

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE MATEMÁTICA
INSTITUTO TERCIO PACITTI DE APLICAÇÕES E PESQUISAS
COMPUTACIONAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

MARCOS FIALHO DE CARVALHO

**PROPOSTA DE INTERFACE
BASEADA EM GIROSCÓPIO
PARA AUXILIAR PESSOAS COM
DEFICIÊNCIA MÚLTIPLA NO
USO DO SISTEMA DOSVOX**

Rio de Janeiro
2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE MATEMÁTICA
INSTITUTO TÉRCIO PACITTI DE APLICAÇÕES E PESQUISAS
COMPUTACIONAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

MARCOS FIALHO DE CARVALHO

**PROPOSTA DE INTERFACE
BASEADA EM GIROSCÓPIO
PARA AUXILIAR PESSOAS COM
DEFICIÊNCIA MÚLTIPLA NO
USO DO SISTEMA DOSVOX**

Dissertação de Mestrado submetida ao Corpo Docente do Departamento de Ciência da Computação do Instituto de Matemática, e Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Informática.

Orientador: Josefino Cabral Melo Lima

Co-orientador: Adriano Joaquim de Oliveira Cruz

Co-orientador: José Antonio dos Santos Borges

Rio de Janeiro
2015

C331 Carvalho, Marcos Fialho de

Proposta de interface baseada em giroscópio para auxiliar pessoas com deficiência múltipla no uso do sistema Dosvox / Marcos Fialho de Carvalho. – 2015.

149 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Programa de Pós-Graduação em Informática, Rio de Janeiro, 2015.

Orientador: Josefino Cabral Melo Lima.

Co-orientador: Adriano Joaquim de Oliveira Cruz.

Co-orientador: José Antonio dos Santos Borges

1. Tecnologia Assistiva. 2. Deficiência Múltipla. 3. Dosvox. 4. Giroscópio. 5. Interface Homem-Computador. 6. Mucopolissacaridose. – Teses. I. Lima, Josefino Cabral Melo (Orient.). II. Cruz, Adriano Joaquim de Oliveira (Co-orient.). III. Borges, José Antonio dos Santos (Co-orient.). IV. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Programa de Pós-Graduação em Informática. V. Título

CDD

MARCOS FIALHO DE CARVALHO

**PROPOSTA DE INTERFACE BASEADA EM
GIROSCÓPIO PARA AUXILIAR PESSOAS COM
DEFICIÊNCIA MÚLTIPLA NO USO DO SISTEMA
DOSVOX**

Dissertação de Mestrado submetida ao Corpo Docente do Departamento de Ciência da Computação do Instituto de Matemática, e Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Informática.

Aprovado em: Rio de Janeiro, ____ de _____ de _____.

Prof. D.Sc. Josefino Cabral Melo Lima (Orientador)

Prof. Ph.D. Adriano Joaquim de Oliveira Cruz (Co-orientador)

Prof. Dr. José Antonio dos Santos Borges (Co-orientador)

Prof. Ph.D. Marcos da Fonseca Elia

Prof. Ph.D. Priscila Machado Vieira Lima

Prof. Dr. Jonas Knopman

Prof. Dr.^a Leila Cristina Vasconcelos de Andrade

*Dedico este trabalho aos meus pais, Lysandro e Teresinha,
às minhas filhas Giulia e Giovanna e
à minha companheira Rita.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Lysandro e Teresinha que tornaram possível que este dia chegasse, sem eles não haveria o caminho.

Ao meu orientador Prof. D.Sc. Josefino Cabral Melo Lima por ter aceito assumir a orientação.

Ao meu co-orientador Prof. Ph. D. Adriano Cruz que acreditou no meu trabalho.

Ao meu co-orientador e amigo de longa data Prof. Dr. Antonio Borges por dar rumo a esta pesquisa, pela criação do Dosvox, objeto deste trabalho, e pelo vislumbre em ver na oportunidade do uso do sensor de giroscópio, uma forma de ajudar a tornar mais confortável o uso do Dosvox para a Thamires, portadora de mucopolissacaridose, que lhe deixou sem visão, tato e com dificuldade de movimentação.

Ao Prof. Ph. D. Marcos Elia que ajudou a planejar a metodologia, os experimentos e a definir o modelo de análise dos resultados.

À Thamires Aguiar, musa inspiradora deste trabalho.

À Dr.^a Lenira Luna pela ajuda em entender as necessidades, dificuldades e anseios das pessoas com deficiência.

Ao amigo Prof. Dr. José Alexandre Seixas que me tirou da inercia e me incentivou a voltar à sala de aula.

Aos amigos e colegas de trabalho do LabBCI, Henrique Serdeira, João Sergio S. Assis, José Fabio M. Araújo, Márcia Cristina A. Soeiro e Mário Afonso S. Barbosa, especialmente ao Fabio que dividiu a co-orientação e ao Henrique pelas conversas e dicas que ajudaram a melhorar este trabalho.

Um agradecimento especial ao colega Prof. Júlio Tadeu Carvalho da Silveira, grande professor, que com paciência e vontade de ensinar, me ajudou em diversos trabalhos durante o curso e foi quem colocou o *Girovox* para funcionar trabalhando no desenvolvimento do aplicativo. Além do primoroso trabalho de revisão do texto da dissertação.

Aos professores, funcionários e colegas do PPGI que diretamente ou indiretamente contribuíram para o meu sucesso.

Um agradecimento especial ao colega Leandro Justino, grande estatístico, por sua ajuda na compreensão das ferramentas desta disciplina.

Ao colega Luiz Carlos de Padua Salles que ajudou a completar o espaço amostral do experimento, tornando mais fácil chegar aos 30 sujeitos, quantidade necessária para dar validade ao experimento.

RESUMO

Carvalho, Marcos Fialho de. **Proposta de interface baseada em giroscópio para auxiliar pessoas com deficiência múltipla no uso do sistema Dosvox**. 2015. 149 f. Dissertação (Mestrado em Informática) - PPGI, Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

Este texto descreve uma pesquisa que visa permitir às pessoas com deficiência visual, e que também tenham dificuldade em utilizar o teclado, o acesso ao sistema Dosvox, um sistema usado para 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 a cabeça do usuário, cujo movimento é traduzido em uma série de acionamentos de teclas escolhidas para proporcionar a operação plena dos comandos mais frequentes do Dosvox. Para um completo uso do sistema Dosvox foi incluído um teclado virtual possibilitando a entrada de texto através do giroscópio.

Palavras-chave: Tecnologia Assistiva, Deficiência Múltipla, Dosvox, Giroscópio, Interface Homem-Computador, Mucopolissacaridose.

ABSTRACT

Carvalho, Marcos Fialho de. **Proposta de interface baseada em giroscópio para auxiliar pessoas com deficiência múltipla no uso do sistema Dosvox.** 2015. 149 f. Dissertação (Mestrado em Informática) - PPGI, Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

This text describes a research that aims to enable people with visual impairments and who also have difficulty using the keyboard, to have access to the Dosvox system, one of the most used Assistive Technologies in Brazil, that enables the interaction between visually impaired people and the computer. In this solution, the Dosvox, whose operation is originally performed solely through keyboard, is operated via a gyroscope coupled to the user's head, whose movements can now be translated into a series of keystrokes, chosen to provide full operation of the most common Dosvox menus. In order to allow a full use of the Dosvox, a virtual keyboard was also included, allowing text to be entered through the gyroscope.

Keywords: Assistive Technology, Multiple disabilities, Dosvox, gyro, Human Computer Interface, Mucopolysaccharidosis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1:	Tela inicial do Sistema Dosvox.	37
Figura 3.2:	Um exemplo típico de menus do Dosvox.	37
Figura 3.3:	Escolhendo um arquivo para trabalhar no Dosvox.	38
Figura 3.4:	Exemplo de tela de configuração do Dosvox.	39
Figura 3.5:	Relação dos arquivos do software básico do Sistema Dosvox.	40
Figura 3.6:	Teclado virtual do Microsoft Windows [®]	45
Figura 3.7:	Teclado virtual do Google.	45
Figura 3.8:	Free Virtual Keyboard.	45
Figura 3.9:	Hot Virtual Keyboard.	46
Figura 3.10:	Teclado virtual Click-N-Type.	46
Figura 3.11:	Tela inicial do teclado virtual	48
Figura 3.12:	Opções para o teclado virtual do microFênix.	49
Figura 3.13:	Teclado virtual e Dosvox.	52
Figura 3.14:	Representação de um giroscópio.	55
Figura 3.15:	Neuro-headet Epoc da Emotiv	57
Figura 4.1:	Protótipo: acionamento do giroscópio com a mesma interface de controle de menus do Dosvox.	59
Figura 4.2:	Injetor de teclas simuladas, controladas pelo giroscópio.	60
Figura 4.3:	Valores retornados pelo giroscópio para um cabeceio típico para a direita. No eixo horizontal temos 200 medidas feitas a cada $5ms$ e no eixo vertical a velocidade angular em \hat{A}°/s	62
Figura 4.4:	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	63
Figura 4.5:	Diagrama de estado para leitura do giroscópio.	66
Figura 5.1:	Exemplo de amostra obtida em um cabeceio para a direita.	75
Figura 5.2:	Fases do Movimento.	77
Figura 6.1:	Valores retornados pelo giroscópio com o atraso na leitura do sensor para 10 cabeçadas para a direita excluindo o tempo de <i>delay</i> . Dados referentes ao sujeito S1.	88
Figura 7.1:	Limiares calculados no Experimento 1 e usados com a Thamires.	104
Figura 7.2:	“Box Plot” com os valores obtidos pelos sujeitos para cada sentido de movimento.	108

Figura 7.3: “Box Plot” com os valores das médias de $N = 5$ sujeitos para cada tipo de movimento. 109

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1: Limiares de ativação para interpretar a intensão do usuário em dar um comando.	65
Tabela 5.1: Os movimentos que o <i>Girovox</i> é capaz de reconhecer com as ações disparadas.	84
Tabela 6.1: Grau de experiência com o uso de computadores.	87
Tabela 6.2: Valores das variáveis para o sujeito S1 nos 10 cabeceios executados para a direita.	88
Tabela 6.3: Média e desvio padrão considerando os movimentos C1, C4 e C5.	89
Tabela 6.4: Totais de cabeceios para a direita do sujeito S1 detectados pela média e desvio padrão da Tabela 6.3	90
Tabela 6.5: Média entre as médias dos 5 sujeitos para cabeceios para direita.	91
Tabela 6.6: Total de cabeceios para a direita do sujeito S1 detectados pela média das médias entre os sujeitos. Foram considerados todos os 10 movimentos.	91
Tabela 6.7: Total de cabeceios para a direita detectados dos cinco sujeitos.	91
Tabela 6.8: Total de cabeceios para a esquerda detectados dos cinco sujeitos. Um experimento do sujeito S4 foi descartado por erro na execução do movimento.	92
Tabela 6.9: Total de cabeceios para baixo detectados dos cinco sujeitos.	92
Tabela 6.10: Total de cabeceios para cima detectados dos cinco sujeitos.	92
Tabela 6.11: Limiar de ativação para cada sentido de movimento.	93
Tabela 6.12: Resultados obtidos no experimento 2.	94
Tabela 6.13: Características dos sujeitos do experimento 2.	95
Tabela 6.14: Mínimo de acertos e número de sujeitos por mínimo de acertos.	96
Tabela 6.15: Estatística de regressão linear considerando a variável dependente o percentual de acertos ($R\text{-Quadrado} = 0,276084586$).	98
Tabela 6.16: Limiar de ativação para cada sentido de movimento usados pela Thamires Aguiar.	100
Tabela 7.1: Valores obtidos pelos 5 sujeitos para um cabeceio para a direita.	107

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Motivação	14
1.2	Mais sobre a Thamires	15
1.3	Hipótese	19
1.4	Estrutura da dissertação	19
2	A PESSOA COM DEFICIÊNCIA NA HISTÓRIA	22
2.1	Evolução sócio-política das pessoas com deficiência ao longo da História	22
2.1.1	Pessoas com deficiência na História	22
2.1.2	A evolução Histórica das pessoas com deficiência no Brasil	26
2.1.3	Do modelo médico ao modelo da Convenção das Pessoas com Deficiência	27
2.2	Tecnologia Assistiva	29
3	REVISÃO DOS ARTEFATOS TECNOLÓGICOS USADOS NESTE TRABALHO	30
3.1	Programas de computador para auxiliar deficientes visuais	30
3.1.1	Dosvox	30
3.1.2	Leitores de tela	31
3.1.3	Programas de computador para auxiliar deficientes motores	33
3.2	O Dosvox como base de desenvolvimento desta pesquisa	34
3.3	Estudo sobre a interface Dosvox	35
3.4	Interfaceando os eventos gerados pelo giroscópio com o software básico do Sistema Dosvox	39
3.5	Teclados Virtuais	43
3.5.1	Estruturas típicas de Teclados Virtuais	44
3.5.2	O teclado virtual do <i>microFênix</i>	47
3.5.3	Tipo de retorno sonoro no processo de varredura	50
3.6	Conceitos básicos sobre giroscópios	53
4	DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA	58
4.1	Discussão sobre alternativas para interferir no acionamento do Dosvox	58
4.2	Protótipo para experimentos	58
4.3	O sinal gerado pelo giroscópio: problemas e soluções propostas	61
4.3.1	O modelo de estados	65

5	METODOLOGIA DA PESQUISA	68
5.1	Metodologia de projeto quase-experimental	69
5.2	Procedimentos e análise	71
5.2.1	Experimento 1	71
5.2.2	Experimento 2	78
5.2.3	Experimento 3	81
5.3	Sistema experimental	83
5.3.1	Experimento 1	83
5.3.2	Experimentos 2 e 3	83
5.4	Amostra por conveniência	85
6	RESULTADOS EXPERIMENTAIS	86
6.1	Experimento 1	86
6.2	Experimento 2	93
6.3	Experimento 3	98
7	CONCLUSÃO	102
7.1	Conclusões	102
7.1.1	Comparando os valores calculados no experimento e os usados com a Thamires	103
7.2	Metodologia	104
7.2.1	Análise Exploratória usando Box Plot	105
7.2.2	Alternativa metodológica	108
7.3	Trabalhos futuros	110
	REFERÊNCIAS	112
	APÊNDICE A AUTORIZAÇÃO DADA POR THAMIRES AGUIAR	118
	APÊNDICE B TROCA DE E-MAILS COM O SUPORTE DA <i>EMOTIV</i>	119
	APÊNDICE C INSTRUÇÕES DO EXPERIMENTO 1	123
	APÊNDICE D INSTRUÇÕES DO EXPERIMENTO 2	135
	APÊNDICE E DOCUMENTAÇÃO ENVIADA AO COMITÊ DE ÉTICA	143

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

Nas últimas décadas a sociedade passou a se preocupar com os direitos das pessoas com deficiências. Na área da computação, várias soluções tecnológicas têm surgido, propiciando a estas pessoas a utilização do computador para pesquisa, estudo, comunicação e lazer. Estas soluções foram feitas para atender deficiências específicas como soluções para deficientes visuais e soluções para deficientes motores, entre outras.

O Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, anteriormente denominado Núcleo de Computação Eletrônica (NCE), vem desenvolvendo soluções de tecnologia assistiva desde os anos 80. Entre estas soluções se encontram o Dosvox (BORGES, 2009) para pessoas com deficiência visual e o Motrix (NCE-UFRJ, 2002) e o MicroFênix (NCE-UFRJ, 2004/5) para pessoas com deficiência motora. Entretanto, estas soluções são conceitualmente estanques: os paradigmas utilizados para atenderem os deficientes visuais, por exemplo, não são os mesmos utilizados para os deficientes motores.

Para tratar os problemas da pessoa com deficiência múltipla não basta integrar as soluções existentes para cada tipo de deficiência. Supondo uma pessoa que seja deficiente visual e motor, a junção do Dosvox com o Motrix, por exemplo, não atenderia suas necessidades. Isto ocorre porque os sistemas, além de não serem adaptáveis, foram construídos com abordagens próprias para cada tipo de deficiência específica. O Dosvox, por exemplo, tem por premissa que a pessoa tem habilidade suficiente para usar um teclado físico, sendo toda a comunicação do sistema com o

usuário feita por meio auditivo. Já o Motrix provê alternativas ao uso do teclado por deficientes motores, assumindo que a pessoa não tem problema visual.

Esta dissertação surgiu, portanto, da necessidade em prover acesso ao computador pelas pessoas com deficiência múltipla. Na próxima seção será ilustrado o caso de Thamires Aguiar, pessoa que inspirou este trabalho. Thamires não enxerga, tem dificuldade de movimentação e não possui tato nos dedos das mãos, o que dificulta o uso do teclado. Seu caso é apresentado como uma homenagem à força de vontade e de superação. Toda a informação, aqui relatada, foi colhida com entrevistas por telefone e tiradas da sua autobiografia, publicada ao final de seu livro de poesia, “Pingos de Alegria” (AGUIAR, 2012). O Apêndice A contém a autorização de Thamires para relato do seu caso, bem como o uso de sua imagem, e voz obtidos por gravações em áudio ou vídeo.

1.2 Mais sobre a Thamires

Thamires Aguiar Peres nasceu no dia 17 de janeiro de 1996, em Amorinópolis, Goiás. Filha do Sr. Valtuir e de D^{ca}. Marli, de família simples, Thamires aparentou ser uma menina saudável, quando nasceu.

Os problemas de Thamires surgem aos três anos de idade, quando algumas deformidades aparecem em seu corpo. Ela é então levada a diversos médicos, incluindo especialistas em Goiânia, mas ninguém sabe diagnosticar sua doença.

Ao completar oito anos Thamires já tem o seu crescimento paralisado, apresenta deformidades nas mãos e coluna, alterações no fígado e baço, e problemas respiratórios, entre outras complicações. No dia 25 de dezembro de 2004, ao acordar, tinha perdido completamente a visão.

Com a ajuda de amigos, Thamires consegue uma consulta no CENTRO DE GENÉTICA em São Paulo, onde é diagnosticada como portadora de mucopolissacaridose – MPS VII, uma rara doença genética degenerativa, causada pela deficiência de enzimas. Segundo a *National MPS Society*, a estimativa é de que menos de 1 criança em 250.000 nasçam com esta doença. Entre todas as formas de mucopolissacaridose, a estimativa nos Estados Unidos, é de 1 em 25.000. (NATIONAL MPS SOCIETY, 2011a).

Depois de muita luta, Thamires finalmente conseguiu que órgãos governamentais importassem um remédio que lhe proporcionasse uma melhor qualidade de vida; há três anos Thamires sai de casa semanalmente para lhe aplicarem esta medicação. Aos 13 anos Thamires precisou de uma cirurgia para o tratamento de hidrocefalia, com a inserção de uma válvula intracraniana. Atualmente Thamires começa a apresentar um quadro de compressão medular, o que lhe causa muita fadiga ao ficar sentada, dificuldade na respiração, desequilíbrio, além de ter perdido o tato em todos os dedos das mãos (inicialmente, apenas nos dedos indicador e médio).

Para Thamires, conhecer o Dosvox, quando apresentado pelo professor de informática do pai, representou a possibilidade de inclusão em um mundo maior. Nos primeiros contatos com o Dosvox, Thamires já era totalmente cega. Porém, como não tinha tato somente nos dedos indicadores e médio, ela ainda conseguia interagir com o Dosvox através do teclado. Ao perder completamente o tato, ela passou a usar a boca e lábios para teclar, o que é bastante cansativo, ainda mais com o avançar do seu quadro clínico.

Thamires é uma usuária bastante ativa na “VoxTec” lista de discussão dos usuários do Dosvox, usando o Dosvox para estudar, pesquisar, ler livros, escrever, entre outras coisas. O Dosvox lhe permite maior independência e auto-suficiência para interagir com a sociedade. Thamires é uma poetisa. Seu livro, “Pingos de Alegria”

(AGUIAR, 2012), foi publicado em 2012. A seguir é exibido, com sua autorização, o poema de sua autoria “Tudo o que eu queria”, seu predileto. Mais informações sobre Thamires podem ser encontradas em seu livro e um vídeo mostrando Thamires usando o Dosvox pode ser encontrado no *youtube*.

