

CASUÍSTICA E MÉTODOS DE PESQUISA EM ECOLOCALIZAÇÃO PARA ACESSIBILIDADE DE DEFICIENTES VISUAIS

Shigueo Nomura, Ingrid Wutke Oliveira, Mateus Alberone Mesquita Arantes, Ariane Ferreira Novato
Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica, Uberlândia-MG,
shigueonomura@feelt.ufu.br, ingridwutke@gmail.com, mateusalberone@gmail.com, arianefnovato@hotmail.com

Resumo – Este artigo propõe uma metodologia experimental de pesquisa para o desenvolvimento de uma interface homem-máquina baseada nas técnicas de ecolocalização visando à acessibilidade de deficientes visuais. O trabalho consiste na aplicação prática e avaliação da casuística e métodos envolvidos no desenvolvimento de um aparato experimental constituído basicamente por um dispositivo que emite e recebe sinais ultrassonoros. O aparato experimental é desenvolvido e refinado de forma que se obtenha a maior capacidade de ecolocalização pelos deficientes visuais que participaram dos experimentos como voluntários. Foram obtidos resultados experimentais altamente promissores com o uso do aparato final refinado levando a concluir que é viável o desenvolvimento de uma interface que explora as habilidades de ecolocalização inerentes ao ser humano e que possa ajudar na acessibilidade de deficientes visuais.

Palavras-Chave – Acessibilidade, aparato experimental, deficientes visuais, dispositivo de ultrassom, ecolocalização, interface homem-máquina.

CASUISTIC AND INVESTIGATION METHODS ON ECHOLOCATION FOR VISUALLY IMPAIRED ACCESSIBILITY

Abstract - This article proposes an experimental methodology for investigating the development of a man-machine interface based on echolocation techniques aiming to the accessibility for the visually impaired. The work consists of practical application and evaluation of casuistic and investigation methods for the development of an experimental apparatus basically constituted by a device that emits and receives ultrasound signals. The experimental apparatus is developed and refined in order to obtain the echolocation maximum capability by the visually impaired that participated in the experiments as subjects. Highly promissory experimental results have been obtained by using the final refined apparatus. The results have led to conclude that an interface development is viable to explore the inherent echolocation abilities of human beings and to support the accessibility of the visually impaired.

Keywords – Accessibility, echolocation, experimental apparatus, man-machine interface, ultrasound device, visually impaired.

I. INTRODUÇÃO

Ecolocalização é um termo que se refere à locomoção e à identificação de objetos e pessoas através de sinais ultrassonoros. É a capacidade que o ser humano e alguns animais têm de utilizar ondas sonoras como fontes de informação de qualquer ambiente que estejam presentes. Os pulsos dos sons emitidos refletem dos objetos alvo na forma de eco e podem ser interpretados pelo sistema auditivo assim como as ondas de luz refletidas são interpretadas pelo sistema visual [1]. Essa habilidade para localizar objetos com ecos foi denominada como ecolocalização ou biosonar por Donald Griffin [2]. Porém, segundo o pesquisador James Gibson [3], as informações que obtemos dos objetos não é uma informação pura, é um som que apenas faz sentido após ser interpretado. Mas a interpretação em si é um processo subjetivo, ou seja, pessoas diferentes podem apresentar uma interpretação diferente de um mesmo som, como evidência o estudo do cognitivismo [4].

II. MOTIVAÇÃO

Existem alguns dispositivos no mercado que foram concebidos para estimular a ecolocalização, como o “the vOICe”, que é constituído de fones de ouvido, uma câmera de vídeo que capta imagens do ambiente ao redor do usuário e transforma os pixels em sinais sonoros. A intenção é de que, quando interpretados pela pessoa, lhe proporcione a criação de uma “imagem” mental desse ambiente a ser ecolocalizado [5].

Entretanto, no “the vOICe”, as características sonoras (por exemplo, duração, intervalo e intensidade) têm sido usadas para representar as dimensões dos dados. Esse tipo de representação tem levado ao uso de tons sonoros artificiais sem qualquer analogia com aqueles do cotidiano real. Por esse motivo, os usuários têm encontrado grandes dificuldades em lidar com esse tipo de interface. O problema acarretado pelos tons sonoros artificiais tem requerido um intenso trabalho de treinamento dos eventuais usuários, em um ambiente seguro e familiar antes de poderem usufruir plenamente das vantagens da interface.

