



Relatório Técnico

**Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e
Pesquisas Computacionais**

**Uso de Giroscópio para
Auxiliar Pessoas com
Deficiências Múltiplas no
Uso do Dosvox**

M. F. Carvalho
J. A. S. Borges
J. F. M. Araújo
A. J. O. Cruz

NCE - 02/15

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Uso de giroscópio para auxiliar pessoas com deficiências múltiplas no uso do Dosvox

Marcos F. Carvalho ^{1 2}
José Antonio S. Borges ²
José Fábio M. Araújo ²
Adriano J. O. Cruz ^{1 2}

Resumo: Este artigo descreve uma solução que permite à pessoas com deficiência visual, que também têm impossibilidade de utilizar as mãos, possam ter acesso ao sistema Dosvox, um sistema que possibilita a interação entre o deficiente visual e o computador. O Dosvox é uma das Tecnologias Assistivas mais utilizadas no Brasil, por deficientes visuais. Nesta solução, o Dosvox, cuja operação é originalmente realizada unicamente pelo teclado, passa a poder ser operado através de um giroscópio, acoplado à cabeça do usuário, cujo movimento é traduzido numa série de acionamentos de teclas, escolhidas para proporcionar a operação plena dos menus do Dosvox, que correspondem a um alto percentual da interação com este sistema. A solução identificou diversos problemas a serem resolvidos e que foram tratados através de algoritmos e técnicas apresentados no artigo.

Abstract: This article describes a solution that allows people with visual impairments who also have the inability to use hands, to have access to the Dosvox system, a system that enables the interaction between the visually impaired and the computer, one of the most used Assistive Technologies in Brazil for the visually impaired. In this solution, the Dosvox, whose operation is originally performed solely by keyboard, now can be operated via a gyroscope coupled to the user's head, whose movement is translated into a series of keystrokes, chosen to provide the full operation of the menus Dosvox which correspond to a high percentage of interaction with this system. The solution identified several problems to be solved, they were treated by means of algorithms and techniques presented in the article.

¹PPGI-UFRJ – Programa de Pós-Graduação em Informática

Universidade Federal do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro – RJ – Brasil

²NCE-UFRJ – Instituto Tecnológico Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais

Universidade Federal do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro – RJ – Brasil

{fialho, antonio2, fmarinho, adriano@nce.ufrj.br}

1 Introdução

Nas décadas de 1990 e 2000 uma grande quantidade de programas de computador para Tecnologia Assistiva foi desenvolvida ou trazida para o Brasil possibilitando que pessoas com diversos tipos de deficiência pudessem ter um acesso bastante amplo a microcomputadores [1]. Tais soluções vieram a dar alto grau de independência cultural a uma parcela da população com sérias desvantagens sociais. Segundo o censo de 2010, 24% da população do Brasil tem algum grau de deficiência [2].

No Brasil, a categoria de pessoas com deficiência que conta com o maior número de produtos eletrônicos comerciais de Tecnologia Assistiva é a visual [3], sendo um dos produtos mais conhecidos o sistema Dosvox [1] com mais de 60.000 usuários em 2014. O Dosvox é um ambiente operacional em que toda a comunicação entre o computador e o usuário deficiente visual é feita através da síntese da fala e toda entrada de informações realizada através do teclado de um microcomputador convencional. No Dosvox, o usuário informa os comandos pelo teclado e o sistema utiliza um sintetizador de voz para a comunicação. Na grande maioria das vezes a forma de utilização do Dosvox é através de menus. O uso do mouse não se aplica por ser de difícil manuseio por deficientes visuais.

A síntese das respostas do computador, na forma audível, faz com que pessoas com deficiência visual, depois de um período de treinamento, tornem-se capazes de usar este equipamento de forma muito independente. Este estilo de operação pode, em muitos casos, ser até mais eficiente do que o acesso convencional com mouse, mas só é aplicável a deficientes visuais que sejam capazes de mover mãos e dedos sem dificuldade, e que também escutem com boa acuidade, o que caracteriza a maioria das pessoas com este tipo de deficiência. Entretanto há um número considerável de pessoas deficientes visuais que também tem graves deficiências motoras, como tetraplegia ou mucopolisacaridose. Para estas o Dosvox não atende minimamente, se não for agregado à outras soluções de Tecnologia Assistiva.

No Dosvox, boa parte do tempo de interação consiste em selecionar

opções de menus com as setas (para cima e para baixo), apertando “Enter” ou “Esc” para confirmar ou acessar certa informação. Uma solução possível para substituir o uso das setas é usar um giroscópio acionado por uma parte do corpo (por exemplo pela cabeça). Até pouco tempo atrás isso era inviável, pois o giroscópio mecânico tradicional é muito grande e pesado. Porém, com o avanço da microeletrônica e o surgimento da tecnologia de sistemas microeletromecânicos (MEMS) [4], os giroscópios hoje são equipamentos miniaturizados, presentes em vários artigos como celulares, tablets e vídeo games. São também encontrados em *headsets* de EEG. Em nossa pesquisa encontramos trabalhos em que foi usado para controlar cadeiras de rodas [5] e [6], simular os movimentos e acionamentos de mouses [7] e [8] e no auxílio à locomoção de deficientes visuais [9], [10] e [11].