Tudo que eu queria
(Thamires Aguiar)

Tudo que eu queria
Era viver um dia de magia,
Um dia de alegria
E muita sabedoria.
Queria ser como a literatura...
Não ter compromisso com a verdade,
Esquecer a realidade.
Ser como a borboleta,
Para livre poder voar.
Ser como um passarinho
Que vive a cantar.
Ser um peixinho
Contemplando as profundezas do mar,
As coisas que se encontram por lá,
Até o homem o pescar.
Pintar a vida
Com minha cor preferida,
Acabar com os medos,
Contar todos os segredos.
O que eu queria é utopia,
Viver no mundo de fantasias,
Fazer muito em pouco tempo
E lembrar apenas dos bons momentos

1.3 Hipótese

Como já visto na Seção 1.1, até este momento da pesquisa efetuada para este trabalho, foi observado que os programas que permitem o uso do computador por pessoas com deficiência atacam o problema de uma forma estanque. Por exemplo, existem programas específicos apenas para deficientes visuais ou que atendem somente aos deficientes motores. No caso de pessoa com deficiência visual e motora, nenhum destes programas apresentam resultados satisfatórios: programas para deficientes visuais exigem o uso do teclado físico, enquanto os programas para deficientes motores não proporcionam uma realimentação auditiva que auxiliam o usuário cego.

O Dosvox é um sistema computacional para auxiliar pessoas com deficiência visual, cuja interação com o computador utiliza o teclado físico para a operação do Dosvox.

Portanto, ele não atende as pessoas com deficiência motora ou impossibilitadas de usarem o teclado.

A hipótese que será estudada neste trabalho é a de que com o uso de um giroscópio como atuador, é possível permitir que pessoas com deficiência múltipla possam interagir com o computador. Nos experimentos será usado o sistema Dosvox como meio de interação.

1.4 Estrutura da dissertação

Neste Capítulo 1 foram apresentadas a motivação, a hipótese a ser provada e a estrutura usada na escrita desta dissertação.

O Capítulo 2 apresenta um resumo da evolução sócio-política das pessoas com deficiência ao longo da história, no mundo e no país; define o que é “Tecnologia Assistiva” e o foco deste trabalho.

No Capítulo 3 são discutidos os seguintes tópicos:

- Apresentação dos principais programas usados pelos deficientes visuais e deficientes motores.
- Justificativa da escolha do sistema Dosvox usado neste trabalho.
- Um estudo sobre a interface do Dosvox, mostrando as formas de interação disponíveis.
- A arquitetura do software básico do Dosvox.
- As estruturas típicas de Teclados Virtuais disponíveis no mercado, incluindo o teclado virtual do *microFênix*.
- Conceitos básicos sobre giroscópios.
- Os trabalhos relacionados encontrados na literatura.

No Capítulo 4 serão mostradas as etapas para a definição do objeto de estudo:

- Uma análise de alternativas para o acionamento dos comandos do Dosvox.
- Um estudo sobre as características do sinal gerado pelo giroscópio utilizado, mostrando os problemas encontrados e as soluções propostas.
- A apresentação do protótipo desenvolvido para a realização de um experimento estudando a viabilidade da hipótese apresentada.

O Capítulo 5 descreve a metodologia de pesquisa usada neste trabalho, sendo caracterizada como tendo um desenho quase-experimental (COHEN; MANION; MORRISON, 2007) e (CAMPBELL; STANLEY, 1979); a definição dos experimentos propostos e da metodologia usada para analisá-los; e descreve o grupo amostral alocado para os experimentos.

O Capítulo 6 apresenta a análise dos experimentos realizados para este trabalho.

O Capítulo 7 apresenta a conclusão do presente estudo com indicações de trabalhos futuros possibilitados por esta pesquisa.

2 A PESSOA COM DEFICIÊNCIA NA HISTÓRIA

2.1 Evolução sócio-política das pessoas com deficiência ao longo da História

Garcia (GARCIA, 2010) apresenta seu estudo, tendo como referência os livros: “Epopéia Ignorada – A História da Pessoa Deficiente no Mundo de Ontem e de Hoje”, escrita por Otto Marques da Silva em 1987 (SILVA, 1987); e “Caminhando em Silêncio – Uma introdução à trajetória das pessoas com deficiência na História do Brasil”, de Emílio Figueira, publicada em 2008 (FIGUEIRA, 2009). Estas obras mostram a evolução histórica do tratamento dado pela sociedade brasileira, em particular, e pela sociedade em geral às pessoas com deficiência.

Nesta pesquisa incluiremos o trabalho da professora Gilberta S. de Martino Jannuzzi em seu livro “A educação do deficiente no Brasil: dos primórdios ao início do século XXI” (JANNUZZI, 2012).

2.1.1 Pessoas com deficiência na História

A maior característica do que foi a luta pela sobrevivência e cidadania das pessoas com deficiência ao longo da história é a superação da invisibilidade.

Segundo Garcia (GARCIA, 2010):

“As pessoas com deficiência, via de regra, receberam dois tipos de tra-

tamento quando se observa a história antiga e medieval: a rejeição e eliminação sumária, de um lado, e a proteção assistencialista e piedosa, de outro. Na Roma antiga, tanto os nobres como os plebeus tinham permissão para sacrificar os filhos que nasciam com algum tipo de deficiência. Da mesma forma que, em Esparta, os bebês e as pessoas que adquiriam alguma deficiência eram lançados ao mar ou em precipícios. Já em Atenas, influenciados por Aristóteles – que definiu a premissa jurídica até hoje aceita de que tratar os desiguais de maneira igual constitui-se em injustiça – os deficientes eram amparados e protegidos pela sociedade”.

2.1.1.1 História Antiga

Em muitos casos, se nota que a aceitação social de pessoas com deficiência depende da forma como esta foi adquirida. Pessoas nascidas com limitações física ou mental são tratadas de formas distintas das que adquiriram tais deficiências posteriormente. Por exemplo, na Grécia Antiga, particularmente em Esparta, (caracterizada pelo militarismo), as amputações traumáticas de mãos, braços e pernas ocorriam com frequência no campo de batalha, se tratando com respeito as pessoas vivas com tais deficiências. Por outro lado, existia o costume espartano de lançar crianças com deficiência em precipícios, pois tais indivíduos não seriam adequados para guerrear. Porém, em alguns estratos sociais esse tipo de restrição não ocorria, podendo permitir a sobrevivência de crianças “defeituosas”, como no caso das pessoas dedicadas aos trabalhos da lavoura e do gado, pois elas não seriam treinadas para serem soldados (SILVA, 1987).

Na antiguidade, era permitido ao indivíduo com deficiência continuar vivendo quando pudesse prestar algum serviço. Inclusive, indivíduos com alguma deficiência, como cegos, surdos, deficientes mentais, deficientes físicos e outros nascidos com má

formação foram explorados para fins de prostituição ou entretenimento das pessoas ricas na Roma antiga (SILVA, 1987). Um resquício deste costume é o emprego de anões em atividades circenses.

Em Atenas, algumas pessoas cegas poderiam eventualmente ser vistas como escolhidas pelos deuses, atuando então como oráculos.

2.1.1.2 Idade Média

As incapacidades físicas, os sérios problemas mentais e as malformações congênitas eram considerados, quase sempre, como sinais da ira divina, taxados como “castigo de Deus”. A Igreja Católica adotou, em particular no período da Inquisição nos séculos XI e XII, comportamentos discriminatórios e de perseguição “às pessoas consideradas fora da normalidade”.

Segundo Garcia (GARCIA, 2010):

“No final do século XV, a questão das pessoas com deficiência estava completamente integrada ao contexto de pobreza e marginalidade em que se encontrava grande parte da população, não só os deficientes. É claro que exemplos de caridade e solidariedade para com eles também existiram durante a Idade Média, mas as referências gerais desta época situam pessoas com deformidades físicas, sensoriais ou mentais na camada de excluídos, pobres, enfermos ou mendigos”.

2.1.1.3 Depois da Idade Média, até os dias atuais

Durante este período, o homem deixa de ser um escravo dos “poderes naturais” ou da ira divina. Essa mudança na forma de pensar *“alteraria a vida do homem menos privilegiado também, ou seja, a imensa legião de pobres, dos enfermos, enfim, dos marginalizados. E dentre eles, sempre e sem sombra de dúvidas, os portadores de problemas físicos, sensoriais ou mentais”* (GARCIA, 2010).

Com estas mudanças, vemos neste período vários exemplos de ações do estado e da sociedade que demonstram uma preocupação com a pessoa com deficiência. As guerras provocam a criação de diversos institutos para acolherem e tratarem os soldados que retornavam com alguma deficiência adquirida em combate. Por outro lado, inúmeras ações sociais convergem na criação de outros institutos de auxílio à pessoa com deficiência, quase sempre com uma visão assistencialista. Cabe ressaltar que estes institutos, além de tratarem destes indivíduos serviam também para escondê-los da sociedade, mantendo, desta forma, o seu afastamento da vida social (SILVA, 1987).

Os avanços científicos e sociais, das últimas décadas, contribuíram para melhorar a qualidade de vida do cidadão. Em consonância, cresce a preocupação dos órgãos governamentais e da sociedade organizada em garantir os direitos individuais da pessoa incluindo as pessoas com deficiência.

Segundo Garcia (GARCIA, 2010):

“É verdade que, até nos dias de hoje, existem exemplos de discriminação e/ou maus-tratos, mas o amadurecimento das civilizações e o avanço dos temas ligados à cidadania e aos direitos humanos provocaram, sem dúvida, um novo olhar em relação às pessoas com deficiência.”

2.1.2 A evolução Histórica das pessoas com deficiência no Brasil

Os registros históricos citam vários personagens da nossa História com alguma deficiência: “aleijados”, “enfeitados”, “mancos”, “cegos” ou “surdos-mudos”. A grande maioria dessas informações ou comentários são relativas à população pobre e miserável. A pessoa deficiente foi incluída, por vários séculos, dentro da categoria mais ampla dos “miseráveis”, talvez o mais pobre entre os pobres (SILVA, 1987). Algumas situações são mais relevantes:

2.1.2.1 Índios

Algumas etnias indígenas ainda conservam, hoje em dia, práticas de eliminação sumária de crianças com deficiência, ou a exclusão daquelas que adquiram algum tipo de limitação física ou sensorial. É interessante notar que gêmeos são incluídos neste conjunto de excluídos. A justificativa social baseia-se na difícil relação direta do homem com a natureza hostil, onde a pessoa com deficiência dificilmente poderia enfrentar sem algum auxílio, colocando assim em risco a integridade de outras pessoas da tribo¹.

2.1.2.2 Negros

Assim como os curandeiros indígenas, os “negro-feiticeiros” também relacionavam o nascimento de crianças com deficiência a algum castigo ou punição. Porém, longe de ser um mal sobrenatural, a deficiência física ou sensorial dos escravos negros decorreu, inúmeras vezes, dos castigos físicos a que eram submetidos. As punições

¹A constituição reconhece que deve-se preservar os costumes culturais da população indígena, o que significa, na prática, aceitar o infanticídio praticado contra os nascidos com deficiência. Esta tese é aceita por muitos antropólogos respeitados.

eram previstas em lei e podiam ir do açoite à mutilação, sempre contando com a permissão, e muitas vezes anuência, da Igreja Católica. Se não fosse pelo prejuízo para os proprietários, os números de registros de escravos que adquiriram uma deficiência teriam sido muito maiores (FIGUEIRA, 2009).

2.1.2.3 Ex-combatentes com deficiências

No Brasil, várias instituições também foram criadas para atender às pessoas que eram feridas em combate, servindo tanto para o seu tratamento quanto para mantê-las afastadas do convívio social.

2.1.3 Do modelo médico ao modelo da Convenção das Pessoas com Deficiência

A partir dos meados do séc. XIX, a visão mistificada da deficiência cedeu lugar a uma abordagem médica, e vários institutos floresceram para estudarem as deficiências. Entretanto, o grau de desconhecimento sobre o assunto permaneceu elevado até a primeira metade do século XX, quando se percebe um número considerável de pessoas com deficiência mental (retardo, má formação) sendo tratadas como doentes mentais (loucura) (FIGUEIRA, 2009).

Na década de 1940, surgem as primeiras instituições de ensino voltadas para a pessoa com deficiência. Estas instituições seguiam o modelo médico vigente, sendo toda a sua forma de agir e tratar os alunos direcionadas por médicos e não por educadores.

2.1.3.1 Novo modelo

O ano de 1981, declarado pela ONU como “Ano Internacional da Pessoa Deficiente (AIPD)”, é um marco na luta das pessoas com deficiência.

De acordo com Figueira (2009): *“Se até aqui a pessoa com deficiência caminhou em silêncio, excluída ou segregada em entidades, a partir de 1981 – Ano Internacional da Pessoa Deficiente - tomando consciência de si, passou a se organizar politicamente. Como consequência, passa a ser notada na sociedade, atingindo significativas conquistas em pouco mais de 25 anos de militância.”* (FIGUEIRA, 2009).

Ainda segundo Figueira: *“boa ou má, a situação das pessoas com deficiência começou a ser divulgada a partir de 1981. Inclusive, elas mesmas começaram a tomar consciência de si como cidadãs, passando a se organizar em grupos ou associações.”* (FIGUEIRA, 2009).

Em 13 de dezembro de 2006, em homenagem ao 58º aniversário da Declaração dos Direitos Universal Humanos (DUDH), é homologada pela ONU a Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência (CDPD), (RESENDE; VITAL, 2008). Em 30 de março de 2007, é assinada por 127 países, incluindo o Brasil, em cerimonia da ONU na cidade de Nova York. Foi ratificada pelo Brasil em 9 de julho de 2008 por meio do Decreto Legislativo nº 186, conferindo-lhe status de emenda constitucional. A CDPD é fruto de muita luta das pessoas com deficiência e das organizações que as representam, que exigem seus direitos civis, políticos, sociais e econômicos.

2.2 Tecnologia Assistiva

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 (BORGES, 2009). Tais soluções possibilitaram a estas pessoas um alto grau de independência em particular na área cultural.

A definição oficial no Brasil para Tecnologia Assistiva foi criada pelo Comitê de Ajudas Técnicas da Secretaria Especial dos Direitos Humanos em 2009 (COMITÊ DE AJUDAS TÉCNICAS, 2009):

“Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social.”

O foco deste trabalho é a Tecnologia Assistiva² para auxílio no uso de computadores por pessoas com deficiência múltipla, em particular a deficiência visual e motora.

²Não é indicado usar o termo Tecnologias Assistivas, no plural, por se tratar de uma área, da mesma maneira como não é correto usar o termo Educações para definir diversos tipos de atividades educacionais.

3 REVISÃO DOS ARTEFATOS TECNOLÓGICOS USADOS NESTE TRABALHO

Este capítulo tem por objetivo dar uma visão dos artefatos tecnológicos usados neste trabalho. Inicialmente, serão mostrados, por concisão, apenas os principais programas usados pelas pessoas com deficiência visual e motora, enfatizando aqueles que foram desenvolvidos no Brasil. Para uma visão mais abrangente sobre os produtos existentes no mercado, pode ser consultado a obra de (SONZA; KADE; FAÇANHA, 2013). Em continuação, serão elencados os principais teclados virtuais disponíveis. E, logo após, noções sobre giroscópio. Por último, serão enumeradas as pesquisas relacionadas com este trabalho encontradas durante este estudo.

3.1 Programas de computador para auxiliar deficientes visuais

3.1.1 Dosvox

No Brasil, a categoria de pessoas com deficiência que conta com o maior número de produtos eletrônicos comerciais de Tecnologia Assistiva é composta pelos deficientes visuais (CNPTA, 2014), sendo um dos produtos mais conhecidos o sistema Dosvox (BORGES, 2009). Em desenvolvimento desde 1993 no NCE-UFRJ, o Dosvox foi o primeiro programa de Tecnologia Assistiva desenvolvido no país, e ainda hoje é o mais usado, 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 é realizada

através do teclado de um microcomputador convencional. 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 a pessoas com deficiência visual pela falta de *feedback* do movimento do cursor na tela¹.

Como produtos derivados do Dosvox, e produzidos pelo mesmo grupo de desenvolvimento, foram criados diversos aplicativos complementares como o LentePro, que é capaz de aumentar em até 9 vezes uma área previamente selecionada possibilitando a pessoas com baixa acuidade visual enxergar detalhes da imagem. Outro produto de enorme disseminação (sendo o padrão oficial na sua categoria no Brasil e em Portugal) é o Braille Fácil, que permite a impressão automatizada de textos convencionais em uma impressora Braille.

Além de seu uso por deficientes visuais, a interface homem-máquina extremamente simplificada do Dosvox possibilita seu uso com outros tipos de deficiência, além da visual, e até em atividades de alfabetização de crianças sem deficiência. Sendo um produto de código aberto, o Dosvox tem sido também utilizado como fonte de pesquisa para desenvolvimento de outros produtos (entre os quais incluímos o projeto de que trata esta dissertação).

3.1.2 Leitores de tela

Este tipo de programa, interage com o sistema operacional dando um retorno sonoro sobre os eventos que ocorrem na tela no computador, como a exibição de textos ou reposicionamento de janelas.

¹Versões recentes do Dosvox incluíram facilidades de uso do mouse, visando que pessoas não cegas, iniciantes no Dosvox, pudessem ter acesso mais intuitivo aos menus e formulários do sistema. Essas facilidades, entretanto, não mudam o modelo geral de interface do sistema.

3.1.2.1 *Virtual Vision*

O Virtual Vision pode ser considerado o primeiro leitor de telas de qualidade criado no Brasil. O Virtual Vision vem sendo desenvolvido desde 1988 pela Micro-Power, uma empresa sediada em São Caetano do Sul – SP, com o patrocínio do Bradesco. O sistema foi criado a partir da necessidade daquele banco de atender a clientes com deficiência visual em seu *Internet Banking*. Este programa incorpora o primeiro sintetizador de voz com boa qualidade criado no Brasil (SONZA; KADE; FAÇANHA, 2013). O Virtual Vision é um projeto de código fechado, sendo distribuído gratuitamente para pessoas físicas com deficiência visual, mas vendido para uso em empresas.

3.1.2.2 *Jaws*

O Jaws é um leitor de tela americano, o produto desta categoria mais utilizado no mundo. Foi desenvolvido em 1995 pela Henter-Joyce e hoje comercializado pela Freedom Scientific, uma das maiores produtoras de softwares para cegos do mundo. Ele executa no sistema operacional *Windows*[®], e permite o uso dos seus diversos aplicativos, incluindo a família *Office*[®] e os principais navegadores. Inclui um sintetizador próprio com opção para o português do Brasil, aceitando também a instalação de outros sintetizadores. Seus usuários apreciam a possibilidade da emulação do mouse pelo teclado e a configuração da intensidade da leitura que permite diversos níveis de aprofundamento na leitura de páginas *Web* complexas (SONZA; KADE; FAÇANHA, 2013).

3.1.2.3 NVDA

Outro leitor de tela é o NVDA, programa de código aberto para o sistema operacional *Windows*[®], desenvolvido pela NV Access, uma organização australiana sem fins lucrativos. Possui uma versão para instalação e uma versão portátil, podendo ser usada através de um *CD* ou *pen-drive*.

3.1.3 Programas de computador para auxiliar deficientes motores

3.1.3.1 Motrix

O Motrix é um programa desenvolvido para deficientes motores, criado no NCE-UFRJ em 2002. O Motrix possibilita que pessoas com deficiências motoras graves, como tetraplegia e distrofia muscular, possam ter acesso aos computadores, inclusive acesso à Internet para comunicação, leitura e escrita de textos. Os comandos são dados de forma oral por meio de um microfone. Restrições operacionais relacionadas à sua interface (em especial a baixa precisão do seu ditado de letras) dificultam muito o uso do Motrix com sistemas que fazem uso de síntese de voz (como o Dosvox), impossibilitando assim que pessoas com deficiências múltiplas façam uso eficiente deste programa.

