas foi sem sucesso. Então tentei colocar o microfone mais para dentro do canal auditório e funcionou. Acontecia que o microfone estava muito mais exposto ao vento que nosso tímpano, mesmo não estando direto na direção do vento. Isso não causou nenhuma alteração significativa no efeito 3D.

4. Referências

- Pesquisa Google.

Palavra chave: “BINAURAL”

(<http://www.google.com/search?sourceid=chrome&ie=UTF-8&q=binaural&hl=en>)

- WIKIPEDIA

Binaural Recording. Acessado em 08/03/2011

(http://en.wikipedia.org/wiki/Binaural_recording)

Neste link há uma explicação geral sobre o que é gravação binaural, como é feita, como é percebida e um pouco de sua história. E foi nesse material que encontrei o link para a página *Sound*

Professionals([WWW.soundprofessionals.com](http://www.soundprofessionals.com)) e lá encontrei o melhor negócio de microfones(<http://www.soundprofessionals.com/cgi-bin/gold/item/SP-BMC-2>) .

- SBU (Sistema de Bibliotecas da UNICAMP)

Palavra chave: “hearing”

Encontrei alguns livros, mas só um tinha o assunto de audição binaural inclusive teoria envolvida.

YOST, William A.. *Fundamentals of Hearing – An Introduction*. 5th Edition. Capítulos 1-9 e 12.

O livro fica na biblioteca do IEL (612.85 Y83f) e só há 1 exemplar.

- 3DHUB (Grupo de estudiosos da tecnologia 3D no Brasil)

<http://www.3dhub.com.br/archives/434> Acessado em 05/06/2011

Sugestão do Prof. José J. Lunazzi

5. Descrição do trabalho

RESUMO

O trabalho tem como objetivo mostrar ao público a gravação binaural de áudio, o impressionante sistema de audição humana e a teoria que está por trás da localização espacial de fontes sonoras através da audição.

O sistema é bem simples. Basta um par de microfones que caibam dentro dos ouvidos e um dispositivo de gravação estéreo portátil. A idéia é que os microfones dentro dos ouvidos ajam como se fossem os próprios tímpanos de uma pessoa. Assim, toda gravação passa muito bem a sensação de se estar no local de gravação, mesmo não estando lá. Tem o mesmo papel da imagem em 3D. Enquanto para assistir algum vídeo em 3D ainda precisamos de óculos, para ouvir um som 3D é necessário o uso de fones de ouvido.

Não se deve confundir som estéreo com som binaural. O truque da maioria de gravações de músicas é simplesmente um jogo de amplitude entre o canal esquerdo e o direito. Se desejar projetar a bateria, por exemplo, mais para a esquerda basta reduzir o volume do canal direito e ampliar o do esquerdo. A audição binaural vai muito além disso. É levada em consideração, além da diferença de amplitude, a diferença de fase da onda sonora, a anatomia da cabeça e das orelhas e suas implicações na alteração da onda sonora incidente. E para interpretar todas essas interferências e calcular a posição da fonte sonora no espaço têm o cérebro.

TEORIA

A origem de um som pode ser localizada em 3 dimensões espaciais: o plano horizontal ou azimutal (esquerda, direita), o plano vertical(acima,

abaixo) e a distância(longe, perto). A habilidade em perceber o local de uma fonte sonora com base apenas na audição é o resultado do sistema auditivo interpretar a interação do som com objetos que encontra pela trajetória até os canais do ouvido. Embora possamos usar a visão para localizar objetos, quando estes estão fora do campo visual, a audição se torna muito útil nessa localização.

- Localização azimutal (esquerda, direita)

A menos que a fonte sonora esteja exatamente sobre o plano vertical (mesma distância aos dois ouvidos) haverá uma diferença no tempo em que a mesma frente de onda vai chegar em cada ouvido(diferença de tempo inter auricular, DTI). Também haverá uma diferença na fase em que essa onda chegará (diferença de fase inter auricular, DFI) e essa fase vai depender da frequência que o som possui. Por exemplo, para um tom de 1000Hz e uma DTI de 0,5 ms há uma diferença de fase de 180°. Já para um tom de 500Hz com a mesma DTI, a diferença de fase é de 90°. Só isso, já mostra uma complexidade razoável que o cérebro terá de interpretar. Há também uma diferença de nível inter auricular, DNI. Ou seja, o som chega ao ouvido mais próximo com maior intensidade, como mostra a equação 1, a seguir:

$$I = K(P/4\pi r^2) \quad (1),$$

onde I é a intensidade sonora, K é uma constante de proporcionalidade, P é a potência da fonte sonora e r é a distância da fonte ao ponto de medição

Quanto maior a distância r , menor a intensidade. Mas existe um outro fator importante na atenuação do sinal entre os ouvidos. É a sombra sonora causada pela cabeça. Isso ocorre devido ao tamanho médio da cabeça humana ser próxima do comprimento de onda dos sons que somos capazes de ouvir. Mais precisamente, em torno de 2000Hz quando o comprimento de onda equivale a dimensão da cabeça essa sombra quase não ocorre, dificultando a localização. Mas para altas frequências o comprimento de onda se torna pequeno em relação a cabeça e esta passa a se tornar um objeto opaco, causando grande sombra sonora permitindo boa precisão na localização da fonte sonora.

- Localização na direção frente/trás e no plano vertical

Mas, e se a fonte sonora se localiza no plano vertical de modo que tanto a intensidade, a fase e tempo de chegada da onda nos dois ouvidos são os mesmos? Aí entra em ação uma detecção fina derivada das chamadas Funções de Transferência Relacionadas a Cabeça, gerada pela forma do tronco, da cabeça e das orelhas. Essas partes do corpo causam pequenos atrasos de fases até a chegada aos canais do ouvido. São as pequenas assimetrias do corpo humano que fazem essas diferenças de fase ser diferentes para cada ouvido permitindo assim a localização no espaço. Esse tipo de localização possui uma precisão bem menor que a localização no plano azimutal, como era de se esperar.

- Localização em função da distância

Pouco se sabe do que é determinante para a localização da distância. Um som intenso pode estar longe e um som brando pode estar perto, ambos produzindo a mesma intensidade na chegada aos ouvidos. Portanto, a intensidade sonora pode ser usada na determinação da distância caso haja alguma outra informação já gravada no cérebro. Por exemplo, uma conversa com outra pessoa já tem um nível de intensidade padrão programado no cérebro. Um show de rock também.

Diferenças entre as intensidades do som que chega direto aos ouvidos e o mesmo som chegando através de reflexões em superfícies próximas, também podem dar idéias da distância. Esse tipo de localização possui a menor precisão dentro todas.

6. Declaração do orientador