A ideia é usar apenas o giroscópio para ativar e controlar a posição das opções de menus. Em outras palavras, usar os movimentos para direita, esquerda, cima e baixo da cabeça para confirmar uma opção, sair ou retornar ao menu anterior, subir e descer nas opções de menu, explorando assim, as várias possibilidades de movimentos para simular uma entrada pelo teclado. Procedimento semelhante foi usado por [7] para controlar o uso de mouse, mas o problema no nosso caso é peculiar, não apenas porque o mouse não é tradicionalmente usado por deficientes visuais, como também pelo fato de que a granularidade das opções de menu é muito maior do que o controle a nível de pixels.

O giroscópio apresenta muitas possibilidades e idiossincrasias de processamento, sendo necessárias diversas filtragens na aquisição e aproveitamento dos seus dados. Este artigo é focado nestes problemas, procurando mostrar que uma pessoa com deficiência visual e impossibilidade ou dificuldade em utilizar um teclado pode se beneficiar com o uso do giroscópio como uma interface para o sistema Dosvox, substituindo as setas do teclado. Além disso, procura mostrar alguns problemas encontrados no tratamento dos sinais retornados pelo sensor e possíveis formas de resolver tais problemas.

O texto está organizado da seguinte maneira: a seção 2 fala sobre os trabalhos correlatos e a escolha do sensor de giroscópio presente no *headset*

Epoc da empresa *Emotiv*, na seção 3 é apresentado o Dosvox e a estrutura de menus usada para controlá-lo, a seção 4 elucida como o giroscópio pode substituir o teclado como interface de entrada para o Dosvox, na seção 5 é mostrado o estudo dos sinais gerados pelo sensor, os problemas encontrados e as soluções escolhidas para tratar estes problemas, a seção 6 encerra discutindo os resultados, mostrando pontos que merecem ser aprofundados e fazendo uma avaliação crítica do trabalho.

2 Sensor de Giroscópio e seu uso em Tecnologia Assistiva

Os giroscópios são dispositivos relativamente antigos, que servem para indicar, durante alguma movimentação, a variação do seu ângulo de rotação em relação à certo plano. Estes aparelhos foram desenvolvidos para diversas aplicações em aviação e para navegação e orientação dos veículos marítimos. Estruturalmente falando, um giroscópio mecânico convencional é composto por “um dispositivo mecânico cuja roda gira rapidamente presa a um suporte especial. Para operar o giroscópio mecânico, é preciso fazer a roda girar. Em geral, é usado um motor elétrico para iniciar o movimento da roda e mantê-lo.” [12].

Como vimos na seção 1, a partir dos anos 1990, a utilização da tecnologia de microeletromecânica na construção de giroscópios, tornaram-os menores e mais baratos, viabilizando o uso em dispositivos mais populares [4] e [13]. Hoje os giroscópios são amplamente usados na indústria de telefones celulares, tablets e games, com a perspectiva de um número imenso de aplicações de diferentes tipos.

Diversos textos recentes falam da utilização dos giroscópios para aplicações de tempo real. Artemciukas [14] analisa a aplicação do giroscópio em jogos, estabilização de imagens, navegação, interface com o usuário e realidade aumentada. Bogue [15] cita o uso em mouses aéreos e controle baseado em gestos. Segundo estes autores, as possibilidades do uso de giroscópio são muito amplas. Estes autores salientam que o uso de vários sensores como giroscópio, acelerômetro, magnetômetro e GPS embora aumentem o esforço

computacional tornariam as aplicações mais confiáveis. No nosso estudo, entretanto, esses fatores não foram levados em conta, pois o uso de giroscópios foi suficiente para suprir as necessidades do uso pretendido.

Em se tratando da área médica, o uso de giroscópios foi testado em exames clínicos de eletroencefalografia (EEG), em pacientes com quadro de epilepsia, por exemplo. Um exame de EEG capta as ondas cerebrais. Estas ondas podem estar misturadas à artefatos produzidos pelo movimento de cabeça, olhos e face. O giroscópio pode ser utilizado para limpar estes sinais, facilitando um melhor diagnóstico do paciente [16] e [17].