3.1.3.2 microFênix

Também desenvolvido no NCE/UFRJ, a partir de 2004/2005, o microFênix foi criado para facilitar o uso de computadores por pessoas com deficiência motora grave e com comprometimento da fala. O microFênix é um sistema baseado em menus de varredura automática com a velocidade podendo ser ajustada pelo usuário.

Vários outros programas criados para os deficientes motores foram utilizados no Brasil, mas por restrições operacionais ou linguísticas não foram muito disseminados. Como fugiria ao objetivo deste trabalho, um estudo aprofundado pode ser encontrado em (SONZA; KADE; FAÇANHA, 2013).

3.2 O Dosvox como base de desenvolvimento desta pesquisa

A escolha do Sistema Dosvox para ser adaptado ao uso por um sensor de giroscópio não foi uma decisão difícil. Um fator muito importante, como visto na Seção 1.2, é que o Dosvox já era o sistema usado anteriormente por Thamires Aguiar, pessoa cujo estudo de caso motivou o início desta pesquisa. Mas há outros fatores determinantes para esta escolha:

- o Dosvox foi desenvolvido na instituição que abriga este programa de mestrado, o que traz como consequência maior facilidade de obter programas fontes;
- a possibilidade de interagir com as pessoas que construíram o sistema;
- seu grande número de usuários, de vários níveis socioculturais, o que garante menos dificuldade de realizar testes sobre os desenvolvimentos desta pesquisa;
- a boa quantidade de textos técnicos disponíveis sobre o programa, envolvendo análises sobre sua utilização e desenvolvimento.

No Dosvox, a síntese sonora das respostas do computador permite 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 possuam boa acuidade auditiva, 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 tetraplegia² ou mucopolissacaridose (NATIONAL MPS SOCIETY, 2011b), aos quais o Dosvox não atende minimamente em sua forma original, sendo necessário agregá-lo a outras soluções de Tecnologia Assistiva, tais como aquela de que trata este trabalho.

3.3 Estudo sobre a interface Dosvox

No início da década de 80 foram desenvolvidos diversos programas com “interfaces de pré-manipulação direta” para o mercado de microinformática. Nestes programas, uma lista de itens é exibida na tela (opções, arquivos, comandos, etc) e o item desejado é selecionado com as setas, indicando a ação desejada. Um exemplo que foi *best seller* naquela época foi o *Xtree* (JOHNSON, 2012).

Com a ajuda de programas de leitura de telas relativamente simples, acoplados a sintetizadores de voz, os deficientes visuais operavam sem dificuldade estes tipos de interfaces, em decorrência da comunicação ser absolutamente linear. Em outras palavras, como cita (PORTO, 2001):

“... 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 levarmos 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

²Paralisia dos quatro membros.

um não-invisual nestes sistemas, pois quase sempre a memorização é uma das exigências do seu cotidiano.”

Segundo (PORTO, 2001), para que sistemas computacionais que auxiliem os deficientes visuais sejam bem sucedidos, suas interfaces deverão obedecer a algumas normas gerais:

1. Deverão ser altamente configuráveis, para se adaptar melhor às necessidades individuais de cada usuário.
2. Fornecer um *FEEDBACK* imediato, ou seja, o usuário deverá ser notificado quanto à ação executada, assim como sobre 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 (Figura 3.1), parte integrante desta pesquisa, é um exemplo bem sucedido da aplicação destas normas, combinando:

- comandos acionados unicamente pelo teclado,
- estilos simples de interface:
 - menus de comandos (Figuras 3.2 e 3.3) e
 - formulários de perguntas e respostas (Figura 3.4),
- linguagem de comandos, adaptados para fornecer um *feedback* muito claro, por síntese de voz, no idioma português.



Figura 3.1: Tela inicial do Sistema Dosvox.

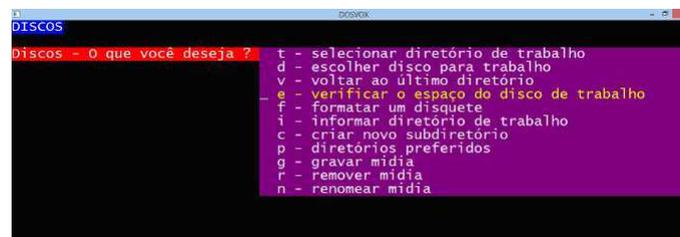


Figura 3.2: Um exemplo típico de menus do Dosvox.

A operação típica do Dosvox envolve a interação em menus com respostas sonoras, ilustrado na Figura 3.2. O usuário pode percorrer seus itens usando as setas; escolher a opção corrente (teclando “Enter”); desistir pressionando “ESC”; ou acessar diretamente uma opção por uma tecla de atalho (exibida à esquerda de cada opção no menu). Os menus são hierárquicos: um item escolhido pode invocar

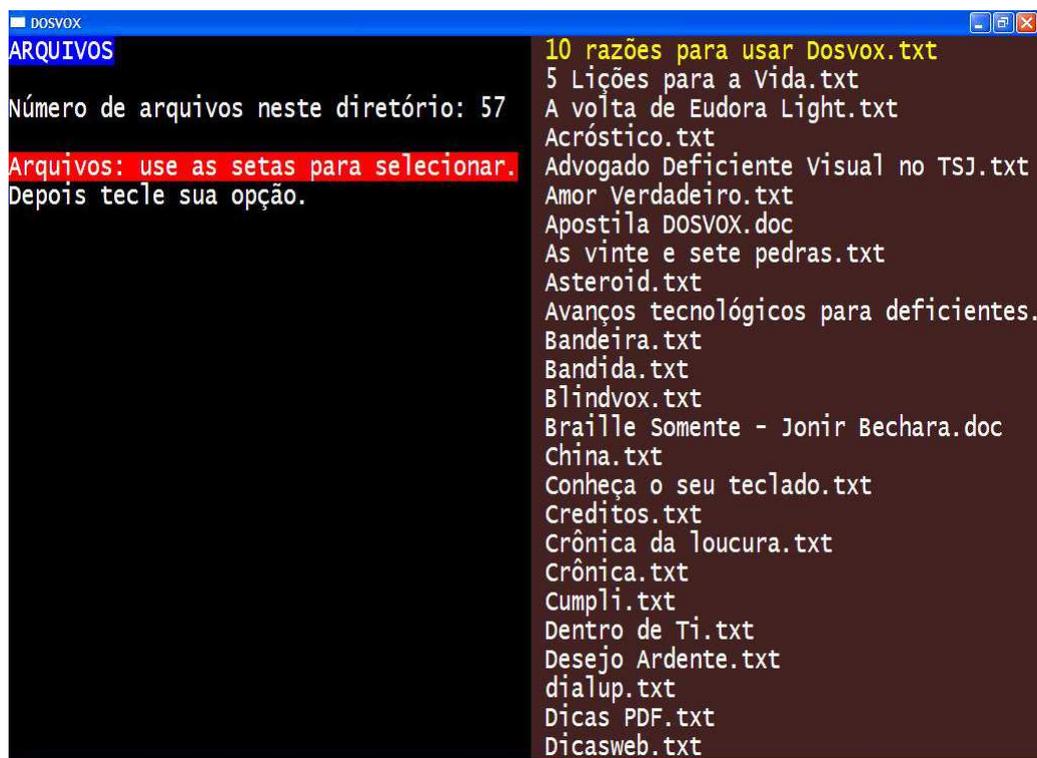


Figura 3.3: Escolhendo um arquivo para trabalhar no Dosvox.

outros menus similarmente construídos. Além da interação por menus, o sistema também faz uso da digitação manual do conteúdo de campos de edição, exibidos isoladamente ou em grupos (formulários). O uso da digitação exige um pouco mais de conhecimento e domínio do teclado por parte do usuário com deficiência visual.

Quando o usuário, entretanto, não pode manusear o teclado, a utilização deste tipo de interface fica comprometido.

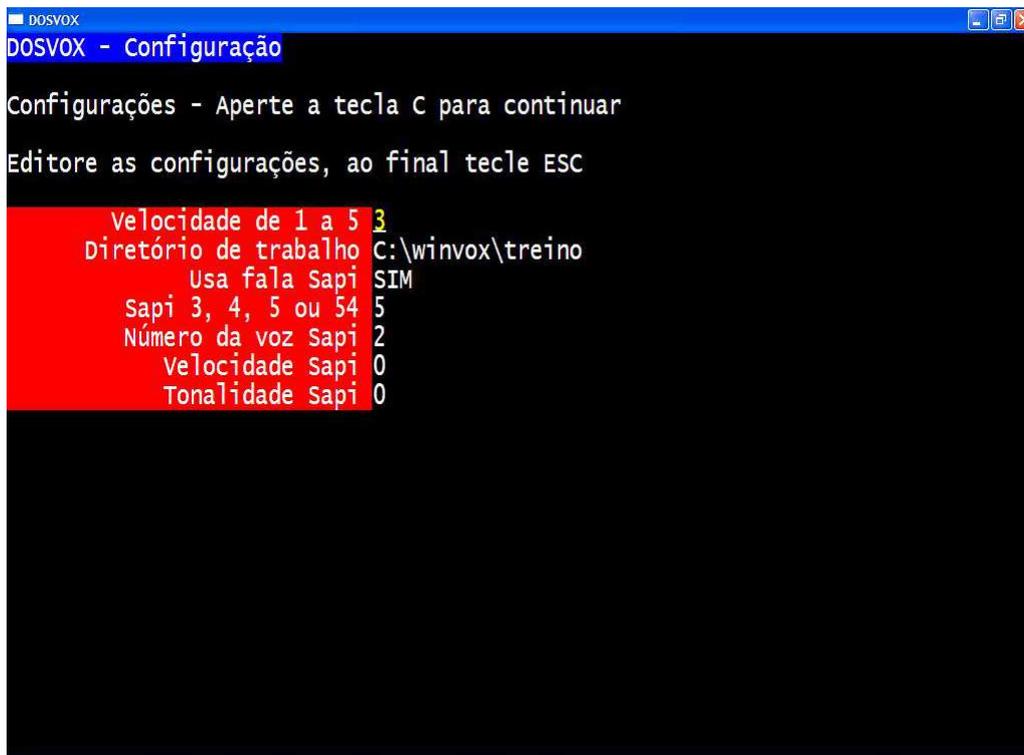


Figura 3.4: Exemplo de tela de configuração do Dosvox.

3.4 Interfaceando os eventos gerados pelo giroscópio com o software básico do Sistema Dosvox

Vamos em seguida apresentar uma visão resumida da arquitetura interna do *software* básico do sistema Dosvox. Isso é necessário para justificar a estratégia simples adotada para conexão das rotinas do sistema de controle do giroscópio com as rotinas do Dosvox.

Todos os módulos do software básico do Dosvox estão concentrados em uma única pasta do sistema, chamada “\winvox\fontes\tradutor”. Esta pasta contém dezenas de arquivos, contendo inúmeras rotinas de enorme complexidade de

codificação. Tais funções se destinam a resolver partes específicas do processamento do sistema: manipulação da tela, formulários, síntese de voz, controle dos sintetizadores externos, programação de internet, etc. Somente desenvolvedores com grande vivência em programação para o Dosvox conseguem entender razoavelmente as muitas milhares de linhas escritas em Pascal que compõem esta pasta, cujos arquivos estão mostrados na Figura 3.5.

```

C:\winvox\fontes\tradutor
14/05/2015 15:02 <DIR> .
14/05/2015 15:02 <DIR> ..
28/05/2013 09:00 778.398 hibdosvox.zip
27/09/2008 12:59 58.430 ComUtils.pas
14/05/2015 14:52 0 dir
24/01/2009 21:59 22.212 doBrq.pas
07/11/2011 23:27 5.751 doCrec.pas
21/10/2008 11:29 6.417 DUCOMM.PAS
28/10/2001 21:28 3.156 DUCPDATA.PAS
07/08/2012 17:29 54.191 doCrt.pas
17/05/2003 22:16 4.110 dodde-old
17/05/2003 23:16 4.110 DUDDE.PAS
24/09/2004 12:02 14.249 DUDIC.PAS
31/10/2014 16:31 2.694 DUEGEC.PAS
13/01/2015 18:45 42.076 doForm.pas
13/01/2015 18:27 40.799 doform.pas
08/06/2007 00:39 9.221 doGrau.pas
19/07/2010 06:13 3.396 DUHORA.PAS
21/02/2013 11:18 16.245 duinet.pas
31/01/2012 00:31 20.343 DUINTER.PAS
19/07/2006 11:46 980 dujpeg.pas
08/04/2005 19:06 7.584 DULENUM.PAS
04/06/2008 21:58 8.355 dumacro.pas
15/10/2002 17:42 2.310 DUMCIVAO.PAS
19/10/2003 20:25 6.980 DUMSAA.PAS
29/06/2009 12:06 758 dusapi1b.pas
01/03/2012 13:08 4.239 dusapi.pas
18/09/2011 13:40 12.869 dusapi4.pas
14/08/2011 22:15 394 DUSAPI5.PAS
14/08/2011 22:15 395 DUSAPI54.PAS
08/03/2012 01:48 109.273 duscrypt.pas
12/10/1999 19:51 5.452 DUSENHA.PAS
09/06/2009 14:33 4.812 duserpro.pas
27/02/2008 22:29 5.122 duse1.pas
25/07/2004 16:27 35.816 DUTRADUI.PAS
31/01/2012 00:56 17.495 duvav.pas
03/09/2012 11:25 54.298 duWin.pas
13/12/2010 01:48 88.861 IMAPI2S_TLB.pas
13/12/2010 01:47 208.673 IMAPI2_TLB.pas
07/11/2012 18:22 129.424 LibXmlParser.pas
30/06/2006 16:46 10.738 minireg.pas
18/10/2003 14:16 12.423 OLE32C.PAS
20/03/2012 20:17 6.587 sapi5.inc
19/11/2001 01:13 246.137 SPEECH.PAS
14/08/2011 21:49 509.005 SpeechLib54_TLB.pas
28/08/2006 22:45 442.366 SpeechLib_TLB.pas
23/02/2013 18:41 184.721 superobject.pas
23/02/2013 18:41 7.958 superobject_manual.html
17/01/2008 03:02 53.696 sys1Lib.pas
15/05/2007 08:05 123 T.PAS
16/05/2002 17:35 10.651 UUENC.PAS
13/11/2010 11:52 21.896 videovox.pas
24/05/2002 01:50 15.166 WINPRX.PAS
17/06/2008 03:21 5.225 WOM6.PAS
18/02/1996 16:25 8.046 WOM32.PAS

53 arquivo(s) 3.324.546 bytes
2 pasta(s) 342.081.683.456 bytes disponíveis
C:\winvox\fontes\tradutor>

```

Figura 3.5: Relação dos arquivos do software básico do Sistema Dosvox.

Apenas recentemente (durante a fase de acabamento deste estudo) houve um esforço da equipe do Dosvox de documentar de forma consistente o software básico³, talvez até como resultado da nossa interação com a equipe de desenvolvedores que foram obrigados a explicar oralmente o funcionamento de muitas destas rotinas, bem

³Hoje o site <http://intervox.nce.ufrj.br/dosvox/docs> contém boa parte da documentação essencial do *software* básico do Dosvox.

como interdependências. De certa forma, a solução encontrada para um interfaceamento simples, sem a necessidade de modificação do *software* básico, foi causada por essa documentação tão precária naquela época.

Logo de início, mostrou-se razoável supor que iríamos, no decorrer do desenvolvimento desta tese, atacar apenas a manipulação de telas e formulários do sistema, incluindo os procedimentos relativos à digitação. Em conversa com a equipe de desenvolvimento, chegamos a quatro módulos principais cujo entendimento seria essencial para a compreensão do que teria que ser feito e como seria feito: *DVCRT*, *DVWIN*, *DVFORM* e *DVARQ*.

- O módulo *DVCRT* cuida de todos os aspectos referentes à manipulação da tela e aos aspectos de interface com teclado. Contém também a *WinProc*, rotina padrão chamada pelo sistema operacional para tratar ou despachar as mensagens do sistema *Windows*[®].
- *DVWIN* é o módulo de controle central do som e da síntese de voz, o que inclui os sons de *feedback* realizado durante a digitação.
- A *DVForm* é o módulo responsável pela exibição de formulários, sistemas de folheamento e menus estáticos e dinâmicos.
- O arquivo *DVArq.pas* contém rotinas específicas para seleção de arquivos.

A ideia original era criar um *software* que executasse em uma *thread* separada, e injetasse informações nas estruturas de dados de cada um destes quatro módulos. Foram implementadas algumas rotinas como experiência, mas o nível de complexidade desta abordagem se mostrou enorme, tanto pela necessidade de um estudo muito mais aprofundado destas rotinas, cujo código é altamente imbricado

com o *software* básico do *Windows*[®], quanto pela ocorrência de questões clássicas de processamento paralelo (regiões críticas, *race conditions*, etc).

Surgiu então uma ideia muito simples para experimentar as possibilidades de interação com o giroscópio: imitar o processamento de um periférico cujo *driver* injetasse mensagens na fila de processamento do *Windows*[®]. Grosseiramente falando, o produto dos movimentos do giroscópio iria gerar a simulação do apertar de teclas de um teclado. Caso esta ideia funcionasse, seria desnecessária qualquer modificação nas funções do *Dosvox*.

Por sorte, o *software* básico do *Dosvox* contém um componente com funções de injeção de eventos (módulo *DVMacro*), criado para uso em “*software automation*”. Nesta técnica um programa controla um segundo programa através da produção automatizada de mensagens que simulem eventos simples (apertar de teclas, movimento de mouse, etc). Grande parte das questões de sincronização já havia sido solucionada e suficientemente testada no módulo *DVMacro*.

Para comprovar a validade desta ideia, foi desenvolvido um pequeno programa para injetar códigos de digitação (equivalente à digitação das setas do teclado). Tais códigos seriam gerados quando da ocorrência da movimentação do giroscópio em quatro direções (acima, abaixo, a esquerda, a direita), associadas aos movimentos da cabeça.

Este procedimento mostrou-se extremamente eficaz para demonstrar problemas específicos do uso do giroscópio em várias situações típicas do *software* básico do *Dosvox*; em especial: o tratamento de menus, gerenciamento de formulários, e a seleção de arquivos. A única atividade não atendida com este experimento inicial foi a digitação de textos, tratada com um procedimento mais sofisticado, descrito a seguir.

3.5 Teclados Virtuais

Grande parte da interação com o Dosvox é realizada através da navegação em menus (para que o usuário escolha uma dentre muitas opções disponíveis), ou então em elementos exibidos de forma dinâmica na tela, como páginas na internet ou textos sendo lidos/exibidos. Nestes casos, a maioria das digitações se resume à navegação com as setas, finalizando com as teclas “Enter” ou “Escape”. Em tais situações, comandar o Dosvox através do giroscópio não requer muito processamento: os movimentos horizontais ou verticais da cabeça são traduzidos pelas setas citadas, e “movimentos duplos” repentinos poderiam “gerar” as demais teclas de seleção de item ou desistência.

Porém, há determinadas situações que exigem a digitação de textos a serem introduzidos no computador, como edição de campos ou arquivos. No caso específico do Dosvox, a entrada de texto é necessária, basicamente em três situações:

- Em respostas simples, digitando-se a resposta a alguma pergunta feita pelo programa;
- No preenchimento de formulários, com a digitação de informações para preenchimento dos campos requeridos;
- Na edição de textos, situação mais complexa por envolver diversas ações distintas: inserção e remoção de caracteres, palavras ou linhas inteiras, digitação de comandos específicos do editor, dentre outras.

