

# Sistema de Conversão de distâncias em Som 3D

## Introdução

Segundo [1], um som 3D possui a capacidade de passar a posição do som em relação ao corpo. Em outras palavras, o ouvinte é capaz, mesmo de olhos fechados, de dizer a posição quase que exata de onde a fonte do som vem. Esse efeito é gerado devido ao atraso com que as ondas de som produzidas chegam ao ouvinte. Quando o ouvido direito recebe a onda primeiro do que o ouvido esquerdo, a sensação é de que o som está vindo da direita, pois o ouvido esquerdo recebeu a onda de som com um certo atraso, como observa-se na figura 1.

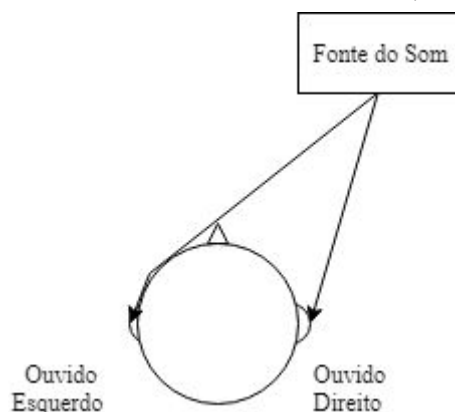


Figura 01: Percepção de um áudio 3D.

Esse tipo de áudio pode ser gravado utilizando um modo especial de gravação. Nesse modo utiliza-se a cabeça de um manequim ou até mesmo uma pessoa, onde em seus ouvidos estão localizados microfones que captam as ondas de som. Essas ondas são transformadas então em funções, chamadas HRTF (Head-Related Transfer Functions), onde cada função possui dados do som como seu tom, intensidade, etc.

A transformação dessas funções em um som 3D é chamada de síntese binaural. Nesse processo, as funções que possuem as informações a respeito do som são transformadas através de um processador de sinais digitais em som novamente. Utilizando um fone de ouvido, o ouvinte é capaz de dizer de onde o som vem, gerando assim o efeito 3D.

Esse processo de síntese binaural é utilizado amplamente em diversos campos, como por exemplo, em filmes onde há uma grande imersão, passando ao espectador a sensação de que ele está no filme, em jogos, onde podemos localizar claramente de onde o som está vindo.

Esse tipo de som pode ser utilizado também na tecnologia assistiva, onde pode ser aplicado em diversas áreas. A Tecnologia Assistiva (TA) é um termo dado às tecnologias utilizadas no auxílio de pessoas que possuem algum tipo de deficiência. O seu principal foco é compensar perdas sensoriais e funcionais e fazer com que o deficiente desfrute de uma vida mais independente e satisfatória[2]. Uma aplicação do som 3D na tecnologia assistiva é na melhoria de aparelhos auditivos onde o algoritmo Cetera é utilizado [3], esse algoritmo é capaz de tornar o aparelho auditivo invisível ao cérebro, visto que diferentemente dos

aparelhos auditivos normais que apenas amplificam o som, esse algoritmo é capaz de dar ao cérebro a posição de onde vem o som devido ao uso do som 3D.

Além dele existem diversos outros tipos de tecnologias assistivas, tais como: Cadeira de rodas, Bengala Branca, Text-to-Speech, ScreenReader, Talkback, etc[4, 5, 6]. Para os deficientes visuais podemos definir as tecnologias assistivas como[7]:

- Electronic Travel Aids (ETA) ou Ajuda Eletrônica de Locomoção: São dispositivos que auxiliam na locomoção do deficiente visual em meio aos obstáculos.
- Electronic Orientation Aids (EOA) ou Ajuda Eletrônica de Orientação: Dispositivos que auxiliam o deficiente visual a encontrarem um caminho até um determinado local.

Uma outra aplicação do som 3D na tecnologia assistiva é a utilização em equipamentos eletrônicos para auxiliar deficientes visuais em sua locomoção, pois os diversos dispositivos e ferramentas capazes de auxiliar o deficiente visual em sua jornada não se mostram eficientes ou são bastante caros[8]. Os dispositivos e ferramentas mais comuns são o cão guia, animal que é capaz de guiar o deficiente por um caminho evitando obstáculos prejudiciais, contudo seu preço reduz o acesso a esse tipo de animal, e a mais utilizada, a bengala branca, que não é capaz de detectar obstáculos acima do quadril, o que pode comprometer integridade do deficiente se houver um obstáculo desse tipo em seu caminho.