Nas técnicas de biosonar ou ecolocalização, o sistema auditivo humano pode processar as ondas sonoras refletidas de uma maneira similar à visão que processa ondas de luz refletidas. As ondas sonoras trafegam da fonte para o alvo, são por ele refletidas e, ao retornarem, entram pelos ouvidos do usuário próximo à fonte. Com o intuito de desenvolver uma interface que possa explorar a capacidade humana



XI CEEL – ISSN 2178-8308
25 a 29 de novembro de 2013
Universidade Federal de Uberlândia – UFU
Uberlândia – Minas Gerais – Brasil

referente à ecolocalização, é proposto o presente estudo de uma metodologia prática para avaliar o grau de ecolocalização que poder ser atingido pelos seres humanos.

III. PROPOSTA

O presente trabalho consiste em propor, desenvolver e refinar um aparato experimental para investigar os parâmetros sonoros mais adequados de forma que se obtenha o máximo grau de ecolocalização pelos seres humanos.

Acima de tudo, é preciso conhecer os parâmetros do som e tudo que o envolve, para se conseguir um som ideal para se estudar a ecolocalização e, conseqüentemente, desenvolver interfaces mais eficientes possíveis.

Existem diversos parâmetros que envolvem o som e que devem ser explorados em um estudo de ecolocalização: a frequência, a intensidade, o passo, o timbre e a duração. Além disso, é de extrema importância estudar a interferência da posição da fonte de som, o posicionamento dos objetos, assim como a reflexão do som nesses objetos [6].

A motivação dessa proposta é desvincular o uso típico das concepções artificiais desenvolvendo interfaces livres que possam explorar as bem dotadas habilidades auditivas humanas e, assim, enriquecer as interações e comunicações. Outro ponto a ser destacado é que nessa proposta não há necessidade de se converter sinais de características diferentes como acontece com o vOIce em que os sinais de luz da câmera precisam ser convertidos em sinais sonoros e isso requer uma precisão das concepções artificiais tais como conversores atuais que ainda não são tão confiáveis.

A originalidade desta proposta é a introdução da ideia da concepção livre na interação com os alvos através dessa nova interface humana. No caso, a concepção livre refere-se à possibilidade de proporcionar aos usuários a chance de recuperar a liberdade de interagir com os objetos alvo, ou com o ambiente ao seu redor, sem depender das concepções artificiais ou interpretações alheias. Os usuários serão capazes de aproveitar as experiências pessoais e tomar as próprias decisões durante suas interações com os alvos valendo-se de suas habilidades de ecolocalização.

O objetivo principal deste trabalho é analisar, testar e mostrar os resultados da aplicação prática das casuísticas e métodos que foram previstos no projeto de pesquisa. A importância desse estudo está no fato de que na prática podem surgir problemas não premeditados e que devem ser solucionados, para que a pesquisa seja válida.

Além disso, pretende-se perceber a influência do som no dia-a-dia das pessoas, principalmente dos deficientes visuais, visto que as ondas sonoras estão sempre presentes nos ambientes e são capazes de fornecer informações a respeito dos objetos. Com isso, pretende-se analisar e testar aparatos experimentais que possam evidenciar tal influência através de experimentos com voluntários que possuam alguma deficiência visual.

IV. METODOLOGIA DE PESQUISA

Basicamente, as seguintes atividades fazem parte da metodologia de pesquisa proposta para este trabalho compreendendo a casuística e métodos:

- Coleta de dados e recrutamento de voluntários;

- Preparação dos voluntários para os experimentos;
- Preparação dos experimentos;
- Construção do aparato experimental;

A implementação prática dessas atividades previstas no projeto de pesquisa, encontram-se pormenorizadas nas seguintes seções.