Nestas situações, a utilização do Dosvox por usuários com deficiências motoras severas requerem adaptações maiores. Duas possíveis soluções são: o ditado vocal e o teclado virtual. No ditado vocal, o usuário envia comandos de voz a

um computador configurado com um programa de reconhecimento de fala. Infelizmente, o desenvolvimento deste tipo de programa para a língua portuguesa ainda se encontra em um estágio muito incipiente. Uma das experiências nesta área é um reconhecedor de fala para o software “Motrix” (NCE-UFRJ, 2002), atualmente em desenvolvimento no NCE, e ainda não operacional.

3.5.1 Estruturas típicas de Teclados Virtuais

Como alternativa aos reconhecedores de fala, o usuário pode utilizar algum programa que simule o teclado durante a digitação de textos, comumente conhecido por “Teclado Virtual”. Existe uma grande quantidade de simuladores de teclado disponíveis no mercado, e uma rápida pesquisa na internet exhibe várias opções, incluindo tanto programas gratuitos como algumas soluções pagas. Dentre os teclados virtuais mais utilizados, podemos citar:

Teclado virtual do Windows[®] (Figura 3.6): este teclado, vem incorporado ao sistema Windows[®], sendo dotado de funcionalidades como o uso pelo *mouse* e a varredura de seu conjunto de teclas (explicada em detalhes mais adiante).

Teclado virtual da Google (Figura 3.7): originalmente desenvolvido como uma extensão do navegador *Chrome*, apresenta uma versão que funciona com qualquer aplicativo. Uma limitação deste programa é ausência da tecla “**Enter**”, muitas vezes obrigando o usuário a recorrer ao teclado físico.

***Free Virtual Keyboard* (Figura 3.8):** um simulador bem simples, que não dispõe de mecanismo de varredura (COMFORT SOFTWARE GROUP, 2011).

***Hot Virtual Keyboard* (Figura 3.9):** programa pago, pode ser operado pelo *mouse* em monitores genéricos, mas também funciona em *tablets* e monitores com teclas sensível ao toque (COMFORT SOFTWARE GROUP, 2014).

Click-N-Type (Figura 3.10): um dos simuladores de teclado mais conhecidos, possui várias funcionalidades, como configuração do *layout* do teclado e varredura (LAKE SOFTWARE, 2013).



Figura 3.6: Teclado virtual do Microsoft Windows®.



Figura 3.7: Teclado virtual do Google.



Figura 3.8: Free Virtual Keyboard.

Todos estes programas são dotados de alguma forma de localização da tecla desejada, seja por seleção direta através do *mouse*, seja por um processo recursivo de varredura. Neste último, uma área do teclado é exibida em destaque; ao ser selecionada, outra área dentro desta será novamente realçada, e assim sucessivamente, até



Figura 3.9: Hot Virtual Keyboard.



Figura 3.10: Teclado virtual Click-N-Type.

a seleção da tecla desejada. Em média, são necessários três acionamentos para seleção por varredura recursiva, sendo possível a utilização do *mouse* ou outro acionador externo (como o próprio sistema de giroscópio utilizado neste trabalho).

Entretanto, nenhum destes simuladores fornece saída sonora, tanto da tecla escolhida, como dos itens realçados durante a varredura. A falta desta sonorização impossibilita sua utilização efetiva por pessoas com deficiência visual. Desta forma, foi necessário desenvolver um teclado virtual que fosse adaptado a usuários com deficiência visual e motora. Para este fim, este teclado teve que atender aos seguintes requisitos:

- Possuir um processo automático de varredura.

- Efetuar a varredura de forma eficiente, evitando atrasos muito longos durante o processo de exibição das teclas.
- Acionamento efetuado por um único sinal, permitindo a seleção da tecla desejada com um movimento simples de cabeça.

O desenvolvimento deste programa tomou como base o teclado virtual do *microFênix*, cuja tecnologia é bem conhecida e dominada pelos pesquisadores do NCE, sobre o qual foram incorporadas as modificações que atendessem às funcionalidades desejadas.

3.5.2 O teclado virtual do *microFênix*

O *microFênix*⁴ é um programa desenvolvido em 2004-2005, pelo prof. Antonio Borges, no NCE, para auxiliar pessoas com deficiência motora grave.

O *microFênix* simula o uso do teclado e *mouse*, possibilitando a execução de programas no sistema operacional *Windows*[®]. A operação usual do programa envolve a interação através de menus exibidos na tela do terminal de vídeo. O sistema realiza varredura automática dos itens dos menus, até que a opção desejada fique em destaque. O usuário pode então escolher o item desejado, ativando-o através de algum mecanismo acionador.

Atualmente em sua versão 2.1, o *microFênix* suporta os seguintes tipos de acionadores:

1. microfone, no qual o usuário emite um som ou estalido,

⁴Em sua primeira versão, este sistema se chamava Luciana, em homenagem a Luciana Novaes, sua primeira usuária.

2. tecla “Control” da esquerda do teclado,
3. acionador conectado à porta paralela (pinos 1 e 13) e
4. acionador ligado à porta serial (pinos 2 e 3).

Um acionador conectado às portas paralela ou serial poderia ser um botão, um pedal, ou qualquer outro dispositivo que emita um sinal que será usado, pelo usuário, para indicar ao *microFênix* a escolha da opção em destaque no menu.

O teclado virtual do *microFênix* é exibido na forma de uma tabela, como ilustra a Figura 3.11. A varredura, em um primeiro estágio, percorre as linhas verticalmente. Quando a linha contendo a tecla desejada estiver em destaque, o usuário deve então ativar o acionador. No segundo estágio, uma varredura horizontal destaca cada coluna da linha selecionada. Quando a tecla desejada é salientada, é necessário que o usuário ative o acionador mais uma vez.



Figura 3.11: Tela inicial do teclado virtual

Como pode ser visto na Figura 3.11, além do alfabeto, o teclado virtual exibe outras teclas/comandos:

- Mai - exibe uma tabela com as letras maiúscula;
- Tab - estabelece o espaçamento entre as palavras ou no parágrafo;
- Del - apaga a letra digitada anteriormente;

- **Alt** - aciona a tecla **Alt** do teclado;
- **Ctl** - aciona a tecla **Control** do teclado;
- **Act** - coloca acentos nas vogais e consoantes;
- **Spc** - aciona a tecla de espaço;
- **Ent** - aciona a tecla **Enter** do teclado;
- **Se1** - exibe um menu adicional (Figura 3.12), com as opções: retorno ao controle do mouse, teclado numérico, letras maiúsculas, etc.



Figura 3.12: Opções para o teclado virtual do microFênix.

Quando da concepção inicial do microFênix, não se cogitou a utilização do teclado virtual para atender a pessoas com deficiência visual. Desta forma, o programa não fornece retorno sonoro ao usuário. Além disso, não se buscou um estudo aprofundado sobre *layouts* mais adequados ao ser humano ou que atendessem a algum padrão de mercado. Várias questões, portanto, emergem de uma primeira análise do programa: que *layout* usar? Qual o melhor tipo de varredura? Como implementar uma resposta sonora ao usuário?

Em relação ao tipo de varredura a ser implementada, podemos observar duas formas básicas adotadas pelos diversos teclados virtuais citados anteriormente.

1. Varredura em dois níveis. Nesta solução, o teclado é percorrido verticalmente, exibindo-se uma linha em destaque por vez. Quando uma linha é selecionada,

uma varredura horizontal percorre cada item (coluna) da linha desejada. De uma forma geral, esta varredura horizontal pode ser implementada de duas formas:

- (a) Percorrer a linha destacando um item a cada vez (tecla por tecla).
 - (b) Dividir a linha em segmentos horizontais, mostrados sequencialmente em destaque. Após um segmento ser escolhido, ele é então subdividido; e o processo se repete de forma recursiva, até a seleção da tecla desejada.
2. Dividir o teclado em regiões retangulares, exibidas em destaque de forma sequencial. Uma região, ao ser escolhida, será subdivida em regiões menores; e o processo segue recursivamente até que uma tecla seja escolhida.

Para decidir que tipo de varredura deve ser escolhida alguns fatores tiveram de ser observados:

- O cuidado com o tempo gasto pelo processo.
- Que tipo de saída sonora seria mais apropriada para informar ao usuário as teclas ou regiões em destaque durante a varredura.
- A observação de que o *layout* do Teclado Virtual do *microFênix* não seguia um padrão conhecido.

3.5.3 Tipo de retorno sonoro no processo de varredura

Tome-se, por exemplo, um teclado com *layout* internacional e varredura por linha. O retorno sonoro deve permitir que o usuário identifique qual a linha em destaque. Uma opção seria o programa falar a primeira e a última tecla da linha em destaque:

- Teclas “1”-“0”;
- Teclas “q”-“p”;
- Teclas “a”-“l”;
- Teclas “z”-“m”.

Uma vez acionada a linha desejada, o programa inicia a varredura horizontal, falando tecla por tecla. Por exemplo, se a primeira linha for selecionada, o programa falaria as teclas “q”, “w”, “e”, “r”, “t”, “y” na varredura desta linha.

Outra opção é o sistema dividir uma linha em segmentos de quatro teclas: “q”-“r”, “t”-“i”, “o”-“p”, etc. Depois de selecionado o segmento, o sistema poderia subdividir o segmento novamente, ou iniciar a varredura tecla a tecla: “q”, “w”, “e”, “r”.

A Figura 3.13 mostra o uso do teclado virtual sendo usado para a edição de um arquivo no Dosvox.

Inicialmente, foi estudada a execução automática do teclado virtual quando um formulário fosse apresentado ao usuário. Tal abordagem exigiria modificações na rotina de gerenciamento de formulários, que seria a responsável por disparar o teclado virtual quando uma digitação fosse necessária. As alterações seriam simples e localizadas: o módulo *DVWIN* contém rotinas de leitura dos campos de digitação, bastando incluir uma única chamada para a ativação do teclado virtual nestas funções. Como será visto no Capítulo 6, tal abordagem não foi adotada, por implicar em modificações no código do Dosvox. Como alternativa, optamos em delegar a ativação do teclado virtual ao tratamento do giroscópio, criando meios para que o usuário acionasse o teclado sempre que, e somente quando, achasse necessário.



Figura 3.13: Teclado virtual e Dosvox.

Quanto ao *layout*, decidiu-se por aproveitar neste trabalho o teclado virtual do *microFênix*, incluindo seu sistema de varredura. Um estudo mais aprofundado sobre as opções de *layout* e varredura, de grande importância para facilitar a interação do usuário com o sistema, foge ao propósito deste trabalho. Optou-se, também, por aproveitar o *layout* do teclado virtual do *microFênix* e o seu sistema de varredura. Um estudo sobre estes dois temas, de grande importância para facilitar a interação do usuário com o sistema, também excede o propósito deste trabalho.

Foi implementado um retorno sonoro adaptado à varredura existente. O retorno sonoro da varredura por linhas deve informar qual delas está em destaque a cada instante. Quando realçada a linha com o símbolo desejado é escolhida pelo usuário, através de um movimento de cabeça. É então iniciada uma varredura pelos

caracteres desta linha, com um retorno sonoro para informar o símbolo em destaque. Um movimento de cabeça adicional seleciona o caractere desejado. Após a seleção do caractere, a varredura é reiniciada até que o usuário tenha digitado todo o texto desejado. Ao final do processo, o usuário deve selecionar a opção para fechar o teclado.

3.6 Conceitos básicos sobre giroscópios

No Dosvox, boa parte da interação com o usuário consiste em selecionar opções de menus com as setas verticais (para cima e para baixo), teclando “Enter” para confirmar ou acessar certa informação, ou “Esc” para desistir da ação. Em pessoas com deficiências motoras nas mãos, uma possível solução é substituir o “teclar” pelo uso de um giroscópio acionado por alguma parte do corpo (por exemplo pela cabeça). Até pouco tempo atrás, tal solução era inviável, pois o giroscópio mecânico tradicional era demasiado grande e pesado. Porém, com o avanço da microeletrônica e o surgimento da tecnologia de sistemas microeletromecânicos (MEMS) (FORHAN; MILANI; SENNA, 2010), os giroscópios atuais são equipamentos miniaturizados, estando presentes em vários artefatos, tanto de uso comum (celulares, *tablets*, vídeo games), como também em *headsets* de EEG. Nesta pesquisa foram encontrados vários trabalhos que descrevem a utilização de giroscópios para controlar cadeiras de rodas (RECHY-RAMIREZ; HU; MCDONALD-MAIER, 2012) e (LOVIZARO; PORTELA; GIMENES; TEIXEIRA, 2014), simular os movimentos e acionamentos de *mouses* (PEREIRA, 2009) e (ROSAS-CHOLULA; RAMIREZ-CORTES; ALARCON-AQUINO; GOMEZ-GIL; RANGEL-MAGDALENO; REYES-GARCIA, 2013) e no auxílio à locomoção de deficientes visuais (ZHOU; HU, 2008), (HESCH; ROUMELIOTIS, 2007) e (HASHIMOTO; MAGATANI; YANASHIMA, 2001).

A ideia é usar o giroscópio para ativar e controlar a posição das opções de

menus. Em outras palavras, usar os movimentos da cabeça - nas direções direita, esquerda, acima e abaixo - para confirmar opções, sair/retornar ao menu anterior, subir e descer pelas opções de menus; enfim, explorar as várias possibilidades de movimentos para simular uma entrada pelo teclado. Procedimento semelhante foi usado por (PEREIRA, 2009) para controlar o uso de mouse. Contudo, o problema estudado neste trabalho é peculiar, não apenas porque deficientes visuais normalmente não utilizam o *mouse*, como também pelo fato de que a granularidade das opções de menus é muito maior do que o controle a nível de pixels. O giroscópio apresenta muitas possibilidades e idiosincrasias de processamento, sendo necessários diversos cuidados na aquisição de dados para seu efetivo aproveitamento.

Os giroscópios (Figura 3.14) são dispositivos relativamente antigos, cujo princípio de funcionamento é indicar, durante alguma movimentação, a variação do seu ângulo de rotação em relação a um determinado plano ou eixo. Tais aparelhos foram desenvolvidos para diversas aplicações em aviação e para navegação e orientação de veículos marítimos. Estruturalmente falando, um giroscópio 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 e manter o movimento da roda.”* (ENCICLOPÉDIA ESCOLAR BRITANNICA, 2014).

A partir dos anos 1990, a utilização da tecnologia de microeletromecânica possibilitou a construção de giroscópios menores e mais baratos, viabilizando sua implementação em dispositivos mais populares (FORHAN; MILANI; SENNA, 2010) e (LU; WU; ZHANG; CHEN; CUI; LIU, 2010). Diversos textos recentes tratam da utilização de giroscópios para aplicações de tempo real. Artemciukas (ARTEMCIUKAS; PLESTYS; ANDZIULIS; GERASIMOV; ZULKAS; PASVIESTIS; KRAUZE, 2012) analisa a aplicação do giroscópio em jogos, estabilização de imagens, navegação, interface com o usuário e realidade aumentada. Bogue (BOGUE, 2011) cita

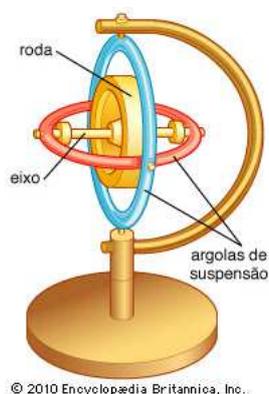


Figura 3.14: Representação de um giroscópio.

seu uso em *mouses* aéreos e controle baseado em gestos. Segundo estes autores, as possibilidades de uso de giroscópio são muito amplas, e salientam que o uso de vários sensores, como giroscópio, acelerômetro, magnetômetro e GPS, embora aumentem o esforço computacional, tornariam as aplicações mais confiáveis. Neste estudo, entretanto, esses fatores não são levados em conta, pois o giroscópio foi suficiente para suprir as necessidades do uso pretendido.

Na área médica, o uso de giroscópios foi testado, por exemplo, em exames clínicos de eletroencefalografia (EEG) para pacientes com quadro de epilepsia. As ondas cerebrais captadas por um exame de EEG podem estar misturadas a artefatos produzidos por movimentos de cabeça, olhos e face. Neste caso, o giroscópio pode ser utilizado para limpar estes sinais, possibilitando um diagnóstico mais preciso (O'REGAN; FAUL; MARNANE, 2013) e (O'REGAN; MARNANE, 2013).

Nos últimos anos, têm havido um crescimento considerável da quantidade e diversidade de tecnologias para ajudar pessoas com deficiências a usar o computador. Várias pesquisas têm sido feitas para melhorar a usabilidade deste equipamento. No NCE-UFRJ, por exemplo, diversos sistemas foram desenvolvidos especificamente para deficientes visuais e motores, com muitos milhares de usuários (BORGES,

2009). Nestas pesquisas, entretanto, o uso de giroscópio tem sido marginal e poucas referências são encontradas na bibliografia.

Em (WANG; YU; JOUNY; GABEL, 2013), os autores estudaram dois algoritmos para detecção de movimentos de cabeça com a finalidade de controlar um aplicativo. Em (RECHY-RAMIREZ; HU; MCDONALD-MAIER, 2012) e (LOVIZARO; PORTELA; GIMENES; TEIXEIRA, 2014), os autores estudaram estes movimentos para controlar uma cadeira de rodas. Nos dois casos, os sinais do giroscópio foram captados do aparelho *neuroheadset Epoc*, o mesmo modelo usado nesta pesquisa, como visto no próximo parágrafo. Em (PEREIRA, 2009) e (ROSAS-CHOLULA; RAMIREZ-CORTES; ALARCON-AQUINO; GOMEZ-GIL; RANGEL-MAGDALENO; REYES-GARCIA, 2013), os autores simularam o controle de *mouses*; e (ZHOU; HU, 2008), (HESCH; ROUMELIOTIS, 2007), (HASHIMOTO; MAGATANI; YANASHIMA, 2001) descrevem propostas da sua utilização em sistemas de auxílio de locomoção de pessoas com deficiência.

Neste trabalho foi usado o equipamento *neuro-headset Epoc* da *Emotiv*, mostrado na Figura 3.15. O *Epoc* possui 14 sensores para captação dos sinais de EEG, além de um sensor de giroscópio MEMS (FORUM EMOTIV, 2014a), que mede a velocidade angular em dois eixos, perpendiculares entre si. Ao contrário da utilização dos sinais de EEG, que sofrem uma série de interferências e requerem uma calibração para cada usuário, um sinal proveniente do giroscópio é mais fácil de usar, não precisa ser calibrado, e não sofre interferência decorrente do estado emocional ou psicológico do usuário.

Por tais motivos, o uso de sinais de EEG foi preterido em estudos preliminares, na medida em que neles ocorrem alta instabilidade e variabilidade, tornando o seu aproveitamento em nossas aplicações um problema muito imponderável para as condições desta pesquisa. Assim, escolhemos estudar a utilização do giroscópio



Figura 3.15: Neuro-headset EPOC da Emotiv

como interface homem-máquina, aplicando-o ao sistema Dosvox (BORGES, 2009).

4 DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA

4.1 Discussão sobre alternativas para interferir no acionamento do Dosvox

Como visto no Capítulo 2, havia dois caminhos a serem escolhidos para que os sinais provenientes do giroscópio acionassem o Dosvox. O primeiro caminho levava a uma alteração nos principais módulos do software básico do Dosvox, sendo o próprio Dosvox o responsável pela captura e tratamento dos eventos causados pelo movimento do giroscópio. Com o objetivo de evitar (ou minimizar) modificações no código do Dosvox, foi decidido que implementaríamos uma segunda opção: desenvolver uma rotina responsável pelo reconhecimento e tratamento dos sinais do giroscópio, além de transmitir ao Dosvox os comandos do usuário.

Desta forma, optamos pelo desenvolvimento de um aplicativo externo ao Dosvox, que simulasse a injeção de teclas no *buffer* de teclado do *Windows*[®]. O Dosvox trataria igualmente os caracteres provenientes tanto do teclado como do giroscópio, desconhecendo qual dos dois periféricos está sendo usado para acioná-lo.