Nos últimos anos, tem havido um crescimento considerável da quantidade e diversidade de tecnologias para ajudar pessoas com deficiências a usar o computador e várias pesquisas têm sido feitas para melhorar a usabilidade deste equipamento. Em nossa instituição (NCE-UFRJ), por exemplo, diversos sistemas foram desenvolvidos e aplicados especialmente para deficientes visuais e motores, com muitos milhares de usuários [1]. Nestas pesquisas, entretanto, o uso de giroscópio tem sido marginal e poucas referências são encontradas na bibliografia.

Em [18] os autores estudaram dois algoritmos para detecção do movimento de cabeça que serviriam para controlar um aplicativo. Em [5] e [6] os autores estudaram estes movimentos para controlar uma cadeira de rodas. Nos dois casos os sinais do giroscópio foram captados do *neuroheadset Epoc*. O mesmo que usamos na nossa pesquisa, como veremos no próximo parágrafo. Em [7] e [8] os autores simularam o controle de mouses. Em [9], [10], [11] os autores propuseram seu uso em sistema de auxílio de locomoção de pessoas com deficiência.

Neste trabalho foi usado o *neuro-headset Epoc da Emotiv*, mostrado na Figura 1. O *Epoc* possui 14 sensores para captação dos sinais de EEG e um sensor de giroscópio MEMS [19] que mede a velocidade angular em dois eixos perpendiculares entre si. Enquanto os sinais de EEG sofrem uma série de interferências além de ser necessária uma calibração para cada usuário, o sinal do giroscópio é bem fácil de usar, não precisa ser calibrado e é independente

do estado emocional e psicológico do usuário.



Figura 1. Neuro-headset Epoc da Emotiv

Em síntese, escolhemos estudar o giroscópio e o seu uso como interface homem-máquina, aplicando-o ao sistema Dosvox [1]. O uso dos sinais de EEG foi preterido nesses estudos preliminares, na medida em que neles ocorrem alta instabilidade e variabilidade, tornando o problema de aproveitá-los para nossas aplicações muito imponderável para as condições atuais da pesquisa.

Veremos, na próxima parte, o modelo de comunicação do sistema Dosvox com o usuário.

3 Dosvox

No início da década de 80 apareceram no mercado de microinformática diversos programas que poderíamos denominar de “interfaces de pré-manipulação direta”. Nestes sistemas uma lista de itens era apresentada na tela (por exemplo, opções, arquivos, nomes, etc), o item desejado era selecionado com as setas e em seguida uma tecla era acionada para selecionar alguma ação desejada. Um exemplo que foi *best seller* naquela época foi o *Xtree* [20].

Com a ajuda de programas relativamente simples de leitura de tela acoplados a sintetizadores de voz, os deficientes visuais operavam sem dificuldade estes tipos de interfaces, em virtude da comunicação ser absolutamente linear. Em outras palavras, como cita [21]:

“... o computador lê alguma coisa, a pessoa tecla, o computador lê outra, e assim por diante, e dessa forma, um cego atinge em geral uma alta eficiência. Se levamos em consideração que as sequências de ações são frequentemente repetitivas, e que portanto podem ser memorizadas, um cego pode se igualar ou mesmo superar a velocidade de operação de um não-invisual nestes sistemas, pois quase sempre a memorização é uma das exigências do seu cotidiano.”

Segundo [21], para que sistemas para deficientes visuais sejam bem-sucedidos, suas interfaces deverão obedecer a algumas normas gerais:

1. Deverão ser altamente configuráveis, para se adaptar melhor as necessidades individuais de cada usuário.
2. Fornecer um *FEEDBACK* imediato, ou seja, o usuário deverá ser notificado quanto à ação executada, assim como, o resultado atingido.
3. Utilizar metáforas concretas e torná-las claras, de forma que o usuário tenha um conjunto de expectativas associadas à atividade em questão.
4. Dirigir a atenção do usuário para o alvo corrente da ação.

O sistema Dosvox, parte desta pesquisa, é um exemplo bem sucedido da aplicação destas normas, utilizando comandos dados unicamente pelo teclado, combinando estilos simples de interface (comandos em menus, perguntas e respostas, linguagem de comandos) adaptados para fornecer um *feedback* muito claro por síntese de voz no idioma português.

Como esboçado na seção 1, a operação mais frequente do Dosvox é baseada em menus sonorizados, ilustrado na Figura 2. O usuário pode percorrer estes menus usando apenas as setas, escolher a opção corrente com a tecla “Enter”, desistir com a tecla “ESC” ou acessar diretamente uma opção por uma tecla de atalho, exibida à esquerda de cada opção no menu. Os menus são hierárquicos, no sentido que um certo menu provoca, em geral, um diálogo em que provavelmente haverá outros menus similarmente construídos. Além dessa forma essencial de operação, o sistema faz uso de outras formas de interação, como formulários para edição textual de configurações ou opções e campos de digitação. O uso destes dois últimos elementos exige um pouco mais de conhecimento e domínio do teclado por parte do usuário.