A. Coleta de Dados e Recrutamento de Voluntários

Para que os dados sejam devidamente coletados, há necessidade do recrutamento de voluntários que participarão dos experimentos utilizando o aparato experimental previsto no projeto de pesquisa. Vale ressaltar que para esse projeto se obteve a aprovação de um parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Uberlândia, com análise final nº. 266/11 e protocolo registrado na CEP/UFU 029/11, por se tratar de uma pesquisa com seres humanos.

Decidiu-se que os voluntários para os experimentos poderiam ser de qualquer faixa etária e de ambos os sexos, desde que apresentem alguma deficiência visual que os impossibilitem de realizar normalmente as atividades cotidianas que exijam acuidade visual.

No entanto, foram estabelecidos alguns critérios de inclusão e exclusão de voluntários para os experimentos.

Dentre os critérios de inclusão, destacam-se os seguintes:

- Não apresentar histórico de lesão em qualquer dos ouvidos, por serem primordiais na detecção dos estímulos sonoros.
- Possuir uma audição balanceada e com acuidade condizente com a faixa etária do indivíduo.

Dentre os critérios de exclusão, destacam-se os seguintes:

- Apresentar histórico de labirintite que poderá comprometer o equilíbrio na audição e percepção dos estímulos sonoros.
- Desordens neurológicas centrais ou periféricas que podem interferir na interpretação dos sinais sonoros refletidos dos alvos (objetos).
- Uso de qualquer medicamento (benzodiazepínicos, anti-histamínicos, anticonvulsivos, antidepressivos e narcóticos opióides) que podem provocar alterações da sensibilidade periférica pelo ouvido.
- Audição acentuadamente desbalanceada que poderá comprometer a correta percepção dos formatos de objetos através dos estímulos sonoros recebidos.

Então, considerando-se os critérios de inclusão e de exclusão, foi elaborado um formulário para entrevistar possíveis candidatos a voluntários para os experimentos, o qual continha questões a respeito da disponibilidade da pessoa, dos medicamentos que a mesma fazia uso, possíveis patologias e grau de deficiência visual, dentre outras informações. Na Figura 1 é apresentado um exemplo de formulário preenchido na prática.

Para se recrutar a maior quantidade possível de voluntários, contou-se com o suporte da Associação dos Deficientes Visuais de Uberlândia (ADEVIUDI) e do Campus de Educação Física da Universidade Federal de Uberlândia, onde há um projeto para os deficientes visuais jogarem Goalball. Foi realizado um total de 40 entrevistas.

Com relação aos equipamentos envolvidos na coleta de dados, destacam-se os seguintes itens:

- K-Sonar: dispositivo comercial existente no mercado e destinado aos usuários visualmente desabilitados que precisam ser orientados durante a sua locomoção. Tecnicamente, o K-Sonar é dotado de um emissor de sinais ultrassonoros que atingem os obstáculos localizados na frente do usuário. Também possui um receptor de sinais ultrassonoros que recebem os sinais refletidos dos obstáculos em questão. A Figura 2 apresenta a ilustração do dispositivo comercial.
- Conversor e amplificador de som: o K-Sonar é dotado de um conversor de sinais ultrassonoros para sinais audíveis, além de um amplificador com possibilidade de ajuste da intensidade sonora a um nível confortável ao voluntário. Os sinais sonoros gerados pelo K-Sonar foram utilizados para transmitir as informações sobre os objetos (alvos) a serem percebidos e classificados pelos voluntários da pesquisa.
- Fones de ouvido: dispositivos finais ligados ao K-Sonar para transmitir aos ouvidos dos voluntários os estímulos sonoros provenientes da emissão e recepção de sinais ultrassonoros e a devida conversão destes sinais em audíveis.
- Computador: processador de software para registrar as respostas dos voluntários, controlar o processo de coleta dos dados e realizar as análises dos resultados experimentais.