4.2 Protótipo para experimentos

Focamo-nos, inicialmente, em validar a efetividade da hipótese proposta nesta solução. Com tal objetivo, criamos um protótipo: um aplicativo mais simples, que faz uso das mesmas técnicas interativas do Dosvox; em particular, usando as mesmas bibliotecas para interação com o usuário. Este protótipo, embora concebido como

uma simplificação operacional do sistema final, permitiu uma simulação adequada do controle de menus usado no Dosvox. A tela exibida por este protótipo é ilustrada na Figura 4.1.

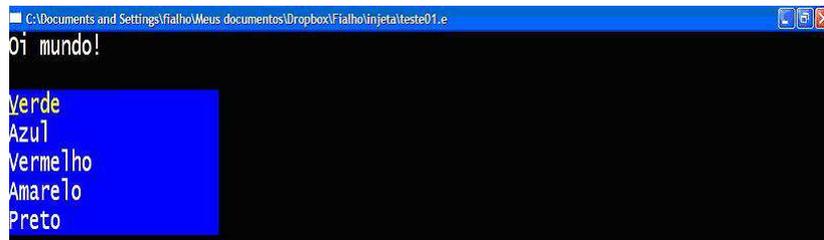


Figura 4.1: Protótipo: acionamento do giroscópio com a mesma interface de controle de menus do Dosvox.

Os testes iniciais desta versão simplificada, contando com um mecanismo de acionamento externo, e traduzindo os movimentos do giroscópio por caracteres inseridos no *buffer* de teclado do *Windows*[®], permitiriam um estudo imediato da viabilidade da solução final.

O primeiro problema encontrado na implementação deste protótipo foi como utilizar as rotinas disponibilizadas pela *Emotiv* para a leitura dos dados do sensor. Estas rotinas foram escritas na linguagem *C++*, enquanto o Dosvox foi implementado em *Delphi Pascal*. Para permitir a compatibilização, usamos um projeto para *Delphi*. Informações sobre este projeto podem ser encontradas em <http://delphi.org/2014/02/connecting-delphi-to-my-brain-with-the-emotiv-epoc/> (MCKEETH, 2014a) e o código fonte está disponibilizado no repositório do *GitHub* no endereço <https://github.com/jimmckeeth/Delphi-Emotiv-EPOC/graphs/contributors> (MCKEETH, 2014b).

Uma vez decidido pela criação de um aplicativo de simulação do teclado, foram implementadas, com o auxílio do professor Antonio Borges, as rotinas em *Delphi* para a leitura das informações provenientes do sensor. Após esta etapa, o

desenvolvimento do protótipo para validação da hipótese de conveniência de uso do giroscópio foi bem simples. A Figura 4.2 ilustra o conceito adotado por esta implementação.

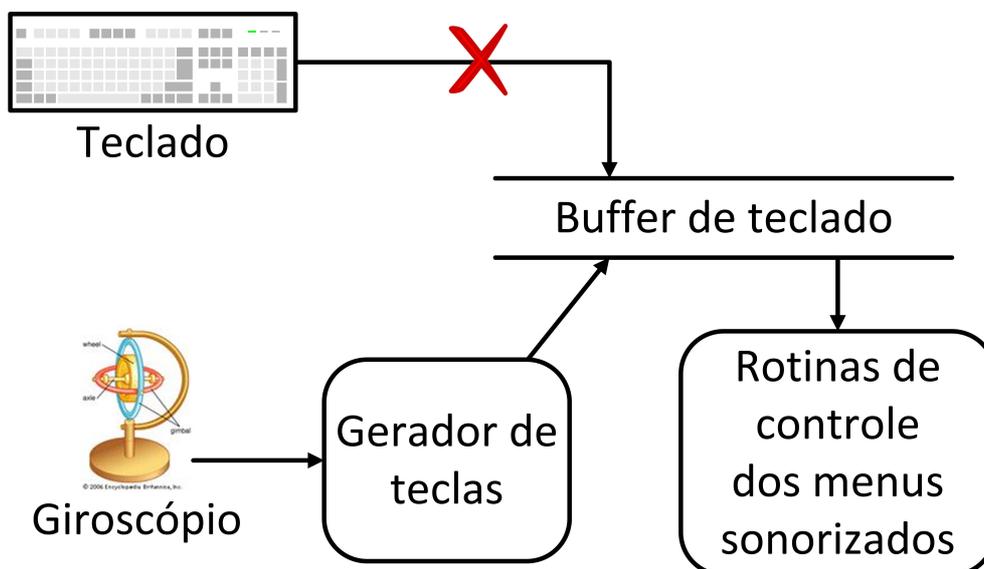


Figura 4.2: Injetor de teclas simuladas, controladas pelo giroscópio.

Desta forma foram desenvolvidos 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 operacionais, em particular aqueles relacionados a 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 controle confiável, mesmo para pessoas com grande controle muscular. O sinal gerado pelo giroscópio tem peculiaridades que são notadas somente quando se tenta tratá-los. Como exemplo, observamos que pequenas oscilações da cabeça acabavam por gerar comandos indesejados, causando grande perturbação no seu uso contínuo para controle do Dosvox. Os sinais apresentavam oscilações, histerese, gravitavam em torno

de pontos variáveis, além de muitas outras interferências causadas não apenas pela eletrônica e mecânica do sensor, mas especialmente pela instabilidade muscular do operador (que pode ser enorme, dependendo da pessoa).

Os testes iniciais logo demonstraram a necessidade de estudar o comportamento dos sinais em relação aos movimentos de cabeça, a fim de determinarmos quais estratégias poderiam compensar (ou ao menos atenuar) as instabilidades observadas.

Tornou-se fundamental um estudo detalhado do comportamento dos sinais gerados pelo giroscópio com diversos tipos de movimento da cabeça. Decidiu-se, após experimentos iniciais, capturar os valores retornados pelo sensor para um conjunto de 10 amostras de sinais gerados por movimentos de cabeça em cada uma das 4 direções básicas (para cima, para baixo, para direita e para esquerda), para diferentes intensidades de movimento. Os resultados desta fase deveriam apontar soluções que permitissem que o uso do *headset*, além de confortável, também evitasse que pequenos movimentos não intencionais gerassem comandos ao sistema.

4.3 O sinal gerado pelo giroscópio: problemas e soluções propostas

Como visto na seção 4.2, os testes iniciais do sensor do giroscópio do *headset EPOC* apresentaram diversos problemas que indicaram uma necessidade de estudos mais detalhados sobre o comportamento do sinal. As tentativas em usar os sinais sem tratamento resultaram em baixa confiabilidade de acionamento.

Analisando as medidas de amplitude mostradas na Figura 4.3, verificou-se que um único movimento de cabeça gerava valores indicativos de vários movimentos. Isto

ocorre porque o sensor tende sempre a retornar à posição inicial. Essa observação explicou, como veremos a seguir, grande parte das dificuldades em usar o sensor para controlar a aplicação sem um tratamento efetivo.

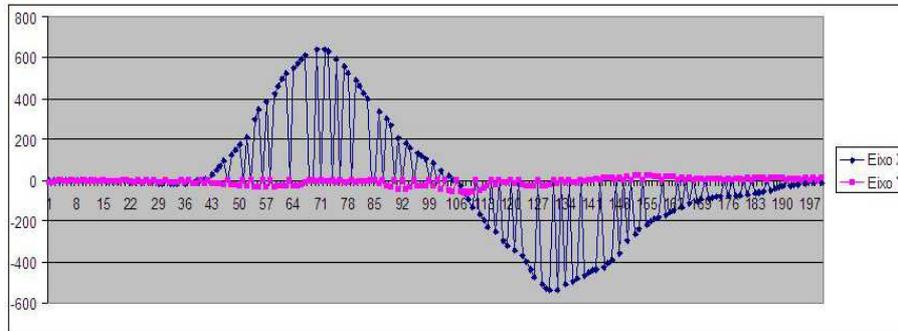


Figura 4.3: Valores retornados pelo giroscópio para um cabeceio típico para a direita. No eixo horizontal temos 200 medidas feitas a cada $5ms$ e no eixo vertical a velocidade angular em \hat{A}°/s .

A Figura 4.3 mostra os valores retornados pelo sensor do giroscópio para um cabeceio para a direita. Estes movimentos de cabeça (a saber, a esquerda, a direita, acima e abaixo) foram denominados de *cabeceio* e serão referidos desta maneira durante o restante do texto. No eixo horizontal se vê 200 medidas feitas no intervalo de $5ms$ e no eixo vertical os valores retornados pela rotina de leitura do sensor para estas 200 medidas. A legenda “Eixo X” e “Eixo Y” se refere aos eixos do sensor. Como o sensor é capaz de perceber movimentos em dois eixos, um exame da figura permite perceber que a maior amplitude do movimento está no Eixo X, sendo que os sinais do Eixo Y ficam ao redor do valor zero. Podemos também verificar que o sinal retorna ao valor zero em vários momentos. Isto se dá porque o sensor é capaz de executar 128 medidas por segundo (FORUM EMOTIV, 2014b), e como o ciclo de processamento é muito mais rápido, o aplicativo estava fazendo mais medidas, durante este intervalo de tempo, do que o sensor podia entregar. Como o sensor não tinha uma medida válida, ele retornava o valor zero. Para corrigir este problema foi inserida uma espera no programa, aguardando assim que o sensor tivesse uma

leitura válida. Com tal cuidado, o controle da aplicação pelo giroscópio tornou-se possível, como está mostrado na Figura 4.4.

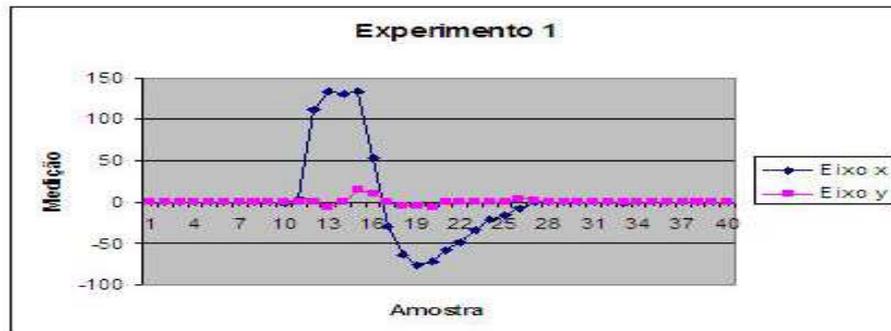


Figura 4.4: Valores retornados pelo giroscópio com o atraso na leitura do sensor. No eixo horizontal temos 40 medidas feitas a cada $50ms$ e no eixo vertical a velocidade angular em \hat{A}°/s .

Neste ponto, cabe ressaltar a dificuldade em conseguir informações da empresa *Emotiv*, fabricante do *neuro-headset Epoc*. Consultando o fórum da empresa, disponível em <http://emotiv.com/forum/> (FORUM EMOTIV, 2014c) pouca informação é encontrada. Tentativas de obter informações por e-mail foram igualmente mal sucedidas. As únicas dadas pelos canais citados se resumiram às seguintes informações:

- O sensor é baseado na tecnologia MEMS (micro-electro-mechanical-system), de dois eixos.
- A rotina que trata o sensor devolve dois números sem sinal, um para o eixo x e outro para o eixo y.
- Um sinal é adicionado para informar o sentido do movimento.
- O sensor de giroscópio é capaz de fornecer 128 medidas por segundo.
- O maior valor retornado para a velocidade angular é $500 \hat{A}^\circ/s$.

Tentativas de obter informações acerca da unidade de medida, \hat{A}°/s , foram infrutíferas, assim como em obter as especificações técnicas do sensor (FORUM EMOTIV, 2014a) e (FORUM EMOTIV, 2014b). Uma troca de e-mails com o suporte da *Emotiv* pode ser vista no Apêndice B

Uma diferença encontrada, em meio à pouca informação disponível, refere-se ao intervalo de medida do sensor: informações na página da empresa indicam $500 \hat{A}^\circ/s$. Nos dados obtidos foram encontrados valores superiores, podendo indicar um problema com a rotina fornecida pela *Internet*, ou apenas um erro na informação fornecida no fórum da empresa. Apesar disto, tal diferença não impossibilitou a execução dos experimentos.

Retornando à descrição do protótipo desenvolvido, a 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 precisar ficar imóvel, tendo a possibilidade de se movimentar sem que a aplicação interprete isso como um comando.
- Necessidade de não fazer movimentos excessivamente bruscos e com grande amplitude.

Para conseguir tais objetivos, foram introduzidos valores limiares de ativação de comando. A escolha destes limiares foi feita com base nos valores retornados pelo sensor, de tal modo que valores pequenos fossem desprezados, possibilitando uma livre movimentação do usuário. Porém, este valor não pode ser muito alto, evitando a necessidade de movimentos bruscos ou excessivamente amplos por parte do usuário (novamente, visando o conforto e a facilidade de uso). Estes cuidados

são importantes principalmente quando do uso prolongado do computador, evitando fadiga e dores musculares que seriam causados por repetidos movimentos não usuais efetuados pelo usuário.

Para decidir que valores limites deveriam ser utilizados, realizamos um pequeno experimento, no qual foram efetuados 10 movimentos de cabeça em cada direção. Analisando os valores obtidos destes 40 experimentos, observou-se a média dos picos retornados pelo sensor em cada sentido de movimento. Assim, os valores de ativação, em cada sentido foram escolhidos segundo a Tabela 4.1.

Tabela 4.1: 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

4.3.1 O modelo de estados

O giroscópio utilizado no *headset* tem uma taxa de 128 leituras por segundo, o que explica a dificuldade inicial em usar os sinais retornados pela rotina de leitura do *headset*. O protótipo fazia mais tentativas de leitura do que o giroscópio é capaz de responder. Para tratar esta discrepância, foi necessário introduzir um atraso na leitura dos valores do sensor, permitindo sua utilização para controlar a aplicação. O aplicativo foi implementado como uma máquina de estados. Em engenharia de software e eletrônica digital, um diagrama de transição de estados é uma representação dos diferentes estados ou situações em que um objeto pode se encontrar no

decorrer da execução de processos em um sistema. Com isso, o objeto pode passar de um estado inicial para um estado final através de uma ou várias transições. A Figura 4.5 ilustra o diagrama utilizado, incluindo o atraso, em milissegundos, para a transição entre estados (permitindo que o sensor estivesse apto para uma nova leitura).

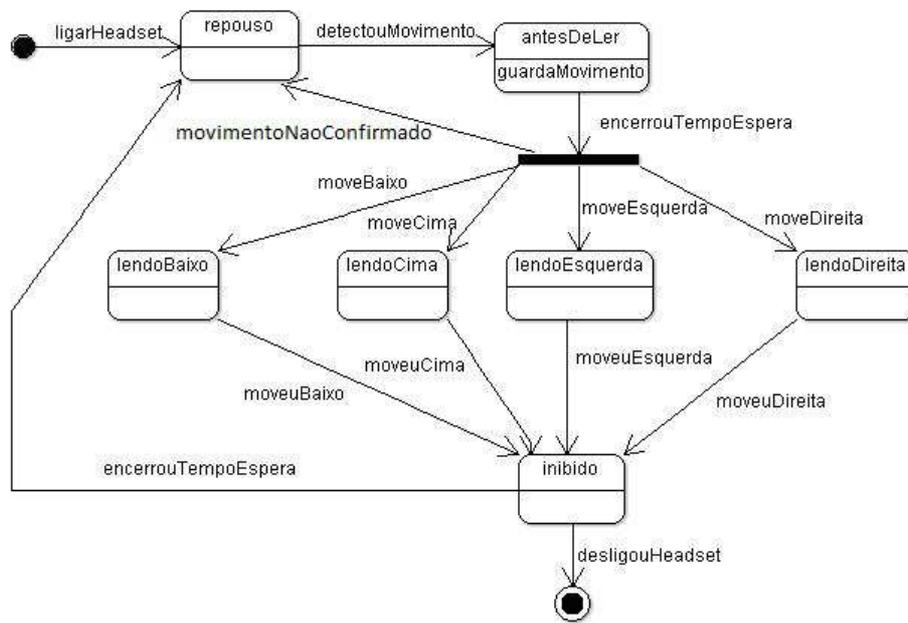


Figura 4.5: Diagrama de estado para leitura do giroscópio.

Como pode ser visto na Figura 4.5, o giroscópio é iniciado no estado de “repouso”, aguardando um movimento. A ocorrência de tal movimento implica em uma transição ao estado “antesDeLer”, onde o controlador aguarda o tempo necessário antes de uma nova leitura. Se a nova leitura confirmar o movimento, ocorre a transição para um dos estados que caracterizam os possíveis movimentos. Em cada um destes quatro estados, o respectivo comando de movimentação é finalmente gerado, e o programa atinge então o “inibido”. Após aguardar alguns instantes, segue-se

uma transição ao estado de “repouso”, e um novo ciclo se repete.

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

5 METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste capítulo será mostrada a definição da metodologia usada neste trabalho. As narrações de como se deram os experimentos descritos aqui, bem como a análise dos dados e os resultados alcançados serão vistos no Capítulo 6. A seguir, são apresentadas as definições dos experimentos realizados, que buscam:

- Descoberta de parâmetros para decidir quando o usuário está enviando um comando para o computador através do giroscópio.
- Validação destes parâmetros.
- Verificação da metodologia usada junto ao público alvo: pessoas com deficiência múltipla visual e motora.

Inicialmente, na fase de definição do objeto de estudo, foram executados experimentos e a criação de um protótipo para verificação da hipótese: viabilidade do uso do giroscópio para comandar um computador através de um sistema baseado em menus. Nestes experimentos, foram coletados os dados capturados pelo sensor para diversos movimentos de cabeça executados por uma única pessoa. A partir dos dados coletados, foram definidos os valores limiares de ativação, sendo então definidos valores mínimos que seriam aceitos como indicadores de intenção do usuário em transmitir um comando ao computador. O objetivo era tornar o uso do giroscópio mais confortável, bem como evitar que uma interpretação errônea de movimentos involuntários ou não intencionais gerasse ações inadequadas do Dosvox;

Como nesta fase, o objetivo foi verificar se a hipótese de usar o sensor do giroscópio como interface de entrada para o computador era viável, não houve a

preocupação de coletar dados de cabeceio de diversas pessoas.

A viabilidade da nossa hipótese foi confirmada pelo experimento inicial. Passamos então a uma nova fase da pesquisa, com o envolvimento de mais pessoas nos experimentos realizados.

5.1 Metodologia de projeto quase-experimental

Segundo Cohen (COHEN; MANION; MORRISON, 2007), em uma pesquisa experimental, os pesquisadores manipulam e controlam determinadas condições, que determinam os eventos que eles estão interessados em estudar. Para que uma pesquisa seja considerada como experimental, ela deve atender a todos os requisitos a seguir(COHEN; MANION; MORRISON, 2007):

- um ou mais grupos de controle¹
- um ou mais grupos experimentais (grupo alvo da pesquisa)
- uma escolha aleatória dos participantes nos grupos de controle e experimental
- pré-teste dos grupos para garantir o pareamento
- pós-teste dos grupos para observação das variáveis dependentes
- um ou mais intervenções no grupo experimental
- isolamento, controle e manipulação das variáveis independentes

¹Um grupo de controle científico permite o estudo experimental de uma variável por vez, e é parte vital do método científico. Em um experimento controlado, dois experimentos idênticos são conduzidos. Em um deles, o tratamento — fator testado — é aplicado. Em outro — o controle — o fator testado não é aplicado.

- os grupos de controle e experimental não podem ter uma interseção

Quando um ou mais destes requisitos não são atendidos, a pesquisa pode ser considerada quase-experimental, se atender à metodologia necessária no tratamento dos dados coletados e no rigor científico.