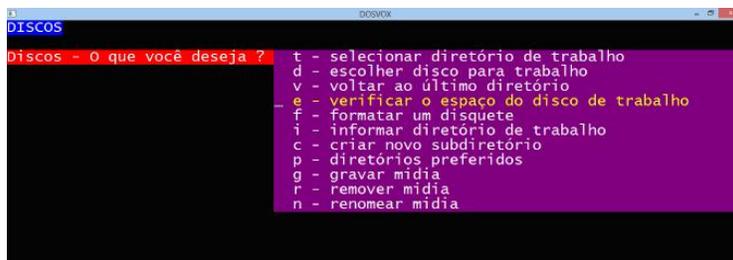


Figura 2. Um exemplo típico de menus do Dosvox

Quando o usuário, entretanto, não pode usar as mãos, o uso deste tipo de interface fica inviabilizado. Há relatos de usuários que usam a língua, os dedos do pé ou outras partes do corpo para ter acesso ao teclado, mas isso é sempre acompanhado de grande desconforto ou dor.

A ideia de nosso projeto foi, então, utilizar o giroscópio para simular a entrada pelo teclado. Como o sensor nos dá a intensidade de direção do movimento em dois eixos, temos a possibilidade de detectar 4 sentidos de movimento associados aos movimentos de cabeça para esquerda, direita, cima e baixo.

Em essência, no caso de menus como os da Figura 2, o usuário usa os movimentos de cabeça para controlar a interação. Numa primeira abordagem

poderíamos pensar que o movimento para cima e baixo controla a varredura do menu, o movimento para a esquerda, provoca o retorno ao menu anterior ou a saída dele e o movimento para a direita ativa a opção corrente. Outros movimentos para o controle de opções mais complexas, especialmente aquelas relativas ao processo de preenchimento de formulários e digitação podem ser executados como um conjunto de movimentos simples. Estes movimentos, por necessitarem um estudo mais aprofundado, serão tratados na continuação da pesquisa.

Na seção seguinte, mostramos como o uso do giroscópio pode prover uma boa adaptação, para pessoas com problemas motores, conseguirem usar confortavelmente o sistema Dosvox.

4 Adaptando o uso do giroscópio à operação dos menus do Dosvox

A primeira ideia do projeto foi introduzir modificações diretamente no código fonte do Dosvox. Entretanto, o Dosvox é um sistema bastante complexo e com cerca de 200.000 linhas de código em *Object Pascal (Delphi)*, com muitos casos particulares de interação. Focamos-nos inicialmente em validar a efetividade de nossa hipótese baseada na interação através do giroscópio. Para isso criamos um experimento, um pequeno aplicativo que faz uso das mesmas técnicas interativas do Dosvox, em particular, com uso da mesma biblioteca de interação, que seria considerada como uma simplificação operacional, permitindo, entretanto que se prestasse à simulação do sistema de controle por menus usado no Dosvox. A aparência da primeira tela deste aplicativo está mostrada na Figura 3.

Mesmo com essa simplificação, ainda seria necessário alterar as rotinas da biblioteca, que são bastante complexas. Estas rotinas, foram escritas para tratarem o teclado. A validação, após alguns testes preliminares, acabou levando à obrigatoriedade de adequar um número enorme de situações do código original (criados originalmente para aperfeiçoar o acesso e controlar as situações de erro de acionamento). Reescrever as rotinas, para tratar o giros-

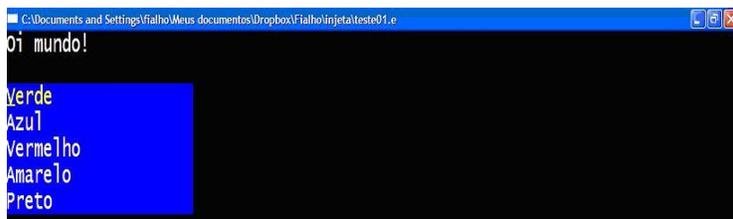


Figura 3. Aplicativo para testar o giroscópio como interface de controle para a estrutura de menus do Dosvox.

cópio diretamente, seria um trabalho muito grande nesta fase da pesquisa. Decidimos então, usar um mecanismo de acionamento externo, fazendo com que o movimento do giroscópio provocasse a inserção de caracteres no *buffer* de teclado do Windows®. Isso permitiu realizar uma prototipagem rápida para a validação da nossa hipótese de conveniência de uso do giroscópio. A Figura 4 demonstra o mecanismo utilizado.

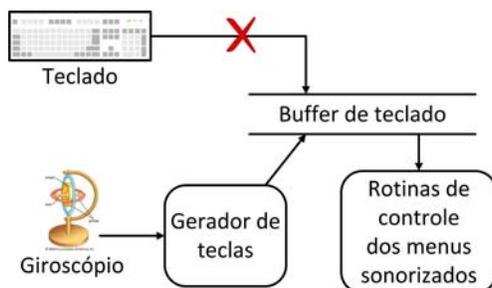


Figura 4. Injetor de teclas simuladas, controladas pelo giroscópio.