Além disso, os deficientes visuais possuem os sentidos restantes (gosto, toque, audição e cheiro) mais aguçados do que as pessoas que têm visão normal, especialmente a audição, possibilitando a alguns a capacidade de desenvolver a habilidade de ecolocalização (localização de objetos através da reflexão do som) [9].

Para melhorar a qualidade de vida do deficiente visual existem diversos tipos de equipamentos eletrônicos que auxiliam em sua locomoção diária. Eles funcionam obtendo distâncias até um obstáculo e convertendo-as em um sinal no qual o deficiente possa, através de treinamento, descobrir que há um obstáculo em sua frente.

Este trabalho tem como objetivo apresentar a construção de um sistema de conversão de distância em som 3D utilizando para isso uma tecnologia assistiva, um óculos sensorial para deficientes visuais que é capaz de detectar distâncias e transformá-las em som 3D chamado Synesthesia Vision.

## **Synesthesia Vision**

O projeto Synesthesia Vision é uma tecnologia assistiva do tipo ETA que utiliza o som 3D como forma de conversão da distância que seus sensores captam. Sendo montado em um óculos comum com três sensores ultrassônicos ao seu redor se comunicando com um smartphone Android através do bluetooth.

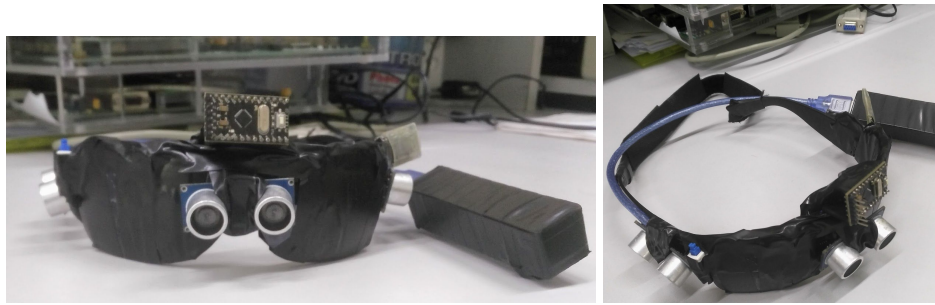


Figura 05: Protótipo do Synesthesia Vision, vista Frontal e Superior.

Seu princípio de funcionamento se baseia na figura 06, onde um microcontrolador é responsável por acionar os sensores ultrassônicos, obtendo a distância até os obstáculos. Após essa etapa, uma filtragem dos dados é feita primeiramente no microcontrolador, que envia esses dados para o smartphone. O Smartphone é o responsável por gerar o som e obter outras informações, tais como a previsão do tempo, como podemos ver na figura 04. Através do algoritmo explicado na implementação do som 3D temos que esse som é levado a cabeça do deficiente através de fones de ouvido.