Fig. 2. Dispositivo ultrassonoros denominado K-Sonar.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA - UFU
Faculdade de Engenharia Elétrica - FEELT

Formulário de Entrevista

Data: 20/11/2012 Local: UFU - Campus Ed. Física

Entrevistador (a): _____
Entrevistado (a): _____
Endereço: _____
Tel. fixo: _____ Tel. móvel: _____

1. Grau de deficiência visual? Possui alguma capacidade de percepção visual?
Quase 100%, enxergo apenas ruídos
2. Causa da deficiência? Desde quando? Idade atual?
Possui a deficiência desde que nasceu. Atualmente tem 59 anos
3. Desenvolveu alguma habilidade de locomoção ou percepção através dos sons?
Sim, o capang de jogar futebol
4. Disponibilidade de tempo? Tem vontade de ser voluntário (a) para os experimentos?
Sim, durante a tarde. Tem vontade de ser voluntário
5. Se desloca sozinho (a)? Possibilidade de se deslocar até o laboratório da UFU?
Sim
6. Histórico de lesão nos ouvidos? Fez alguma cirurgia ou tratamento?
Nunca teve problemas nos ouvidos
7. A audição é balanceada ou é melhor num dos lados? Fez algum teste de capacidade auditiva?
Audição é balanceada, mas nunca fiz teste

Fig. 1. Exemplo de um formulário de entrevista preenchido.

B. Preparação dos Voluntários para os Experimentos

O candidato a voluntário que foi submetido à entrevista para recrutamento e satisfaz os critérios de inclusão foi selecionado e chamado a participar dos experimentos.

Inicialmente, o voluntário recebeu informações sobre os objetivos da pesquisa e orientações sobre a coleta de dados. Posteriormente, solicitou-se que fosse assinado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido conforme mostrado na Figura 3.

ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título: ECOLOC – uma nova interface baseada nas técnicas de ecolocalização ou biosonar

Membros:

Prof. Dr. Shiguo Nomura (Pesquisador Principal)
Prof. Dr. Keiji Yamanaka (Pesquisador)
Prof. Dr. Paulo Sérgio Caparelli (Pesquisador)

Você está sendo convidado(a) para participar do experimento para o desenvolvimento do “ECOLOC – uma nova interface baseada nas técnicas de ecolocalização ou biosonar”.

Sua participação é importante por estar contribuindo com o avanço da ciência através desse tipo de experimento.

O objetivo do experimento é analisar a viabilidade de uma interface não convencional que utiliza um dispositivo dotado de emissor e receptor de ultrassom para evocar as suas habilidades de ecolocalização.

O experimento será realizado de maneira não-invasiva, preservando seu corpo contra qualquer dano.

Primeiramente, você será submetido(a) a uma avaliação física e de saúde para verificar se há algum comprometimento que possa prejudicar os resultados experimentais.

Durante a coleta de dados, você ouvirá alguns sons e sua tarefa será responder a esses sons conforme a orientação do examinador. Recomenda-se que procure ficar relaxado(a) e tranquilo(a) e não se preocupe em raciocinar para tentar responder corretamente aos estímulos. O importante é responder rapidamente e com convicção a cada estímulo do teste.

Você tem a opção de não participar da pesquisa ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem precisar assumir qualquer tipo de ônus, indenização ou ressarcimento e sem prejuízo algum.

Pela sua participação no experimento, você não receberá qualquer valor em dinheiro, mas terá a garantia de que todas as despesas necessárias para a realização da pesquisa não serão de sua responsabilidade.

Seu nome não aparecerá em qualquer momento do estudo, pois você será identificado com um número.

O conjunto dos resultados obtidos poderá ser divulgado em eventos científicos, em revistas ou outros meios de divulgação, mas seu nome será sempre mantido em sigilo.

Você poderá ter acesso aos resultados e conclusões do estudo, bastando para isso entrar em contato com os pesquisadores e agendar um horário para que possa receber as informações constantes no relatório final da pesquisa.

Durante o experimento, você poderá ter todas as informações que desejar. Para isso, os pesquisadores estarão à sua disposição para quaisquer esclarecimentos que se fizerem necessários.

Se você estiver de acordo com o que foi disposto e desejar participar da pesquisa, deve assinar o seguinte termo:

Eu _____, RG: _____, residente na _____

_____, na cidade de _____, com telefone _____, li o esclarecimento acima e compreendi a relevância do experimento e os testes aos quais serei submetido(a).