Desta forma desenvolvemos os procedimentos de captura dos sinais do sensor e simulação da entrada pelo teclado, o que além de mais simples, promete ser uma fonte para uma maior gama de possibilidade de testes de opções operacionais, em particular aqueles relacionados com aspectos de desempenho e ergonomia.

Na prática, entretanto, este simulador de teclas controlado por giroscópio mostrou-se altamente instável, a ponto de ser quase impossível um con-

trole confiável, mesmo para pessoas com grande controle muscular. O sinal gerado pelo giroscópio tem peculiaridades de geração que só são notadas quando se tenta usar este sinal. Pequenas oscilações da cabeça acabavam por gerar comandos, causando grande perturbação no uso contínuo como controle do Dosvox. O sinal oscila, tem histerese, gravita em torno de pontos variáveis, e apresenta muitas outras situações que são causadas não apenas pela eletrônica e pela mecânica do sensor, mas especialmente pela instabilidade muscular do operador (que pode ser enorme, dependendo da pessoa).

Os primeiros testes logo mostraram a necessidade de estudar como é o comportamento dos sinais em relação aos movimentos de cabeça, e quais seriam as estratégias para compensar ou pelo menos minimizar as instabilidades observadas.

Tornou-se fundamental o estudo detalhado do comportamento dos sinais apresentados pelo giroscópio para diversos tipos de movimento da cabeça. Decidimos, após experimentos iniciais, capturar os valores retornados pelo sensor para um conjunto de 10 cabeçadas nas 4 direções para diferentes intensidades de movimento. Os resultados desta fase deveriam apontar soluções que permitissem que o uso do *headset*, além de confortável para o usuário, também desprezasse pequenos movimentos que não são intenções do usuário de enviar um comando ao sistema.

Na próxima seção mostraremos os resultados dos estudos destes sinais.

5 O sinal gerado pelo giroscópio: problemas e soluções propostas

Como vimos na seção 3 ao tentarmos usar o sensor do giroscópio do *headset EPOC* encontramos diversos problemas que conduziram à necessidade de proceder a um estudo inicial sobre o comportamento do sinal, uma vez que alternativas anteriores de usar os sinais sem tratamento resultaram em baixa confiabilidade de acionamento.

Observando graficamente as medidas de amplitude, Figura 5, verifica-

mos que em um único movimento de cabeça, como o sensor tende sempre a retornar à posição inicial, são obtidos valores que indicam vários movimentos. Essa observação explicou grande parte das dificuldades em usar o sensor para controlar nossa aplicação sem um tratamento efetivo.

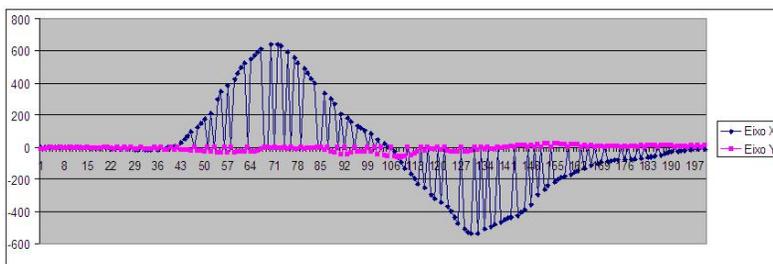


Figura 5. Valores retornados pelo giroscópio para uma cabeçada típica para a direita. No eixo horizontal temos 200 medidas feitas a cada $5ms$ e no eixo vertical a velocidade angular em \hat{A}°/s .

Na Figura 5 temos os valores retornados pelo sensor do giroscópio para uma cabeçada para a direita. Neste caso, estamos interessado no movimento no eixo horizontal (“Eixo X”). Podemos ver que o sinal em vários momentos retorna ao zero. Isto se dá porque o sensor é capaz de executar 128 medidas por segundo [22] e estávamos fazendo mais medidas neste mesmo intervalo de tempo. Como o sensor não tinha uma medida válida ele retorna o valor zero. Para corrigir este problema foi inserido uma espera no programa, aguardando assim, que o sensor tivesse uma leitura válida. Com este cuidado o controle da aplicação pelo giroscópio tornou-se possível, como está mostrado na Figura 6.

A nossa próxima preocupação foi com a facilidade e o conforto do usuário ao usar o *headset*. Dois requisitos foram definidos:

- Evitar que pequenos movimentos fossem reconhecidos como um comando. O usuário não precisa ficar imóvel, mas tem a possibilidade de se movimentar sem que a aplicação entenda isso como um comando.