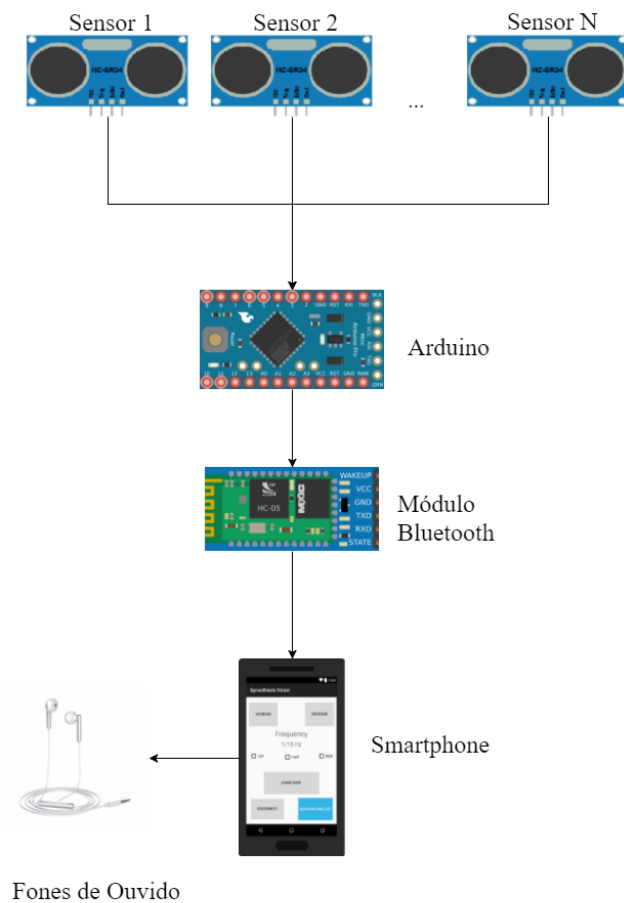


Figura 06: Esquemático de funcionamento do Synesthesia Vision.

## Detecção de Distância

Para obter-se uma distância é necessário a utilização de um circuito que aciona sensores que são capazes de captar a informação do ambiente de um modo específico, por

exemplo, os sensores ultrassônicos, captam distâncias através de pulsos ultrassônicos enviados no meio e após um certo tempo esses pulsos retornam, utilizando o tempo de retorno são capazes de calcular a distância até o objeto mais próximo, os sensores infravermelhos, medem a distância até os obstáculos através do envio de sinais de luz infravermelha, que ao tocarem o objeto são refletidos e retornam ao sensor e de acordo com a intensidade de retorno da luz o sensor é capaz de calcular a distância até o objeto[10], esses dois são apenas exemplos de como obter distância, embora existam outros meios mais eficazes de fazer isso.

### **Circuito**

O Circuito para medição de distância baseia-se em um microcontrolador conectado a múltiplos sensores ultrassônicos, onde cada um é acionado independentemente para obter a distância até o obstáculo que ele encontra.

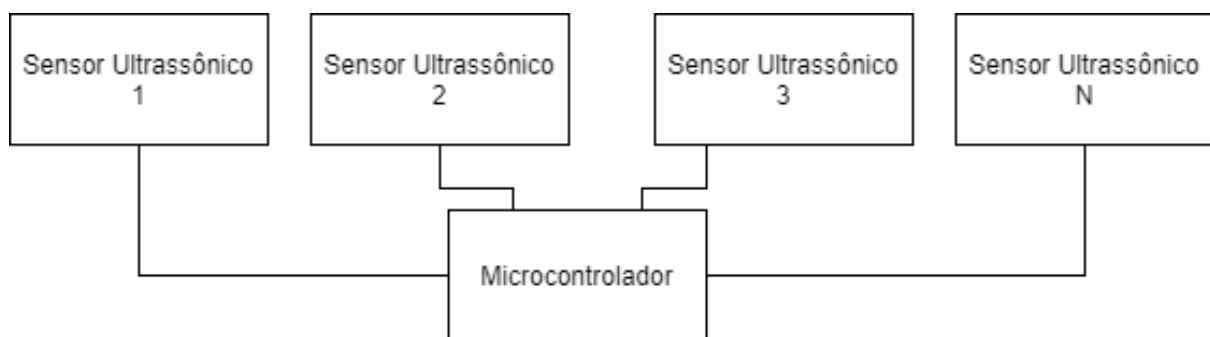


Figura 02: Circuito de obtenção de distâncias

### **Algoritmo**

A medição da distância feita pelo sensor ultrassônico varia de acordo com cada sensor, por isso a função `getDistance()` não terá uma implementação direta, visto que também muda conforme o microcontrolador utilizado.

[Imagem Algoritmo]

### **Expansão**

O algoritmo pode ser utilizado com diversos sensores, visto que o acionamento dos sensores é feito por uma função, onde recebe como parâmetros os pinos conectados ao microcontrolador.