A explicação que recebi esclarece os riscos e benefícios do experimento.

Entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento, sem justificar minha decisão e que isso não trará prejuízo algum.

Sei que meu nome não será divulgado, que não terei despesas e não receberei dinheiro para participar do estudo.

Concordo livremente em participar do estudo descrito, com as condições estabelecidas. Uma cópia deste consentimento ficará comigo e a segunda cópia, assinada por mim, será arquivada pelos examinadores.

Os dados obtidos com esse trabalho ficarão em sigilo e serão usados somente para fins científicos, mas resguardando minha privacidade.

Li e entendi as informações contidas neste documento e fui informado(a) de que eventuais dúvidas serão devidamente esclarecidas.

Uberlândia - MG, _____ de _____ de 20____.

Pesquisador Principal: Prof. Dr. Shiguo Nomura (shiguoenomura@gmail.com)

Pesquisador: Prof. Dr. Keiji Yamanaka (keiji@ufu.br)

Pesquisador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Caparelli (caparelli@ufu.br)

Unidade Acadêmica: FEELT – UFU (feelt@ufu.br)

Telefone: (34) 3239-4701 (secretaria geral)

Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Uberlândia:

Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Bloco IA, Sala 224, Campus Santa Mônica

Av. João Naves de Ávila, 2121, CEP: 38400-098.

Telefone: (34) 3239-4531. E-mail: cep@propp.ufu.br

Assinatura do voluntário

Assinatura do examinador

Fig. 3. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Para se familiarizar com os procedimentos das coletas de dados durante os experimentos, o voluntário foi submetido a um treinamento prévio.

Na coleta propriamente dita de dados, foi solicitado para que o voluntário permanecesse sentado em uma cadeira com altura regulável e de olhos vendados conforme se verifica na Figura 4.

O voluntário foi instruído a manter seus músculos relaxados durante a coleta de dados uma vez que os experimentos foram realizados num ambiente isolado, calmo e confortável e onde a temperatura do ambiente poderia ser controlada.

Além disso, o voluntário foi orientado para que respondesse o mais rapidamente e naturalmente possível aos estímulos sonoros. Isso foi baseado nos princípios da ecologia psicológica que diz que é o ideal para que a percepção seja direta. Assim, o voluntário foi avisado de que o tempo gasto entre a sua resposta e o término do estímulo sonoro é cronometrado durante os experimentos.

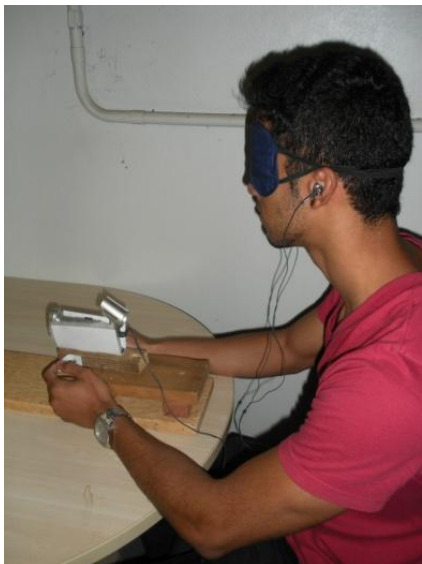


Fig. 4. Voluntário preparado para os experimentos.

C. Preparação dos Experimentos

Os experimentos foram realizados para estudar a habilidade da pessoa em detectar as características dos objetos por meio do som e classificar esses objetos posicionados à frente do aparelho K-Sonar conforme a vista superior da interação com o alvo mostrada na Figura 5.

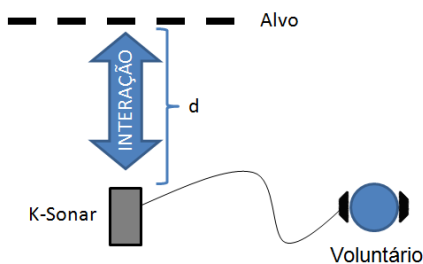


Fig. 5. Vista superior da interação entre o voluntário e o alvo através do K-Sonar.