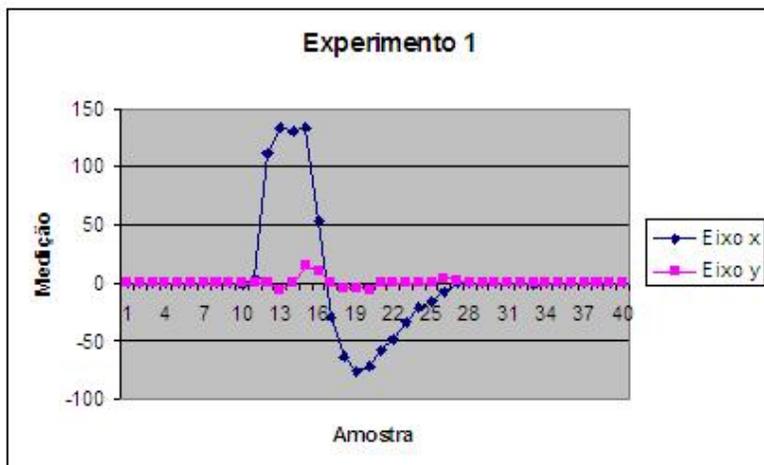


Figura 6. Valores retornados pelo giroscópio com o atraso na leitura do sensor. No eixo horizontal temos 40 medidas feitas a cada 50ms e no eixo vertical a velocidade angular em \hat{A}°/s .

- Necessidade de não fazer movimentos excessivamente bruscos e com grande amplitude.

Para tratarmos estas situações introduzimos valores limiares de ativação de comando. A escolha destes limiares foi feita com base nos valores retornados pelo sensor, conforme mencionamos acima, de tal modo que valores pequenos fossem desprezados, possibilitando uma livre movimentação para o usuário. Ao mesmo tempo em que este valor não fosse muito alto, evitando a necessidade de movimentos bruscos ou excessivamente amplos, visando o conforto e a facilidade de uso. Estes cuidados são importantes na medida em que o uso do computador se torne prolongado, podendo levar a fadiga e dores, por o usuário estar efetuando movimentos que não está acostumado e de forma repetitiva.

Observando os valores retornados pelos 40 experimentos observamos a média dos picos retornados pelo sensor para cada sentido do movimento.

Assim os valores de ativação, em cada sentido foram escolhidos segundo a Tabela 1.

Tabela 1. Limiares de ativação para interpretar a intensão do usuário em dar um comando.

| Sentido | Velocidade Angular (\hat{A}°/s) |
|----------|--|
| Direita | 150 |
| Esquerda | 200 |
| Cima | 200 |
| Baixo | 150 |

5.1 O modelo de estados

Vimos a necessidade de introduzirmos um atraso na leitura dos valores do sensor para que pudéssemos usá-lo para controlar a aplicação. Para programarmos nosso aplicativo usamos o conceito de máquina de estados. Em engenharia de software e eletrônica digital, um diagrama de transição de estados é uma representação do estado ou situação em que um objeto pode se encontrar no decorrer da execução de processos de um sistema. Com isso, o objeto pode passar de um estado inicial para um estado final através de uma transição. A Figura 7 mostra o diagrama usado. Utilizamos a mesma técnica de retardar, por milissegundos, a transição entre os estados, a fim de esperarmos que o sensor estivesse pronto para uma nova leitura.

Como vemos na Figura 7, o giroscópio começa em “repouso” e fica aguardando que ocorra a intenção de um movimento, quando esta ocorre ele passa ao estado “antesDeLer” para aguardar alguns instantes antes de uma nova leitura. Se esta nova leitura confirma o movimento ele troca de estado para o movimento conveniente, gera o comando respectivo e passa ao estado “inibido” aguardando alguns instantes antes de retornar ao “repouso” e novo ciclo se repete.