## **Implementação do Som 3D**

Porém apenas captar a informação não é suficiente, é necessário também traduzi-la de uma forma que o usuário entenda o que está o rodeando, tais traduções podem ser feitas utilizando o som 3D que é capaz de dar a localização da fonte de som a pessoa que estiver ouvindo. Através desse princípio que a transformação da distância até o obstáculo em som

ocorre. Para entender melhor como esse som era gerado, foi utilizado o software Amphiotik Synthesis, que é capaz de simular sons ao redor de um ser humano. A partir daí foram testados diversas ideias para realizar a conversão da distância em som 3D.

### Entrada de Dados

O microcontrolador após obter a distância e filtrá-la envia para o smartphone, que é então o responsável por produzir o som. Utilizando a seguinte fórmula matemática:

$$f(x) = 1 - (d/dMax)$$

Conseguimos gerar a intensidade do som, onde  $f(x)$  será o volume final, entre 0 e 1, 'd' é a distância recebida do microcontrolador e 'dMax' é a distância máxima escolhida pelo programa, que no nosso caso está ajustada para quatro metros. A partir daí obtemos uma reta linear no volume do som de acordo com a distância, como podemos ver na figura 03, onde o eixo x nos dá a distância recebida em metros e o eixo y a intensidade do som que será gerado.

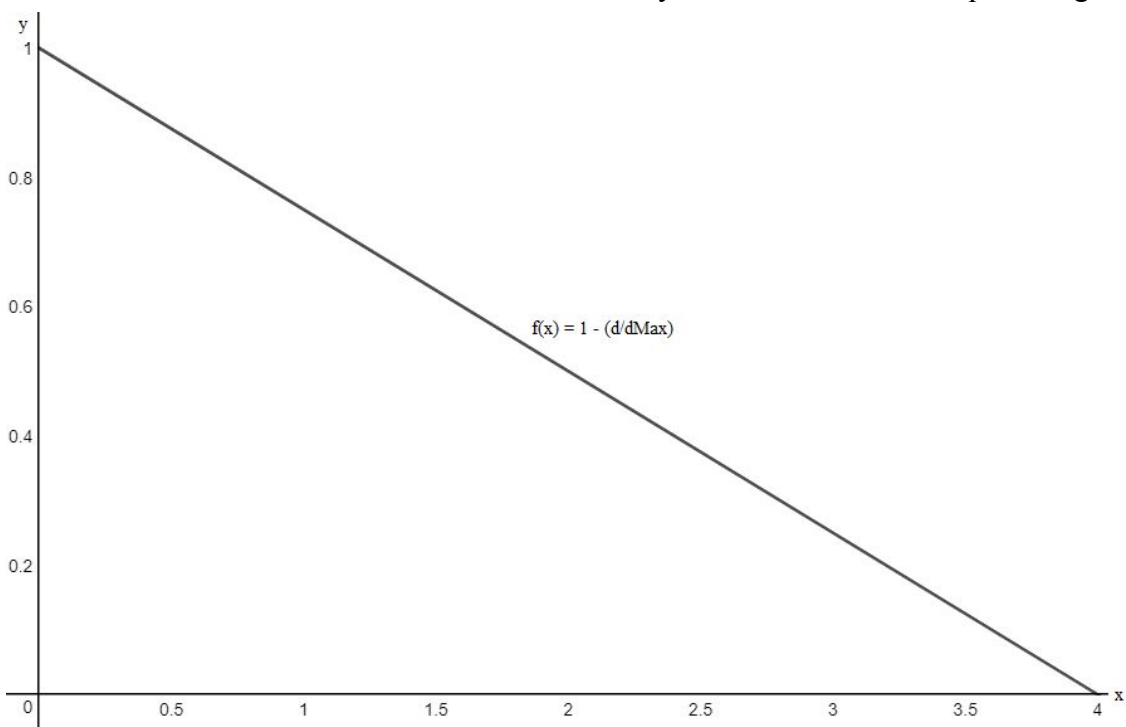


Figura 03: Gráfico do volume do som.

### Algoritmo

Quanto menor for a distância, maior será a intensidade do som produzida. O som é produzido de acordo com o sensor que obteve a distância, por exemplo, se o sensor da direita obteve uma distância, um som será gerado na direita, se o sensor frontal obteve uma distância, um som será gerado na frente, e o mesmo acontece para o sensor esquerdo. A sensação de som 3D se dá alternando a execução desses sons, onde um timer será o responsável por executar por alguns milissegundos os sons gerados, além da frequência não ser constante, sendo alterada de acordo com a distância até o obstáculo, por exemplo, se houver um obstáculo a 2 metros e um obstáculo a 40cm a frequência de execução do som será diferente para essas distâncias, ficando mais aguda de quando mais próximo o objeto está.