Durante os experimentos, os voluntários passaram por duas etapas, conforme a seguir:

- **Treinamento:** Nesta etapa, foram realizados ensaios com os voluntários para que os mesmos pudessem se familiarizar com a existência dos vários tipos de formatos de alvos conforme apresentados na Figura 9 ou na Figura 11. Também, nesta etapa, os voluntários tiveram a oportunidade de aprender a associar os sinais sonoros refletidos de cada tipo de alvo e, assim, classificar os diferentes formatos de acordo com os estímulos recebidos. Para cada associação entre o som refletido e o alvo correspondente, o responsável pela aplicação do treinamento forneceu a resposta correta para que o voluntário pudesse fazer a associação precisa.
- **Teste:** Para os alvos da Figura 9 foram preparados quatro conjuntos de experimentos, sendo que cada conjunto consistia de seis repetições de estímulos sonoros para um tipo de objeto. E para os alvos da Figura 11 foram preparados três conjuntos de experimentos, sendo que cada conjunto consistia de dez repetições de estímulos sonoros para um tipo de objeto. Assim, a tarefa do voluntário nesta etapa foi associar cada estímulo sonoro, apresentado aleatoriamente, com o alvo e classificar o objeto (formato), perfazendo um total de 24 ou 30 classificações em cada sessão, conforme a quantidade de alvos a serem classificados. Cada sessão durou em torno de 30 minutos e cada voluntário participou de uma única sessão.

Através desses experimentos, as condições similares ao mundo real, com efeitos de reverberação e reflexão foram simuladas e analisadas.

D. Construção do Aparato Experimental

A Figura 6 mostra a vista superior do aparato experimental previsto no projeto de pesquisa para a realização dos experimentos. Conforme se verifica na figura, o aparato deve ser constituído do dispositivo de ultrassom (K-Sonar) posicionado no ponto A e do alvo (que pode ser de diferentes formatos) posicionado no ponto B. Além disso, há o voluntário conectado ao dispositivo através de um fone de ouvido.

Na construção do aparato experimental, o dispositivo foi fixado em uma prancha de madeira apresentada na Figura 7 de forma que o voluntário pudesse girá-lo horizontalmente no sentido horário ou anti-horário e em torno de um eixo vertical que passa pelo ponto A conforme a Fig. 6. O ângulo limite de varredura do alvo através da rotação do dispositivo (de α radianos contados a partir do eixo imaginário que liga os pontos A e B da Figura 6) foi definido através de um pino de aço que funciona como batente conforme se verifica na Figura 8. Quanto à velocidade angular de rotação do dispositivo, o voluntário obteve a liberdade de definir a melhor velocidade para se conseguir o maior grau de detecção do formato do alvo, segurando nas abas da base do dispositivo mostradas na Figura 8 e girando a base horizontalmente.

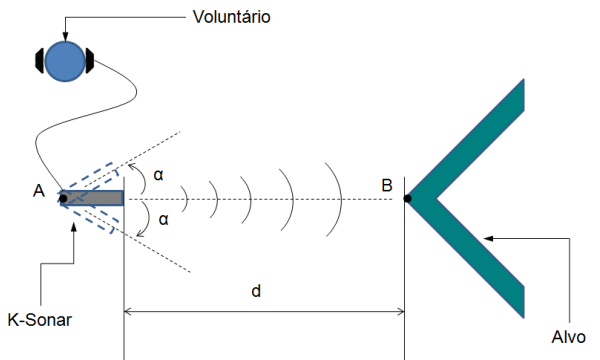


Fig. 6. Vista superior do aparato experimental a ser construído.



Fig. 7. Aparato experimental devidamente montado.

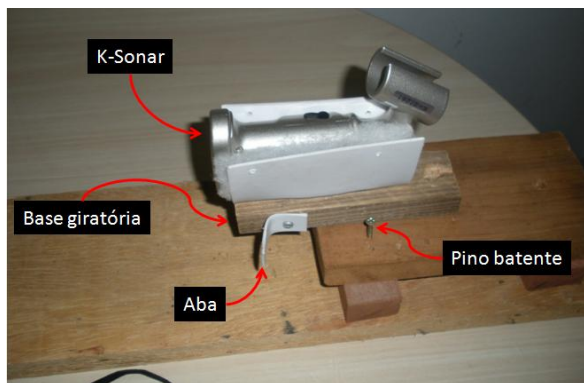


Fig. 8. Detalhe da instalação do K-Sonar sobre a bancada.