Esta pesquisa está interessada em determinar se pessoas com deficiência múltipla, visual e motora, podem se beneficiar do uso de sensores de giroscópio como uma interface de entrada para sistemas de computação, em particular o Dosvox. Campbell e Stanley (CAMPBELL; STANLEY, 1979) citam critérios que podem comprometer a validade de uma pesquisa experimental. Neste trabalho, dois destes critérios chamam a atenção.

O primeiro critério é a história dos sujeitos. Considerando dois sujeitos com a mesma deficiência, eles podem apresentar diferentes graus de comprometimento de seus movimentos. Com isso, a dificuldade em utilizar o giroscópio será diferente entre os sujeitos. A utilização prévia do Dosvox também pode influenciar os resultados obtidos de uma determinada pessoa.

O segundo critério a ser destacado, maturação, tem a ver com o experimento em si. Em decorrência de diferentes graus de deficiência que os sujeitos possam apresentar, o experimento pode se tornar mais cansativo para alguém com uma maior limitação, o que pode influenciar no seu resultado.

Sendo assim, neste trabalho foi usada uma metodologia quase-experimental, pois a escolha do grupo amostral foi por conveniência (COHEN; MANION; MORRISON, 2007) e pelas influências dos critérios de história e maturação apresentados (CAMPBELL; STANLEY, 1979). A metodologia proposta prevê três experimentos:

1. No primeiro foram estudadas as características dos sinais retornados pelo sensor para diversos cabeceios nos quatro sentidos (direita, esquerda, acima e abaixo). Estes experimentos foram executados com a finalidade de descobrir critérios que possam ser usados para caracterizar o sentido do cabeceio. A amostra para este experimento foi um grupo de pessoas sem deficiência.
2. No segundo experimento buscou-se validar os critérios definidos pelo experimento 1, para um grupo de pessoas sem deficiência.
3. No terceiro experimento, a validação deve ser feita com um grupo de pessoas com deficiência visual e também dificuldade (ou impossibilidade) de utilizar o teclado.

Como não foi encontrado nenhum trabalho anterior em que o sensor de giroscópio tenha sido usado para simular o uso do teclado, foi necessário definir todo o tratamento metodológico dos experimentos e o tratamento dos dados obtidos com o grupo amostral.

5.2 Procedimentos e análise

5.2.1 Experimento 1

Como visto na Seção anterior, 5.1, neste experimento buscou-se estabelecer critérios para identificar um cabeceio e o seu sentido. Para este experimento, é necessária uma quantidade mínima de três pessoas, efetuando 40 movimentos com a cabeça. As pessoas foram escolhidas por conveniência de proximidade, sendo pessoas sem deficiência.

Os procedimentos aqui descritos foram entregues aos sujeitos para que lessem

tomando ciência dos objetivos e dos passos que seriam executados. Estas instruções, bem como os formulários de “Protocolo de Registro” do experimento estão no Apêndice C.

5.2.1.1 *Descrição*

Como meio de coleta dos dados, foi usado o mesmo programa desenvolvido na fase de estudo do objeto de pesquisa. Para cada movimento, de cada sujeito, nas quatro direções, foram capturadas 40 medidas ao todo, cada medida com um intervalo de tempo de $50ms$.

Este experimento consistiu de três fases: ambientação e treinamento, coleta de dados com movimentos repetidos, e coleta de dados com movimentos alternados. Cada sujeito executou as três fases de forma sequencial. A previsão de duração total do experimento foi da ordem de 30 minutos.

5.2.1.2 *Fase de ambientação e treinamento*

Esta fase consiste em uma ambientação e treinamento dos sujeitos com os instrumentos (*headset*, sensores, etc.) e com o procedimento experimental. Cada sujeito colocou o *headset* com o sensor, acostumando-se com o seu uso e com a hipótese de transmitir uma intenção de efetuar uma ação através de cabeceo. Esta fase teve a duração de 10 minutos.

Os dados resultantes desta fase não serão utilizados nas análises para determinação dos critérios pois, neste momento, os sujeitos estão se familiarizando com os instrumentos da pesquisa: o giroscópio e o programa que estão interagindo.

5.2.1.3 Fase de coleta de dados com movimentos repetidos

Esta fase teve como objetivo coletar os dados gerados pelo sensor (variação da velocidade angular *versus* tempo) para movimentos repetidos em um mesmo sentido. Foi solicitado que cada sujeito da amostra realizasse, de forma repetida, cinco movimentos de mesmo sentido, para todos os sentidos considerados, gerando assim $5 \times 4 = 20$ conjuntos de dados. Foi dado um intervalo de 1 minuto para descanso entre cada sentido. Esta fase teve a previsão de duração de 10 minutos. Resumindo, cada fase consistia em:

- 5 movimentos para a esquerda, descansa 1 minuto
- 5 movimentos para a direita, descansa 1 minuto
- 5 movimentos para baixo, descansa 1 minuto
- 5 movimentos para cima, descansa 1 minuto

Conforme explicado na seção 5.2.1.1, em cada movimento serão coletadas 40 medidas, com um intervalo de $50ms$, entre as medidas. Detalhes sobre as medidas podem ser visualizados na Figura 5.1, e serão analisados na Seção 5.2.1.5.

5.2.1.4 Fase de coleta de dados alternados

Nesta fase foi pedido que a pessoa fizesse movimentos em rodízio, cinco conjuntos de quatro movimentos, um em cada um dos quatro sentidos, com descanso de um minuto ao final de cada conjunto. Resumindo, esta fase consistia em:

- 1 movimento para a esquerda

- 1 movimento para a direita
- 1 movimento para baixo
- 1 movimento para cima
- descansa 1 minuto

Esta sequência era repetida 5 vezes, com uma duração total estimada em 10 minutos.

5.2.1.5 Metodologia de coleta e análise dos dados

O objetivo deste experimento foi escolher critérios que pudessem ser usados para caracterizar um movimento de cabeceio em cada um dos quatro sentidos possíveis. Em um primeiro momento, foi feita uma análise visual da curva formada pelos valores retornados pelo sensor (Figura 5.1) de forma exploratória. Esta figura apresenta os dados coletados a partir de um movimento intencional (cabeceio) para a direita. Ao longo do eixo X são dispostos os valores das 40 medidas coletadas a cada 50ms. Movimentos de cabeça para a esquerda e para a direita são identificados pelos valores positivos ou negativos da velocidade angular (Eixo Y).

Do exame da Figura 5.2 podemos notar que um cabeceio para a direita é composto de 4 fases:

- Uma fase inicial de espera, antes de começar o movimento (\overline{AB}).
- Quando a cabeça gira para a direita, fazendo o movimento intencional, a velocidade sai de 0, chega a um máximo (800) e começa a diminuir passando

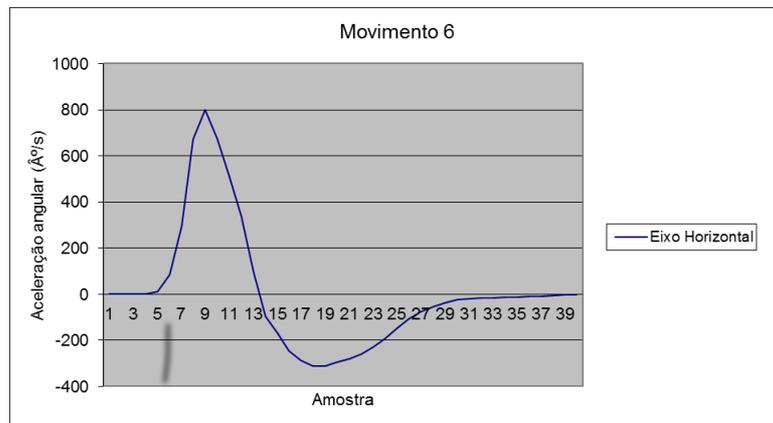


Figura 5.1: Exemplo de amostra obtida em um cabeceo para a direita.

pelo 0. Neste momento, o movimento de giro da cabeça alcança o seu extremo (\overline{BD}).

- Fase de retorno, quando acontece o movimento oposto ao desejado, daí a escolha do nome para movimento não intencional. Com o retorno da cabeça a posição inicial, a velocidade continua a diminuir até chegar a um mínimo negativo (-300), quando inverte novamente o sentido e vai amortecendo lentamente até 0 novamente, coincidindo com o término do movimento (\overline{DF}).
- Fase de acomodação, quando a cabeça retorna ao estado inicial, terminado o movimento (\overline{FG}).

A identificação das 4 fases de um cabeceo para os outros sentidos (a esquerda, acima e abaixo) são definidos e identificados de maneira análoga. A partir da análise do gráfico e identificação destas fases, foram escolhidas doze variáveis para terem o seu comportamento estudado nos diversos movimentos. Algumas destas variáveis estão relacionadas à medida feita, um ponto ou intervalo no tempo, outras variáveis estão relacionadas ao valor retornado pelo sensor em uma determinada medida (Figura 5.2):

- *Delay* (B)
- Pico intencional (C)
- Valor do Pico intencional (Valor da velocidade angular no ponto C)
- Inversão (D)
- Fim Não intencional (F)
- Duração intencional (\overline{BD})
- Duração intencional a partir do Pico Intencional (\overline{CD})
- Pico Não Intencional (E)
- Valor do Pico Não Intencional (Valor da velocidade angular no ponto E)
- Duração Não intencional (\overline{DF})
- Duração Total (\overline{BF})
- Duração Total a partir do Pico Intencional (\overline{CF})

Escolhidas as variáveis candidatas a formarem um critério de caracterização do sentido do movimento, iniciou-se a análise dos dados recolhidos durante o experimento. Com base nos valores medidos para estas variáveis, para cada movimento executado, foram elencadas quatro que resultaram em um padrão, além de mostraram-se com uma menor variabilidade:

- Valor do Pico intencional
- Duração intencional
- Duração intencional a partir do Pico Intencional

- Duração Total a partir do Pico Intencional

A análise nos quatro sentidos (direita, esquerda, acima e abaixo) foram então feitas com base nestas quatro variáveis.

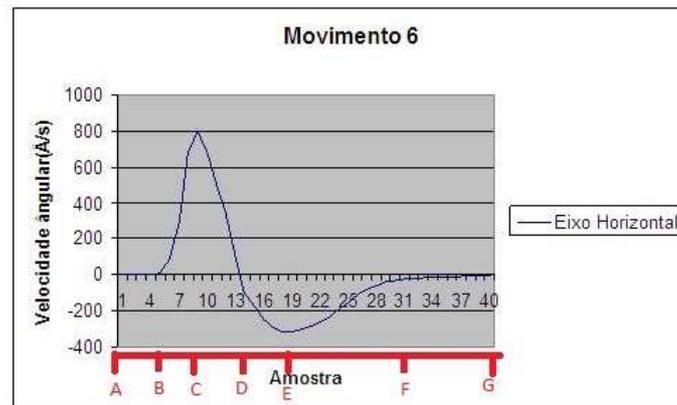


Figura 5.2: Fases do Movimento.

Tendo explorado os dados em busca dos critérios, passou-se para um segundo momento, em que os critérios foram testados com os dados colhidos nos experimentos. Para cada sentido de movimento foram efetuados os seguintes passos:

- Passo 1** Para cada sujeito, foram escolhidas três rodadas de forma aleatória, dentre as cinco rodadas da fase de coleta de dados de movimentos repetidos (cada qual com 40 medidas observadas).
- Passo 2** Para cada uma destas três rodadas, calculou-se a média e o desvio padrão de cada variável escolhida para estudo.
- Passo 3** Com as médias e os desvios padrão individuais, foi calculada a média das médias e o desvio padrão das médias (ou seja, o erro médio das médias).

Passo 4 Lembrando o objetivo deste experimento (definir valores limiares ou críticos para identificarmos um sentido de movimento), e considerando 95% como taxa de acerto aceitável, definimos para cada variável estudada: o valor limiar superior foi calculado como a média mais duas vezes o erro médio das médias; e o valor limiar inferior como a média menos duas vezes o erro médio da média.

Tendo definido os valores limiares com base nestes três movimentos escolhidos aleatoriamente, verificou-se se os movimentos restantes (dois da fase de movimentos repetidos e cinco da fase de movimentos alternados) também seriam detectados.

Como um dos requisitos que buscamos é que a rotina que trata os sinais do giroscópio, a medida que for sendo utilizada, vá se aperfeiçoando e se adaptando à forma de movimentar do usuário, todos os movimentos que foram reconhecidos da forma explicitada acima entraram no cálculo de uma nova média e, consequentemente, de um novo erro médio das médias. Com esta análise o critério escolhido para identificar o sentido de um cabeceio foi a média dos picos menos dois erros médios das médias dos picos.

Os dados coletados neste experimento com a análise definida aqui, são apresentados no próximo capítulo.

5.2.2 Experimento 2

Neste experimento buscou-se validar o critério escolhido no experimento 1 como forma de identificar o sentido de um cabeceio. Para este experimento é necessário um mínimo de 30 pessoas efetuando um conjunto de movimentos usando o giroscópio para controlar o Dosvox, com as pessoas escolhidas por conveniência de proximidade e sem deficiência. Conforme visto na definição do experimento 1,

este número de sujeitos foi baseado na decisão de que seria utilizada a estatística de Student (t-teste) que é indicada no caso de termos amostras pequenas (menos de 30 sujeitos). Os procedimentos descritos nesta seção também foram entregues aos sujeitos, para que tomassem ciência dos objetivos e dos passos que seriam executados. Estas instruções, bem como um exemplo do formulário de “Protocolo de Registro” do experimento, podem ser vistas no Apêndice D.

5.2.2.1 Descrição

Este experimento teve duas fases: ambientação e treinamento. Cada sujeito executou as duas fases de forma sequencial. A previsão de duração total do experimento foi da ordem de 15 minutos.

5.2.2.2 Fase de ambientação e treinamento

Esta fase consiste em uma ambientação e treinamento dos sujeitos com os instrumentos (*headset*, sensores, etc.) e com o procedimento experimental. Cada sujeito colocou o *headset* com o sensor, acostumando-se com o seu uso, e interagindo com o sistema Dosvox. Esta fase teve a duração de 10 minutos. Nesta fase não foi colhida nenhuma informação de performance, facilidade de uso ou qualquer outra. Os sujeitos foram deixados à vontade para uma interação livre com o sistema.

5.2.2.3 Fase de validação dos critérios

Após o sujeito ter se ambientado com os procedimentos experimentais, passamos à fase seguinte em que é verificada a capacidade do sistema em entender a

intenção do usuário através de um movimento de cabeça. Com a finalidade de minimizar uma possível tendência, tanto em diminuir como em aumentar o grau de facilidade na execução do experimento, foram criados três cenários distintos, sendo que a escolha do roteiro por sujeito se deu de forma aleatória. Em todos os roteiros os sujeitos deveriam executar 15 movimentos, a fim de realizar as ações pedidas. Cada sujeito executou apenas uma rodada. Os roteiros estão apresentados no Apêndice D.

As informações colhidas neste experimento são:

- Número de acertos, quando o sistema reconhece o movimento executado pelo sujeito.
- Número de erros, quando o sistema não reconhece o movimento executado pelo sujeito.

Além destes dados, serão solicitadas informações sobre idade, sexo, grau de instrução, familiaridade com o uso de computadores, familiaridade prévia com o sistema Dosvox, e impressões sobre o grau de facilidade e conforto em usar o giroscópio para interagir com o computador, além de sugestões ou observações que os sujeitos achessem pertinentes. Estas informações serão utilizadas para averiguar se existe alguma correlação entre elas e o resultado do experimento.

5.2.2.4 Metodologia de análise

O objetivo deste experimento é verificar se o critério escolhido foi capaz de identificar um cabeceio e o seu sentido, com base nos critérios previamente definidos. Para isto será comparada a média de acertos e erros da amostra com uma distribuição

onde, estatisticamente o resultado é aleatório; ou seja, a média de acertos e erros seriam iguais (50%).

Definiu-se a hipótese inicial, H_0 , como sendo que não há diferença entre os dois conjuntos com uma probabilidade de erro de 5%. Se o teste refutar a hipótese é porque o experimento foi bem sucedido. Foi usada uma estatística de teste de Student (t-teste) (BUSSAB; MORETTIN, 2009), para avaliação da hipótese.

5.2.3 Experimento 3

Este experimento tem a mesma finalidade do experimento 2. A diferença é o grupo amostral, pois foi previsto para ser aplicado à um grupo de pessoas com deficiência múltipla.

5.2.3.1 Descrição

Este experimento é idêntico ao experimento 2. A descrição e os procedimentos foram apresentados na seção anterior.

A Resolução Nº 466, de 12 de Dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde, Ministério da Saúde, (CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE (BRASIL), 2012), aprovou as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos, entre elas a necessidade de submissão aos Conselhos de Ética. Nos experimentos anteriores, como as amostras foram escolhidas por conveniência entre amigos e companheiros de trabalho e do corpo discente do PPGI, pela falta de tempo hábil para seguir todos os procedimentos necessários, e principalmente pela falta de cultura institucional em seguir tais normas, não foi feita uma consulta a um Comitê

de Ética.

Entretanto, como este experimento utiliza pessoas com deficiência múltipla, é necessário seguir os procedimentos normatizados pela Resolução N^o 466. Esta submissão é feita através da Plataforma Brasil², que escolhe o Comitê de Ética que avalia os procedimentos experimentais, aprovando ou não a pesquisa proposta.

Os seguintes documentos, que constam do Apêndice E, foram enviados para análise, através da Plataforma Brasil:

- Carta de apresentação com os objetivos da pesquisa e concordância dos orientadores.
- Termo de Compromisso Livre e Esclarecido que deve ser assinado pelo sujeito ou por seu representante legal. Este termo descreve os objetivos da pesquisa, a garantia do anonimato ao sujeito e informação sobre os seus direitos.
- Projeto detalhado.
- Currículos dos pesquisadores responsáveis.
- Cronograma.
- Folha de Rosto, criada pela plataforma ao cadastrar a pesquisa.

Neste experimento, como no experimento 2, será comparada a média de acertos e erros da amostra com uma distribuição onde, estatisticamente o resultado é aleatório; ou seja, a média de acertos e erros seriam iguais (50%), hipótese H₀. Além disto, serão comparados as médias de acertos e erros entre este grupo amostral e o grupo amostral do experimento 2.

²<http://aplicacao.saude.gov.br/plataformabrasil/login.jsf>

Como no experimento 2, definiu-se a hipótese H_0 e, para verificação da hipótese, o uso do t-teste.

5.3 Sistema experimental

Nesta seção será mostrado quais foram os aplicativos usados para cada um dos experimentos.

5.3.1 Experimento 1

Como vimos na Seção 5.1, o experimento 1 serviu para que fossem definidos os critérios para detecção e sentido dos cabeceios.

Para este experimento, foi usado o mesmo programa criado na fase de definição do objeto de estudo - quando foi avaliado se a hipótese proposta era pertinente. Nenhuma alteração no programa foi necessária.

5.3.2 Experimentos 2 e 3

Definido o critério a ser usado para identificarmos um movimento de cabeça e o sentido deste movimento, os experimentos 2 e 3 serviram para validar este critério. Estes experimentos usaram o aplicativo de controle do giroscópio, programado com o critério escolhido no experimento 1, e o sistema Dosvox.

Para os experimentos 2 e 3, foi necessário modificarmos o Dosvox para a padronização dos menus. Isto foi necessário porque, em determinadas situações, o

Dosvox aguardava uma ação do usuário (geralmente responder “Sim” ou “Não”), sem apresentar um menu. Sem a utilização do teclado, o uso do giroscópio impôs esta modificação.

O protótipo desenvolvido na fase de estudo não atendia completamente aos experimentos 2 e 3, sendo necessário a escrita de um novo aplicativo que ficou responsável pelo giroscópio e pelo teclado virtual. A escrita deste aplicativo foi feita pelo Prof. Júlio Tadeu Carvalho da Silveira, no ambiente de programação do *Borland Delphi*[®].