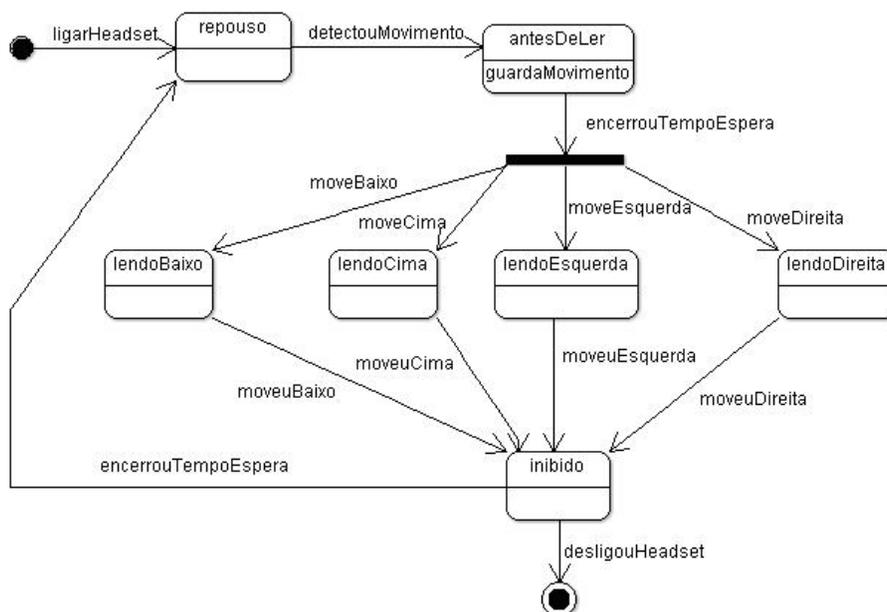


Figura 7. Diagrama de estado.

Com estas soluções, o uso do giroscópio presente no *neuro-headset Epor da Emotiv* mostrou-se viável.

6 Conclusão

Esta pesquisa teve como foco o desenvolvimento de uma alternativa inovadora quanto ao uso do teclado e mouse no acesso ao sistema Dosvox, criado com características direcionadas unicamente para deficiência visual, para permitir sua aplicação para pessoas com deficiência múltipla (visual + tetraplegia).

A solução criada fez uso de um giroscópio MEMS, de pequenas dimen-

sões e que pode ser acoplado sem dificuldade à cabeça do usuário, através de uma estrutura de suporte conveniente (como o hardware *Emotiv* ou mesmo equipamentos de baixíssimo custo como o giroscópio de telefones celulares). Com a união Dosvox + giroscópio, muitas pessoas que não podiam antes ter acesso ao computador, passam a fazer uso do Dosvox, e assim adquirem autonomia para diversas atividades e melhor acesso às informações que as pessoas que são “apenas deficientes visuais” já adquiriram há muito tempo pelo uso pleno deste sistema.

Embora os testes tenham sido direcionados para hardware específico, um giroscópio instalado no *headset EPOC*, da empresa *EMOTIV*, a solução desenvolvida parece ser razoavelmente independente de equipamento e de fabricante, como por exemplo, os giroscópios presentes em celulares e tablets. A pesquisa irá caminhar para confirmar esta afirmativa, permitindo que as pessoas que não têm poder aquisitivo suficiente para adquirir um *EPOC*, possam se beneficiar deste estudo.

Os testes realizados direcionaram-se fundamentalmente ao uso do menu simples, que é o elemento de interação de maior utilização no Dosvox. Entretanto, a mesma solução é aplicável a um teclado virtual, como mostrado na Figura 8. Neste caso em particular, para seleção de uma letra, basta repetir o procedimento interativo duas vezes, uma para selecionar a linha da letra desejada e outra para selecionar a letra em si. Esta implementação de digitação virtual é importante, na medida em que com ele todas as funções previstas na interação do Dosvox estariam cobertas.

Optamos por deixar a implementação de um teclado virtual para um trabalho futuro, uma vez que neste caso é quase obrigatório um estudo referente a abreviaturas, pré-digitação e heurísticas de previsão de texto, que fogem totalmente do contexto deste trabalho.

A continuação da pesquisa, além da questão relativa ao teclado virtual, deverá ser direcionada para realizar testes com maior número de pessoas a fim de melhorar os parâmetros de calibração do giroscópio. É necessário medir o desempenho em um número grande de pessoas para tentar estabelecer in-

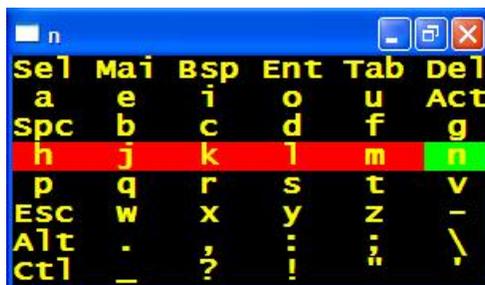


Figura 8. Teclado virtual.

tervalos de confiança, e quem sabe, estabelecer um padrão de acionamentos com pessoas sem e com deficiência. Neste caso, esperamos poder propor uma calibração para o uso do giroscópio nos limiares de ativação e no tempo de retardo da leitura do sensor, tornando-o mais eficiente e confortável para cada usuário.

Referências

- [1] BORGES, J. d. S. *Do Braille ao DOSVOX: diferenças nas vidas dos cegos brasileiros*. 2009. Tese (Doutorado) — Tese (Doutorado)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.
- [2] OLIVEIRA, L. Cartilha do censo 2010: Pessoas com deficiência. *Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República (SDH/PR)/Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência (SNPD)/Coordenação-Geral do Sistema de Informações sobre a Pessoa com Deficiência*, 2012.
- [3] CNPTA. *CNPTA - Catálogo Nacional de Produtos de Tecnologia Assistiva*. 2014. [Http://assistiva.mct.gov.br](http://assistiva.mct.gov.br). Acessado em 26 ago. 2014.