O primeiro aparato experimental construído consistiu de quatro diferentes formatos de alvos como se verifica na Figura 9. Para decidir a quantidade de objetos e o número de vezes os quais seriam apresentados, testes foram realizados com os membros da pesquisa, os quais possibilitaram levantar os possíveis resultados e dificuldades que poderiam ser enfrentados pelos voluntários.

Os resultados experimentais, nos quais se utiliza esse primeiro aparato não foram promissores conforme estão apresentados na Tabela I da Seção V. Os voluntários relataram que os sons, principalmente dos objetos circulares eram bastante similares, causando a dificuldade de identificação dos objetos. Dessa forma, optou-se pela retirada de um dos formatos circulares e pelo aumento do número de apresentações de cada objeto para dez. Este número foi estabelecido, após os pré-experimentos realizados com alguns voluntários. Eles não se queixaram de cansaço e os resultados foram considerados satisfatórios.

No segundo aparato experimental foram colocados pinos nos objetos (alvos) e realizados furos na base de madeira (plataforma) onde o alvo deve ser posicionado conforme se encontram destacados na Figura 10. Os pinos e furos foram feitos para garantir que a distância d entre o alvo e o dispositivo K-Sonar não sofra variações entre uma troca e outra dos alvos durante os experimentos. Além disso, eles serviriam para garantir que os alvos sejam alinhados e posicionados sem sofrerem rotações em torno dos seus eixos. Com relação aos formatos dos alvos, decidiu-se reduzir para o número de três e para aqueles apresentados na Figura 11.

Através desse segundo aparato (final e refinado) experimental, foram obtidos os resultados experimentais bastante promissores como se verificam na Tabela II da Seção V.

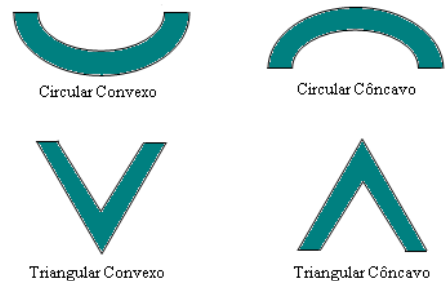


Fig. 9. Formatos de alvos para o primeiro aparato experimental.



Fig. 10. Detalhe dos pinos e furos que servem de guia para o posicionamento correto do objeto durante os experimentos.



Fig. 11. Formatos de alvos para o segundo aparato (na foto observam-se os objetos construídos e devidamente revestidos).

V. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Os resultados experimentais foram obtidos com os dois aparatos construídos e descritos na seção anterior.

Na Tabela I estão apresentados os resultados de experimentos utilizando-se o primeiro aparato experimental, com quatro objetos diferentes cujos formatos se encontram

apresentados na Figura 9. Durante os experimentos, foram realizadas 24 trocas aleatórias dos alvos em que cada um era apresentado ao voluntário por seis vezes para que fossem classificados apenas através dos sinais sonoros.

Entretanto, percebeu-se a grande dificuldade por parte dos voluntários deficientes visuais, visto que os estímulos sonoros apresentavam semelhanças acentuadas mesmo variando-se os formatos dos alvos. Também no primeiro aparato, como não havia um modo (guia) de fixar o objeto na bancada, detectou-se que ocorria uma pequena variação no seu posicionamento durante as trocas dos alvos, interferindo no padrão sonoro referente a um mesmo objeto. Percebeu-se que essas variações também reduziram a eficiência dos voluntários, sendo esta dada pelo número de acertos dividido pelo número total de classificações.

Na coluna de eficiência da Tabela I verifica-se o baixo desempenho apresentado pelos voluntários.