Para um completo uso do Dosvox, escolheu-se por deixá-lo independente do giroscópio. O Dosvox não sabe como está sendo controlado, se pelo teclado ou pelo giroscópio. Todo o tratamento foi colocado no aplicativo criado, denominado por *Girovox*. Com estas ações o usuário pode executar todas as funcionalidades disponíveis no Dosvox. Para a escolha de teclas, no teclado virtual, é aceito um movimento em qualquer sentido.

Os movimentos que o *Girovox* é capaz de reconhecer com as ações disparadas são mostradas na tabela 5.1:

Tabela 5.1: Os movimentos que o *Girovox* é capaz de reconhecer com as ações disparadas.

Movimento	Ação
Um cabeceio para cima	Injeta no <i>buffer</i> de teclado uma seta para cima
Um cabeceio para baixo	Injeta no <i>buffer</i> de teclado uma seta para baixo
Um cabeceio para esquerda	Injeta no <i>buffer</i> de teclado um caracterer “ESC”
Um cabeceio para direita	Injeta no <i>buffer</i> de teclado um caracterer “Enter”
Dois cabeceios para cima	Inicia uma varredura automática para cima
Dois cabeceios para baixo	Inicia uma varredura automática para baixo
Dois cabeceios para direita	Inicia o Teclado Virtual

5.4 Amostra por conveniência

Como vimos neste capítulo, a metodologia utilizada caracteriza-se como uma pesquisa quase-experimental.

Os motivos foram: a dificuldade em alocarmos sujeitos, ao grupo experimental, que atendessem aos critérios de validação citados por (CAMPBELL; STANLEY, 1979), e a alocação por conveniência dos sujeitos participantes. Com a aprovação pelo Comitê de Ética, um terceiro experimento é previsto. Este experimento será realizado com pessoas com deficiência múltipla. Para alocação dos sujeitos neste grupo amostral conta-se com o apoio da Thamires (Seção 1.2), que se comprometeu em participar e indicar pessoas para a pesquisa.

6 RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Este capítulo descreve os passos seguidos para obtenção dos resultados na execução dos experimentos 1, 2 e 3, propostos e descritos no Capítulo 5.

Resumindo:

Experimento 1 - Neste experimento buscamos identificar variáveis e valores limites que pudessem ser usados para identificar um movimento de cabeça.

Experimento 2 - Tem por finalidade validar se, com as variáveis e os valores limites, é possível utilizar o giroscópio para controlar um computador com o sistema Dosvox.

Experimento 3 - Tem a mesma finalidade do experimento 2. A diferença é que foi previsto para ser feito com pessoas com deficiência múltipla.

6.1 Experimento 1

Como vimos no Capítulo 5, o objetivo deste experimento é definir os critérios para serem usados na interpretação dos cabeceios com a intenção do usuário.

A amostra consistiu de 5 pessoas, sendo 4 do sexo masculino e 1 do sexo feminino. A idade média de 40 anos tendo o mais novo 24 anos e o mais velho 50. Quatro pessoas se declararam tendo “Grande” familiaridade com o computador e uma como tendo uma “Boa” experiência, sendo a resposta baseada na escala apresentada na Tabela 6.1. A média de duração do experimento foi de 11 min e

37 seg com desvio padrão de 1 min e 43 seg. O experimento foi realizado em sala climatizada com temperatura média de $23,9^{\circ}\text{C}$ e desvio padrão de $0,59^{\circ}\text{C}$.

Tabela 6.1: Grau de experiência com o uso de computadores.

1	Nenhuma
2	Pouca
3	Regular
4	Boa
5	Grande

Será mostrado como se chegou ao resultado. Para isto serão usados os dados experimentais do sujeito S1. Os procedimentos descritos foram aplicados ao restante do grupo amostral.

Na Figura 6.1 temos as curvas formadas pelos 10 cabeceios efetuados pelo sujeito S1, para a direita, excluindo o tempo de *delay*. Estes 10 cabeceios são os cinco da fase de coleta de dados, com movimentos repetidos, e mais os cinco da fase de coleta, com movimentos em rodízio. No eixo horizontal temos 40 medidas feitas a cada 50ms ; no eixo vertical, a velocidade angular em \hat{A}°/s . Esta unidade de medida não é conhecida e, como dito na Seção 4.3, foram feitas diversas tentativas junto ao fabricante do *headset* para elucidar esta questão mas, todas sem exito FORUM EMOTIV (2014b). O sinal dá o sentido do movimento.

Pela análise do gráfico pode-se perceber que os 10 movimentos tem características em comum.

A Tabela 6.2 mostra os valores, para as 12 variáveis definidas no capítulo anterior. Os dados são do sujeito S1 nos 10 cabeceios executados para a direita. As variáveis “Valor do Pico I” e “Valor do Pico NI” estão em \hat{A}°/s , as demais variáveis estão em intervalos de medida, cada intervalo com a duração de 50ms .

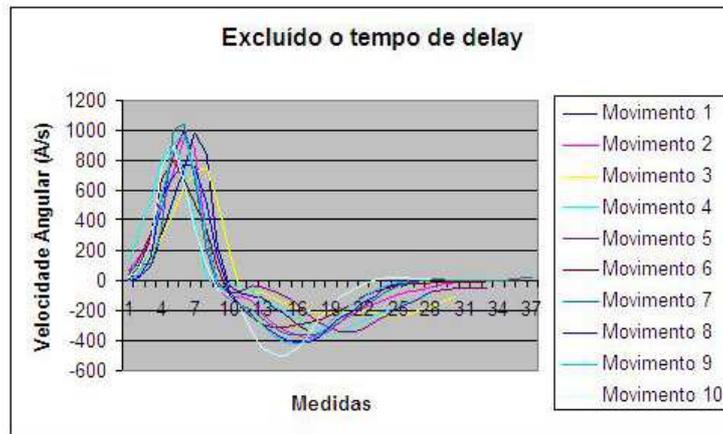


Figura 6.1: Valores retornados pelo giroscópio com o atraso na leitura do sensor para 10 cabeçadas para a direita excluindo o tempo de *delay*. Dados referentes ao sujeito S1.

Tabela 6.2: Valores das variáveis para o sujeito S1 nos 10 cabeceios executados para a direita.

Variável	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Delay	24	10	11	12	8	5	4	14	15	13
Pico I	30	15	18	17	13	9	9	19	20	17
Valor do Pico I	980	946	748	900	997	799	1043	775	971	900
Duração I	9	9	10	9	8	9	8	9	8	8
Duração I a partir do Pico I	3	3	3	4	3	5	3	4	3	4
Inversão	33	18	21	21	16	14	12	23	23	21
Pico NI	40	26	34	31	27	18	19	29	30	27
Valor do Pico NI	-335	-378	-228	-353	-346	-313	-360	-415	-423	499
Duração NI	7	22	18	19	24	26	18	17	18	16
Fim NI	40	40	40	40	40	40	30	40	40	35
Duração Total	16	30	29	28	32	35	26	26	25	22
Duração Total a partir do Pico NI	7	25	22	23	27	31	21	21	20	18

Como delineado na metodologia de análise do experimento 1 (sub-seção 5.2.1.5), a partir da Tabela 6.2 foram escolhidas quatro variáveis que mais poderiam caracterizar um cabeceio, lembrando que o interesse é no movimento intencional do sujeito. As quatro variáveis escolhidas foram:

- i Valor do pico intencional.

- ii Duração da fase intencional.
- iii Duração da fase intencional a partir do pico intencional,
- iv Duração total a partir do pico intencional.

Novamente, como definido na metodologia proposta, a partir da definição das variáveis a serem estudadas, foram calculados sua média e seu desvio padrão, considerando três movimentos efetuados pelo sujeito S1 na primeira fase do experimento, quando foram solicitados cinco movimentos repetidos em um mesmo sentido. A escolha por separar três movimentos é explicada pela opção em termos dois conjuntos de dados: um com três movimentos, para definir os valores dos critérios, e outro conjunto com 7 movimentos, para verificamos, com os valores escolhidos, como a solução se comportará. O resultado pode ser visto na Tabela 6.3. Os movimentos escolhidos aleatoriamente foram C1, C4 e C5.

Tabela 6.3: Média e desvio padrão considerando os movimentos C1, C4 e C5.

Variável	Média	Desvio Padrão
(i) Valor do Pico I	959	51,80
(ii) Duração I	9,33	0,58
(iii) Duração I a partir do Pico I	3,67	0,58
(iv) Duração Total a partir do Pico I	19,33	8,14

Usando a média e o desvio padrão calculados, o próximo passo foi verificar se, com os valores definidos como limiares (ou seja, valores limites de teste), os movimentos restantes, dois da fase de movimentos repetidos e cinco da fase de movimentos alternados, seriam considerados como intenção do usuário em executar a ação pedida.

Com uma margem de erro aceitável de 5%, ou seja em 100 tentativas de

comandar o Dosvox através do giroscópio o sistema deve acertar no mínimo 95 vezes, foi usado o intervalo considerando a média menos dois desvios padrão e a média mais dois desvios padrão para as variáveis (i), (iii) e (iv). No caso da variável (ii), optou-se por testar apenas o limite inferior, pois um valor muito baixo pode indicar um movimento não intencional (como um espasmo), e um valor demasiado alto confirma ser um movimento intencional. Os resultados são apresentados na Tabela 6.4.

Tabela 6.4: Totais de cabeceios para a direita do sujeito S1 detectados pela média e desvio padrão da Tabela 6.3

Variável	Detectados	Não detectados
(i) Valor do Pico I	4	3
(ii) Duração I	2	5
(iii) Duração I a partir do Pico I	3	4
(iv) Duração Total a partir do Pico I	7	0

Todos estes procedimentos foram executados também para os sujeitos S2, S3, S4 e S5.

Ao final foram calculados: a média entre as médias de todos os sujeitos, e o desvio padrão das médias. Estes dados são apresentados na Tabela 6.5. O valor elevado do desvio padrão é devido a diferença entre a forma de cada sujeito em efetuar os movimentos de cabeça.

Com estes novos valores, foi novamente verificado quantos movimentos seriam detectados, obtendo um novo total (Tabela 6.6):

Os resultados, considerando os cinco sujeitos, podem ser vistos na Tabela 6.7. Da análise desta tabela, podemos verificar que o método proposto conseguiu detectar

Tabela 6.5: Média entre as médias dos 5 sujeitos para cabeceios para direita.

Variável	Média	Desvio padrão
(i) Valor do Pico I	563	267,84
(ii) Duração I	9,47	1,35
(iii) Duração I a partir do Pico I	4,73	0,80
(iv) Duração Total a partir do Pico I	17,6	3,71

Tabela 6.6: Total de cabeceios para a direita do sujeito S1 detectados pela média das médias entre os sujeitos. Foram considerados todos os 10 movimentos.

Variável	Detectados	Não detectados
(i) Valor do Pico I	10	0
(ii) Duração I	10	0
(iii) Duração I a partir do Pico I	7	3
(iv) Duração Total a partir do Pico I	9	1

95% dos movimentos. Cabe ressaltar que a metodologia prevê um aprendizado sobre como o usuário usa o *headset*, recalculando os valores limiares enquanto o usuário utiliza a solução, permitindo uma customização para cada usuário.

Tabela 6.7: Total de cabeceios para a direita detectados dos cinco sujeitos.

Variável	Detectados	Não detectados
(i) Valor do Pico I	50	0
(ii) Duração I	49	1
(iii) Duração I a partir do Pico I	43	7
(iv) Duração Total a partir do Pico I	48	2

Completando a análise dos cabeceios, foram repetidos todos os passos para os três sentidos restantes. Não foram encontradas diferenças nas características entre os sentidos. Alguns sujeitos relataram diferenças na facilidade na execução

de movimentos para diferentes sentidos; mas uma análise dos sinais não detectou nenhuma diferença de comportamento, apenas na amplitude do movimento.

Os resultados, para os outros sentidos de movimento, são apresentados nas Tabelas 6.8, 6.9 e 6.10.

Tabela 6.8: Total de cabeceios para a esquerda detectados dos cinco sujeitos. Um experimento do sujeito S4 foi descartado por erro na execução do movimento.

Variável	Detectados	Não detectados
(i) Valor do Pico I	48	1
(i) Duração I	48	1
(i) Duração I a partir do Pico I	46	3
(i) Duração Total a partir do Pico I	46	3

Tabela 6.9: Total de cabeceios para baixo detectados dos cinco sujeitos.

Variável	Detectados	Não detectados
(i) Valor do Pico I	50	0
(i) Duração I	42	8
(i) Duração I a partir do Pico I	37	13
(i) Duração Total a partir do Pico I	36	14

Tabela 6.10: Total de cabeceios para cima detectados dos cinco sujeitos.

Variável	Detectados	Não detectados
(i) Valor do Pico I	50	0
(i) Duração I	50	0
(i) Duração I a partir do Pico I	47	3
(i) Duração Total a partir do Pico I	43	7

O estudo mostra que estas variáveis podem ser utilizadas para identificar um movimento de cabeça, incluindo o seu sentido. Porém, pode-se dizer que a

variável mais representativa do movimento é o valor do pico intencional: enquanto o sensor não informa um valor além do pico, não há movimento. As outras variáveis podem ser utilizadas para aumentar a confiabilidade do processo. Neste trabalho, por restrições de tempo, foi preciso diminuir a complexidade da abordagem, de forma que, para o experimento 2, foi utilizado apenas o pico intencional como um valor de ativação do movimento. Ou seja, quando a rotina de tratamento do sensor devolve um valor superior a este limite, o aplicativo o interpreta como um movimento de cabeça intencional.

A tabela 6.11 mostra os valores dos limiares utilizados no experimento 2. Pode ser visto que os erros médios das médias, desvio padrão das médias, são bastante elevados. Isto significa que, embora o comportamento do sinal seja o mesmo para todos os sujeitos, a amplitude do movimento sofre grande variação entre eles. Desta forma, os valores dos limiares foram calculados como a média das médias entre todos os sujeitos menos um erro médio das médias, ao invés de diminuir dois erros médios das médias, como previsto na metodologia.

Tabela 6.11: Limiar de ativação para cada sentido de movimento.

Sentido	Média das médias	Erro médio	Limiar de ativação
Esquerda	-508,86	150,44	-358
Direita	563,00	267,84	295
Abaixo	-402,40	132,52	-270
Acima	385,66	120,11	265

6.2 Experimento 2

O objetivo deste experimento é validar os critérios definidos no experimento 1.

A amostra consistiu de 30 pessoas, sendo 19 do sexo masculino e 11 do sexo feminino. A idade média foi verificada em 38 anos e 4 meses, tendo o mais novo 19 anos, e o mais velho 58. A média de duração do experimento foi de 3 min e 19 seg com desvio padrão de 58 seg. O experimento foi realizado em sala climatizada com temperatura média de 24,12°C e desvio padrão de 1,38°C.

A Tabela 6.12 mostra os resultados obtidos no experimento e a Tabela 6.13 as características dos sujeitos:

Tabela 6.12: Resultados obtidos no experimento 2.

Sujeito	Acertos	Perc. Acertos	Erros
s1	13	86,67	2
s2	10	66,67	5
s3	14	93,33	1
s4	14	93,33	1
s5	10	66,67	5
s6	13	86,67	2
s7	13	86,67	2
s8	14	93,33	1
s9	12	80,00	3
s10	14	93,33	1
s11	14	93,33	1
s12	13	86,67	2
s13	12	80,00	3
s14	14	93,33	1
s15	12	80,00	3
s16	14	93,33	1
s17	13	86,67	2
s18	14	93,33	1
s19	13	86,67	2
s20	12	80,00	3
s21	13	86,67	2
s22	14	93,33	1
s23	12	80,00	3
s24	13	86,67	2
s25	11	73,33	4
s26	10	66,67	5
s27	11	73,33	4
s28	10	66,67	5
s29	11	73,33	4
s30	12	80,00	3

Na Tabela 6.13 foram usadas codificações para Escolaridade, Grau de Familiaridade com o Uso de Computadores, Grau de Familiaridade com o Sistema Dosvox,

Tabela 6.13: Características dos sujeitos do experimento 2.

Sujeito	Idade	Sexo	Escolaridade	Uso Comp.	Fam. Dosvox	Facilidade	Conforto
s1	22	M	2	3	1	1	5
s2	46	F	1	5	1	5	1
s3	19	M	1	3	1	1	1
s4	51	M	3	2	1	4	6
s5	35	F	2	4	1	3	1
s6	27	M	2	5	1	3	1
s7	24	M	2	4	1	3	3
s8	29	M	3	4	1	2	1
s9	32	M	2	4	1	2	1
s10	30	M	2	5	1	2	1
s11	56	M	3	5	2	2	3
s12	50	F	2	5	2	2	2
s13	31	F	2	5	3	2	1
s14	49	F	2	5	2	1	3
s15	48	F	3	5	4	5	5
s16	27	M	2	5	1	6	7
s17	22	M	2	5	1	3	3
s18	22	M	2	5	1	4	3
s19	54	M	1	4	2	5	2
s20	53	M	2	4	1	2	3
s21	58	M	2	5	1	2	3
s22	25	F	2	5	1	3	2
s23	50	M	1	3	1	4	1
s24	21	F	2	5	1	1	4
s25	53	F	3	5	1	7	1
s26	51	F	2	4	1	5	5
s27	32	M	2	5	1	5	8
s28	50	M	3	5	1	8	3
s29	55	F	3	5	1	1	5
s30	28	M	2	5	1	1	5

Facilidade de Uso do Giroscópio para controlar o Dosvox e Grau de Conforto no Uso do Giroscópio. A seguir é descrita esta codificação:

- Escolaridade
 1. Nível Médio
 2. Graduação
 3. Pós-graduação
- Grau de familiaridade de uso de computadores, uma escala de 1 à 5 sendo 1, muito pouco e 5 , muito grande.

- Grau de familiaridade de uso do Sistema Dosvox, uma escala de 1 à 5 sendo 1, muito pouco e 5 , muito grande.
- Grau de facilidade em usar o giroscópio para controlar o Dosvox, uma escala de 1 à 10 sendo 1, muito fácil e 10, muito difícil.
- Grau de conforto em usar o giroscópio para controlar o Dosvox, uma escala de 1 à 10 sendo 1, muito confortável e 10, muito desconfortável.

Este experimento tem a finalidade de validar a solução construída. Para isso, deve-se analisar a taxa de acertos da solução em perceber os movimentos intencionais dos usuários com o Dosvox. Na Tabela 6.14 temos, na primeira coluna, o número mínimo de acertos e, na segunda coluna, quantos sujeitos, tiveram este mínimo de acertos reconhecidos, ou seja, 4 sujeitos tiveram 10 acertos, 3 sujeitos tiveram 11 acertos, etc.

Tabela 6.14: Mínimo de acertos e número de sujeitos por mínimo de acertos.

Mínimo de Acertos	Sujeitos com o mínimo de acertos correspondentes
10	4
11	3
12	6
13	8
14	9

Da análise da Tabela 6.14, vemos que todos os 30 sujeitos tiveram no mínimo 10 acertos em 15 (ninguém obteve 9 ou menos acertos). A maioria dos sujeitos conseguiu usar o giroscópio para controlar o computador de forma satisfatória, com uma média de acertos de 12,50 e desvio padrão de 1,38. Em percentuais, temos uma taxa média de acertos de 83,33%. Dos 30 sujeitos, 23 tiveram mais de 12 acertos em 15.

Para uma validação estatística do resultado apresentado, foi utilizada a hipótese nula, que diz que se o giroscópio não for eficaz para interfacear com o computador, o resultado obtido deve ser similar a uma distribuição aleatória, que apresentaria uma taxa de acertos de 50%.

Utilizando um teste de Student ou t-teste, obtivemos um valor de 0,00034, considerando uma cauda que representa bem o comportamento observado no experimento, pois foi usado um valor de limite inferior para identificar um movimento. O limite superior não foi analisado. Este valor indica que a probabilidade das duas amostras terem a mesma média é de 0,034%, um valor muito inferior à significância considerada, de 5%. Assim, podemos rejeitar a hipótese nula, assegurando que o giroscópio pode ser utilizado como interface de entrada para controlar um computador.