- [4] FORHAN, N. A. E.; SENNA, J. R. S. Giroscopios mems. *Relatório técnico-científico, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, São José dos Campos-SP-Brasil, INPE-16671-RPQ/848*, 2010.
- [5] RECHY-RAMIREZ, E.; HU, H.; MCDONALD-MAIER, K. Head movements based control of an intelligent wheelchair in an indoor environment. In: *Robotics and Biomimetics (ROBIO), 2012 IEEE International Conference on*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 1464–1469.
- [6] LOVIZARO, M. E. et al. Dispositivo sensível à inclinação aplicado ao controle da locomoção de cadeira de rodas elétrica para pessoa com tetraplegia. *Anuário da Produção de Iniciação Científica Discente*, v. 14, n. 25, p. 31–40, 2014.
- [7] PEREIRA, C. A. M. *Desenvolvimento e avaliação de uma interface homem-computador, com as funções de um “mouse”, controlada pelo movimento da cabeça para uso em pessoas com deficiências físicas*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2009.
- [8] ROSAS-CHOLULA, G. et al. Gyroscope-driven mouse pointer with an emotiv® eeg headset and data analysis based on empirical mode decomposition. *Sensors, Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, v. 13, n. 8, p. 10561–10583, 2013.
- [9] ZHOU, H.; HU, H. Human motion tracking for rehabilitation - a survey. *Biomedical Signal Processing and Control*, v. 3, n. 1, p. 1 – 18, 2008. ISSN 1746-8094. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1746809407000778>>.
- [10] HESCH, J. A.; ROUMELIOTIS, S. I. An indoor localization aid for the visually impaired. In: *IEEE. Robotics and Automation, 2007 IEEE International Conference on*. [S.l.], 2007. p. 3545–3551.
- [11] HASHIMOTO, H.; MAGATANI, K.; YANASHIMA, K. The development of the navigation system for visually impaired persons. In: *IEEE*.

- Engineering in Medicine and Biology Society, 2001. Proceedings of the 23rd Annual International Conference of the IEEE.* [S.l.], 2001. v. 2, p. 1481–1483.
- [12] BRITANNICA, E. E. *Giroscópio*. 2014. Disponível em: <<http://escola.britannica.com.br/article/481438/giroscopio>>. Acessado em 26 ago. 2014.
- [13] LU, Y. et al. Research on reference vibration for a two-axis piezoelectric micro-machined gyroscope. *Journal of Micromechanics and Microengineering*, IOP Publishing, v. 20, n. 7, p. 075039, 2010.
- [14] ARTEMCIUKAS, E. et al. Real-time control system for various applications using sensor fusion algorithm. *Electronics and Electrical Engineering*, v. 18, n. 10, p. 61–64, 2012.
- [15] BOGUE, R. Sensors for interfacing with consumer electronics. *Sensor Review*, Emerald Group Publishing Limited, v. 31, n. 2, p. 106–110, 2011.
- [16] O'REGAN, S.; FAUL, S.; MARNANE, W. Automatic detection of {EEG} artefacts arising from head movements using {EEG} and gyroscope signals. *Medical Engineering & Physics*, v. 35, n. 7, p. 867 – 874, 2013. ISSN 1350-4533. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350453312002445>>.
- [17] O'REGAN, S.; MARNANE, W. Multimodal detection of head-movement artefacts in {EEG}. *Journal of Neuroscience Methods*, v. 218, n. 1, p. 110 – 120, 2013. ISSN 0165-0270. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165027013001556>>.
- [18] WANG, S. et al. Development of assistive technology devices using an eeg headset. In: IEEE. *Bioengineering Conference (NEBEC), 2013 39th Annual Northeast*. [S.l.], 2013. p. 317–318.
- [19] EMOTIV, F. *Gyroscope types*. 2014. <https://emotiv.com/forum/forum12/topic2490/messages/>. Acessado em 26 ago. 2014.

[20] WIKIPÉDIA. *Xtree*. 2014. [Http://pt.wikipedia.org/wiki/Xtree](http://pt.wikipedia.org/wiki/Xtree). Acessado em 26 ago. 2014.

[21] PORTO, B. C. *WEBVOX - UM NAVEGADOR PARA A WORLD WIDE WEB DESTINADO A DEFICIENTES VISUAIS*. Dissertação (Mestrado) — UFRJ IM/NCE - Mestrado em Informática, 2001.

[22] EMOTIV, F. *Gyro specs*. 2014. [Https://www.emotiv.com/forum/forum4/topic154](https://www.emotiv.com/forum/forum4/topic154)
Acessado em 26 ago. 2014.