Tabela I - Resultados com o primeiro aparato experimental

Voluntário	Acertos	Eficiência
1	6	25,0%
2	12	50,0%
3	6	25,0%
4	14	58,3%
5	10	41,6%
6	11	45,8%
7	7	29,2%
8	4	16,6%
9	5	20,8%

Para solucionar o problema do baixo desempenho dos voluntários pela dificuldade na classificação dos objetos, foram realizadas alterações no primeiro aparato experimental. Chegou-se então ao segundo aparato, que foi descrito na seção anterior. As principais diferenças deste aparato em relação ao primeiro estão na quantidade de alvos, que diminuiu para três, conforme se verifica na Figura 11, e na confecção de pinos e furos na bancada, aumentando-se a precisão no posicionamento dos alvos durante os experimentos. Os furos e pinos passaram a servir como guias para que o objeto sempre ficasse na mesma posição, permitindo assim sua troca rápida e eficiente e evitando as variações nos padrões sonoros que prejudicavam o desempenho dos voluntários.

Os resultados experimentais utilizando-se o segundo aparato estão apresentados na Tabela II. Nos experimentos com esse aparato foram realizadas 10 apresentações (sequência aleatória) de cada tipo de alvo, totalizando 30 classificações de estímulos sonoros por sessão.

Tabela II - Resultados com o segundo aparato experimental

Voluntário	Acertos	Eficiência
1	24	80,0%
2	23	76,7%
3	23	76,7%
4	29	96,7%
5	26	86,7%
6	24	80,0%
7	24	80,0%
8	27	90,0%
9	23	76,7%

Considerando o tipo de pesquisa realizado, não foi possível obter o percentual ótimo de desempenho dos

voluntários submetidos a testes. Na literatura não há ainda referências sobre um parâmetro ótimo e confiável a respeito dos testes de ecolocalização em seres humanos, sendo este artigo um trabalho pioneiro.

Verifica-se que houve uma considerável melhora na eficiência por parte dos voluntários, tornando válidos os resultados para fins científicos propostos neste trabalho.

VI. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi apresentada uma aplicação prática de uma metodologia científica para avaliar a viabilidade de se desenvolver uma interface humana baseada nas técnicas de ecolocalização ou biosonar.

As etapas iniciais da metodologia científica tais como realização de entrevistas com candidatos a voluntários para participação nos experimentos, recrutamento de voluntários e preparação de aparatos experimentais foram realizadas com vistas à coleta de dados e obtenção dos resultados.

Após a realização dos primeiros experimentos com o primeiro aparato, verificou-se que os resultados estavam muito aquém dos esperados. Com a alteração e ajuste do aparato, chegando-se a uma segunda versão, de forma a garantir uma uniformidade no posicionamento dos alvos através da colocação de guias, houve um considerável aumento no desempenho dos voluntários submetidos a testes de classificação dos alvos através de estímulos sonoros e uso exclusivo do sistema auditivo.

Diante dos resultados promissores obtidos, pode-se concluir que a metodologia proposta no projeto de pesquisa foi devidamente validada com sua aplicação prática neste trabalho. Além disso, os resultados experimentais mostraram a grande viabilidade em se desenvolver uma interface que explora as habilidades de ecolocalização dos deficientes visuais auxiliando-os na acessibilidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa através do convênio TEC-APQ-01344-10.

REFERÊNCIAS

- [1] W. Stebbins, *The acoustic sense of animals*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 116-119, 1983.
- [2] D. Griffin, *Echoes of bats and men*, Anchor Books Doubleday & Co, Garden City, NY, 1959.
- [3] J. J. Gibson, *The theory of affordances. Perceiving, acting, and knowing: Toward an ecological psychology*, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ, 67-82, 1977.
- [4] A. P. Costall, "Are Theories of Perception Necessary? A Review of Gibson's the Ecological Approach to Visual Perception", *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, vol. 41, no. 1, pp. 109-115, January 1984.
- [5] W. D. Jones, "Sight for Sore Ears", *IEEE Spectrum Magazine*, vol. 41, no. 2, pp. 13-14, February 2004.
- [6] D. Kish, *Echolocation: How Humans Can "See" Without Sight*. Acessado em 04 de Janeiro de 2013, em: <http://www.martinnaef.ch/index.php?menuid=39&reporeid=66>.