### Interface

A figura 04 mostra como é a tela do aplicativo para o smartphone, utilizado em uma tecnologia assistiva para deficientes visuais'''. Nela o usuário pode incrementar ou decrementar a frequência que o som permanece tocando em um dos sensores, além de escolher quais sensores ele deseja obter o som para distância. Inclusive, possui um recurso de previsão do tempo, onde se o smartphone possuir acesso a internet e um GPS ativo, é capaz de retornar ao usuário a previsão do tempo por voz.



Figura 04: Interface do Aplicativo

## Resultados

O algoritmo inicialmente controlava apenas a intensidade do som, testes realizados com deficientes visuais mostraram que com isso era possível identificar obstáculos, porém era mais difícil. Após a implementação no controle de frequência e novos testes realizados com o novo algoritmo, ficou mais fácil identificar os obstáculos, visto que cada frequência diz uma faixa de distância. Contudo o algoritmo ainda não está perfeito, pois objetos frontais ainda demoram a serem percebidos

## Conclusão e Trabalho Futuro

Portanto, o projeto Synesthesia Vision tem se mostrado bastante promissor devido a utilização do algoritmo para converter distância em som 3D, sendo assim capaz de auxiliar o deficiente visual em obstáculos que ele normalmente poderia atingir.

Como trabalho futuro, uma nova fórmula matemática será testada para que a alteração no volume do som seja mais perceptível, bem como uma maior faixa de frequência para deixar o projeto com uma maior gama de possibilidades.

## Referências

- [1] W. G. Gardner, "3D audio and acoustic environment modeling." *Wave Arts Inc*, 1999, 109 pp.
- [2] R. Verza, M. L. Carvalho, M. A. Battaglia and M. M Uccelli, "An interdisciplinary approach to evaluating the need for assistive technology reduces equipment abandonment." *Multiple Sclerosis Journal*, Vol. 12.1, 2006, pp 88-93.
- [3] Starkey's Pro, Cetera Algorithm, 1999, Available at: <http://www.audiologyonline.com/releases/starkey-labs-inc-unveils-new-6575>
- [4] A. Pereira, N. Nunes, D. Vieira, N. Costa, H. Fernandes and J. Barroso, "Blind Guide: an ultrasound sensor-based body area network for guiding blind people." *Procedia Computer Science* 67, 2015, pp 403-408.
- [5] C. McCreadie, A. Tinker, "The acceptability of assistive technology to older people." *Ageing & Society*, Vol. 25.1, 2005, pp 91-110.
- [6] D. Dakopoulos and N. G. Bourbakis, "Wearable obstacle avoidance electronic travel aids for blind: a survey." *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, Vol. 40.1, 2010, pp 25-35.
- [7] L. Hakobyan, J. Lumsden, D. O'Sullivan and H. Bartlett, "Mobile assistive technologies for the visually impaired." *Survey of ophthalmology*, Vol. 58.6, 2013, pp 513-528.
- [8] R. Farcy, R. Leroux, A. Jucha, R. Damaschini, C. Grégoire and A. Zogaghi, "Electronic travel aids and electronic orientation aids for blind people: Technical, rehabilitation and everyday life points of view." *Conference & Workshop on Assistive Technologies for People with Vision & Hearing Impairments Technology for Inclusion*, Vol. 12, 2006.
- [9] M. E. Nilsson and B. N. Schenkman, "Blind people are more sensitive than sighted people to binaural sound-location cues, particularly inter-aural level differences", *Hearing Research*, Vol. 332, February 2016, pp 223–232.
- [10] C. Jacquet, Y. Bellik and Y. Bourda, "Electronic locomotion aids for the blind: Towards more assistive systems." *Intelligent Paradigms for Assistive and Preventive Healthcare. Springer Berlin Heidelberg*, 2006, pp 133-163.