Lembrando que o valor de 5% para margem de erro aceitável seria se os valores de limites tivessem sido calculados subtraindo dois erros médios das médias, como visto na Tabela 6.11. Como o erro médio foi alto, subtraímos um erro médio. Então, estamos trabalhando com uma margem de erro aceitável superior a 5%.

Com a finalidade de obter alguma informação a mais dos dados colhidos pelo experimento, foi efetuada uma estatística de regressão, sendo a variável dependente o percentual de acertos, e as variáveis independentes mostradas na Tabela 6.15. Da análise desta tabela concluímos que o que mais influenciou positivamente o resultado foi o grau de familiaridade prévia com o sistema Dosvox, seguido da sensação de facilidade em usar a solução, e o grau de escolaridade em terceiro lugar. Impactando de forma negativa, temos o grau de uso de computadores, embora a maioria tenha se declarado como ter um alto grau de uso dos computadores, o que na prática, torna esta informação de pouca utilidade.

Tabela 6.15: Estatística de regressão linear considerando a variável dependente o percentual de acertos (R-Quadrado = 0,276084586).

Variável independente	Coefficientes
Idade	-0,032369194
Escolaridade	0,229224359
Grau de uso de computadores	-0,234775427
Grau de familiaridade prévia com o Dosvox	0,300745578
Grau de facilidade no uso da solução	-0,248085389
grau de conforto no uso da solução	0,001994728

Os Protocolos de Observação dos 30 sujeitos totalizam um total de 90 páginas. Por este motivo eles não foram colocados no Apêndice D, apenas um exemplo em branco do referido protocolo. Os protocolos, usados para registrar os experimentos dos 30 sujeitos, estão disponíveis em meio magnético.

6.3 Experimento 3

Como visto na Sub-seção 5.2.3, este experimento foi previsto para pessoas com deficiência visual e dificuldade ou impossibilidade de utilizarem o teclado para controlar o computador. Também foi visto na Sub-seção 5.2.3, a necessidade de submissão ao comitê de ética de toda pesquisa realizada no país envolvendo seres humanos. Todos os passos necessários foram dados para conseguir tal aprovação. Porém, devido à falta de experiência anterior do programa de mestrado e das instituições envolvidas, esta submissão foi enviada tardiamente, e a resposta do comitê de ética não chegou em tempo hábil. Esta necessidade tem origem nas ciências médicas mas, não é restrita a elas, e tal procedimento não era de domínio da instituição, um programa de mestrado em Informática, de Ciências Exatas. Foi necessário, inclusive, cadastrar o Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais

na Plataforma Brasil, que é o sistema criado para o cadastramento das pesquisas que necessitam de submissão ao Comitê de Ética.

O principal motivo para a submissão da pesquisa ao comitê de ética é resguardar o ser humano, garantindo-lhe o direito a privacidade, ressarcimento de gastos e indenização por problemas surgidos em virtude da pesquisa.

Este trabalho foi inspirado em uma pessoa em particular: na Seção 1.2 apresentamos a Thamires, os problemas que ela enfrenta e a forma que ela encontrou para utilizar o computador com o Sistema Dosvox. A pesquisa não teria um desfecho satisfatório sem que ela utilizasse o giroscópio e nos desse o seu parecer sobre a solução desenvolvida. Explicado o problema da aprovação pelo Comitê de Ética à Thamires e aos seus pais, e com a intenção de ver a solução usada por quem realmente necessita, optou-se por fazer um experimento de estudo de caso com a Thamires. À Thamires não interessa o anonimato, tendo inclusive publicado um livro de poesias, onde coloca uma pequena autobiografia (AGUIAR, 2012), tendo disponibilizado na *Internet* vários vídeos seus. Para este estudo de caso, nenhum gasto foi atribuído a ela ou a seus familiares, assim como se espera que não haja riscos no uso do giroscópio. O maior risco seria decorrente de movimentos repetitivos, com os decorrentes do uso do mouse ou do teclado, ressalvado que o giroscópio é utilizado com movimentos de cabeça.

Tendo decidido desta forma, e com a aprovação de Thamires e de seus pais, desloquei-me para o município de Iporá, Goiás, onde a Thamires reside. Como ainda não tínhamos aprovação do Comitê de Ética, não houve preocupação com o rigor científico do experimento, sendo visto mais como uma visita e uma demonstração do trabalho nela inspirado. O encontro com a Thamires Aguiar durou entre 3 e 4 horas.

No princípio, com os parâmetros obtidos com o experimento 1, feito com

peessoas sem deficiência, Thamires não conseguiu utilizar o giroscópio. Após uma redução dos limiares de ativação para a detecção de movimentos intencionais com a cabeça, e conseqüente aumento da sensibilidade na detecção dos movimentos (Tabela 6.16, Thamires conseguiu utilizar o giroscópio de uma forma plenamente satisfatória. Aprendeu rapidamente a utilizar o teclado virtual, e segundo seu relato, disse preferir digitar "virtualmente", mesmo tendo que esperar a varredura automática atingir os caracteres desejados, o que torna o processo de digitação um pouco lento. Thamires aprovou o teclado virtual em detrimento do teclado físico, que utiliza através da língua e lábios para digitação. Os resultados obtidos por Thamires deixou a todos os presentes muito contentes. A sua única contrariedade em toda a experiência, segundo suas palavras, foi ter que devolver o *headset*. Ela relatou não sentir qualquer desconforto ou dor, durante e após o uso do *headset*.

Tabela 6.16: Limiar de ativação para cada sentido de movimento usados pela Thamires Aguiar.

Sentido	Limiar de ativação
Esquerda	-258
Direita	195
Abaixo	-150
Acima	140

O fato de Thamires não conseguir usar o giroscópio com os valores de limiares definidos pelo experimento 1 e validados pelo experimento 2 poderia indicar que todo o trabalho desenvolvido foi em vão, pois os valores apropriados à Thamires foram definidos de forma empírica. Para entender melhor o ocorrido, devemos lembrar que os experimentos 1 e 2 foram realizados com pessoas sem deficiência.

Mesmo entre pessoas sem deficiência, os valores da amplitude de movimento apresentaram grande variação. Os movimentos efetuados por Thamires, devido aos

problemas decorrentes de seu quadro clínico, são mais curtos e contidos. Desde o início da pesquisa estava claro que a solução deve ser adaptativa a cada indivíduo. A própria metodologia prevê isto ao propor que os valores sejam atualizados conforme a utilização do sistema.

O que deve ser salientado é que, após uma customização, Thamires aprendeu a utilizar a solução em todo o seu potencial, inclusive o teclado virtual. Por esta análise podemos concluir que a solução atendeu às expectativas previamente estipuladas, possibilitando o uso do computador de uma forma mais confortável para uma pessoa com deficiência múltipla.

7 CONCLUSÃO

7.1 Conclusões

Este trabalho propõe o uso de sensores de giroscópio para permitir o uso do Dosvox para deficientes múltiplos. Foi utilizado o sensor disponibilizado no *headset Epoc* da empresa *Emotiv*.

Foi proposto o desenvolvimento de um aplicativo que permitisse gerenciar o *headset*, identificar movimentos intencionais, traduzindo-o como setas direcionais, inseridas no *buffer* de teclado. Tal solução é independente do Dosvox e, sem necessidade de fazer alterações no software básico do Dosvox. Para verificar se a hipótese era plausível, foi feito um protótipo com as mesmas características principais do Dosvox.

Para tornar possível o uso do giroscópio foram criados três experimentos:

- O primeiro experimento serviu para definirmos variáveis e valores limites para configurar um movimento de cabeça.
- O segundo experimento, serviu para validar os critérios definidos no experimento 1.
- O terceiro experimento tem a mesma finalidade do experimento 2, com a diferença de ter sido previsto para ser executado com pessoas com deficiência múltipla.

Tanto a definição dos experimentos quanto a metodologia de análise foram propostas neste estudo.

Analisando as tabelas do experimento 1, verificamos que as variáveis “Pico do Movimento Intencional” e “Duração da Fase Intencional” foram as que mais se destacaram no reconhecimento da intenção da pessoa em transmitir um comando para o computador.

O critério escolhido para ser validado no experimento 2 foi o “Pico do Movimento Intencional”. Os movimentos de cabeça representam sinais bem típicos, com os valores sofrendo mudanças significativas apenas no eixo correspondente ao movimento feito. Por esta razão a programação do aplicativo ficou facilitada, não precisando tratar todos os sentidos possíveis de movimento para decidir qual o mais significativo. Em outras palavras, tendo sido detectado um movimento em um certo sentido, não existe a possibilidade de que haja um movimento em outro sentido.

A hipótese inicial, H_0 , mesmo tendo sido considerado apenas um valor do erro médio das médias para calcular o intervalo de confiança, foi refutada pela estatística do teste de Student (t-teste) por uma margem de erro de 0,034%, assegurando a possibilidade do uso do giroscópio para controlar um computador com o sistema Dosvox.

7.1.1 Comparando os valores calculados no experimento e os usados com a Thamires

Os resultados obtidos com a Thamires usando o giroscópio para controlar o Dosvox foram bastante animadores, após a calibração dos valores dos limiares, Thamires conseguiu usar a solução com bastante desenvoltura. Na Figura 7.1 temos

os valores limiares calculados no Experimento 1 e os utilizados com a Thamires. Todos os valores usados com a Thamires sofreram uma diminuição equivalente mostrando que seguem o mesmo padrão das pessoas sem deficiência, havendo apenas uma diferença de intervalo, o que pode sugerir que haja uma proporcionalidade entre os movimentos feitos por pessoas sem deficiência e os movimentos executados por pessoas com deficiência motora.

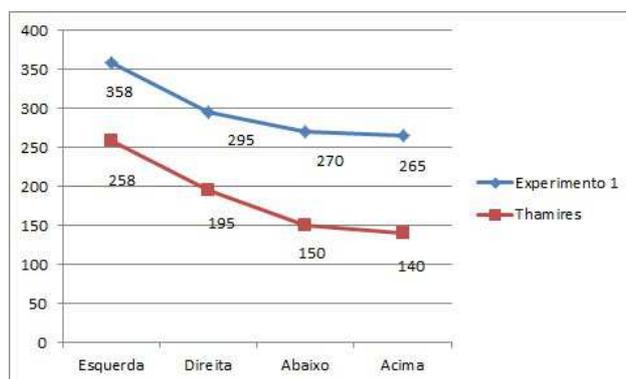


Figura 7.1: Limiares calculados no Experimento 1 e usados com a Thamires.

7.2 Metodologia

A metodologia foi baseada na procura de características que definissem um movimento de cabeça para um grupo de pessoas. Como não se tinha qualquer informação teórica ou empírica sobre a dinâmica do movimento da cabeça de seres humanos monitorada por sensores em “headsets”, decidimos considerar no presente estudo que o movimento intencional que um indivíduo faz com a cabeça para cima, baixo, a esquerda ou para a direita teria um valor definido e verdadeiro para uma população de seres humanos, da mesma forma, por exemplo, que os indivíduos dessa população têm uma temperatura e pressão arterial com valores definidos, em condições normais.

Em um primeiro momento, os experimentos foram feitos com pessoas sem deficiência. A característica escolhida para determinar a ocorrência de um movimento foi o “Pico do Movimento Intencional” por ser a mais representativa.

Vimos no Tabela 6.11 que o erro padrão da média dos indivíduos foi grande obrigando a considerarmos apenas um erro no cálculo do intervalo de confiança, ao invés de dois como previsto na literatura. Uma questão que se apresenta neste momento é que para o cálculo do intervalo de confiança não foram considerados os desvios padrão dos indivíduos o que alargaria ainda mais o intervalo.

Para o cálculo do intervalo foi utilizado apenas o limite inferior pois, foi assumido que valores altos já seriam uma indicação de movimento, diminuindo o intervalo de confiança e assumindo um erro de 15%. Mesmo assim, o resultado obtido no Experimento 2 apresenta um erro de 0,034%, assegurando os bons resultados obtidos pelo método proposto.

Valores atípicos podem ter inflacionado e causado a distorção no erro padrão das médias. Pode-se notar na Tabela 6.5 que esta distorção só aparece na variável “Pico do Movimento Intencional”, não ocorrendo nas demais variáveis estudadas. Uma análise exploratória dos dados pode ser feita para a descoberta destes valores.

7.2.1 Análise Exploratória usando Box Plot

A fim de verificar se entre o conjunto de valores obtidos no Experimento 1 temos um ou mais valores discrepantes que deveriam ser desconsiderados do cálculo, podemos utilizar a técnica de “Box Plot”.

O Box Plot, (ERICKSON; NOSANCHUK, 1992), é uma representação grá-

fica do sumário de uma distribuição de valores em forma de caixa e hastes com 5 parâmetros:

- Quartil inferior (QI) formado pelo primeiro quartil (25%) que representa a base inferior da caixa.
- Quartil superior (QS) formado pelo terceiro quartil (75%) que representa a base superior da caixa.
- Mediana formado pelo segundo quartil (50%) representado por um traço em destaque no interior da caixa.
- Distância interquartil (DQ) representado pela diferença $DQ = QS - QI$.
- Limites superior e inferior da distribuição representados pelas hastes de tamanho máximo $1,5 DQ$ (ou pela distância do valor da distribuição mais próximo internamente de $1,5 DQ$). As hastes são medidas respectivamente a partir de QI e QS .

Como se vê, nesta análise são utilizados valores de tendência central e de dispersão mais resistentes à presença de valores atípicos, tais como a mediana e a distância interquartil, respectivamente, no lugar da média e do desvio padrão. E, por construção, um valor atípico (“outlier”) é aquele que se encontra além das hastes.

Na Tabela 7.1 se encontram os 10 valores obtidos pelos 5 sujeitos ao executar o movimento para cima, primeiramente 5 vezes de forma sequencial e, em seguida, 5 vezes de forma alternada, totalizando 10 medidas. A última coluna mostra o valor mais representativo caso todos os sujeitos “fossem iguais” ao fazer o movimento, que é por definição dado pelo valor médio.

Tabela 7.1: Valores obtidos pelos 5 sujeitos para um cabeceio para a direita.

S1	S2	S3	S4	S5	Média
391	297	361	159	413	324,2
521	416	427	182	507	410,6
495	303	323	187	368	335,2
577	467	338	328	370	416
462	327	270	246	457	352,4
468	345	322	221	303	331,8
360	429	242	261	350	328,4
426	332	255	287	315	323
317	421	219	303	272	306,4
330	465	213	357	376	348,2

Completando esta tabela com os valores (considerando apenas os módulos desses valores) para os outros 3 sentidos do movimento, chegaremos a uma tabela com os 40 valores obtidos para cada um dos 5 sujeitos, sendo o tipo de movimento identificado pela variável “TipoMov” com 4 valores: Cima, Baixo, Direita e Esquerda. Com os valores assim organizados, podemos construir os gráficos “Box Plot” para os “6” sujeitos (5 sujeitos + sujeito mais representativo) e analisar os resultados identificando os “outliers”. Do exame da Figura 7.2, vemos 4 valores “outliers”: dois do sujeito representativo para o movimento para cima; um do sujeito S1 para o movimento para esquerda e um do sujeito representativo também para o movimento para esquerda. Os três primeiros valores estão acima dos gráficos e, como na metodologia desenvolvida os valores foram comparados com o limite inferior, não haveria problema em serem reconhecidos como um cabeceio. Já o quarto valor está abaixo do gráfico e não seria considerado como um cabeceio.

Falta analisar os valores médios sobre todas as medidas para cada tipo de movimento separadamente, ou seja, cada “Box Plot” representa a distribuição das médias de $N = 5$ sujeitos para cada tipo de movimento. Como se pode ver na Figura 7.3 temos três valores atípicos (“outliers”): dois para o movimento para baixo

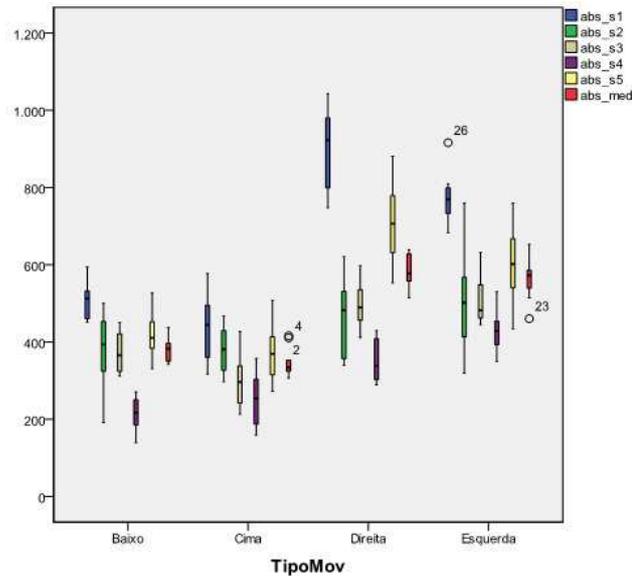


Figura 7.2: “Box Plot” com os valores obtidos pelos sujeitos para cada sentido de movimento.

e um para o movimento para a esquerda. Destes valores, um está abaixo do gráfico indicando que não seria considerado como movimento.

7.2.2 Alternativa metodológica

Os valores altos do erro padrão das médias para a variável “Pico do Movimento Intencional” pode sugerir que a premissa de termos um intervalo de confiança que sirva para a maioria da população, principalmente se considerarmos os desvios padrão das médias dos indivíduos e dois erros padrão, não seja a mais indicada. Neste caso, podemos ter duas soluções: a primeira, seguindo a política implementada no sistema Dosvox em várias situações, criarmos faixas de valores que o usuário escolheria aquela que desse o melhor resultado para ele; a segunda, usarmos um módulo inicial em que o usuário, na primeira vez que utilizasse o aplicativo e sempre

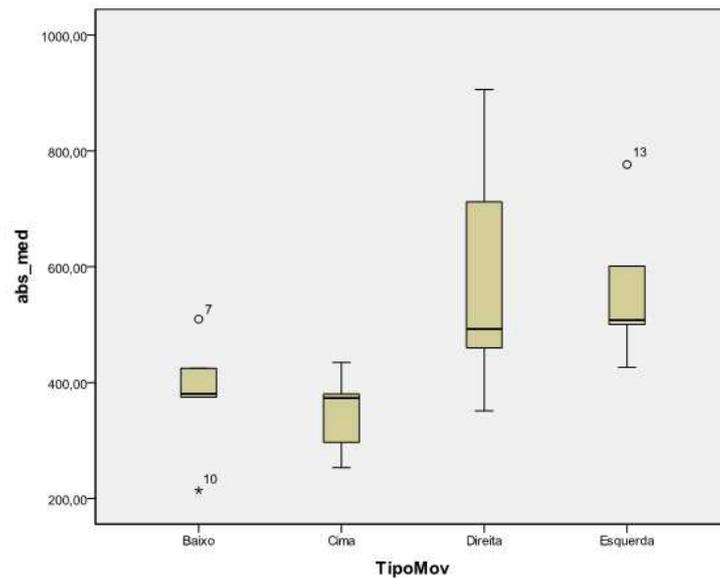


Figura 7.3: “Box Plot” com os valores das médias de $N = 5$ sujeitos para cada tipo de movimento.

que necessário, faria uma calibração do giroscópio de forma individual. Este módulo de calibração do aplicativo pode ser implementado da seguinte forma:

- Amostragem de 10 cabeçadas do usuário em cada direção.
- Aplicação da técnica de bootstrap¹ para transformar 1 conjunto de 10 cabeçadas em 1000 conjuntos de 10 cabeçadas.
- Determinação da média das médias dos 1000 conjuntos de cabeçadas (μ).
- Determinação do standard error da média ($se.\mu$).
- Determinação da média dos desvios padrão dos 1000 conjuntos de cabeçadas (sd).

¹<http://www.burns-stat.com/documents/tutorials/the-statistical-bootstrap-and-other-resampling-methods-2/>

- Determinação do standard error da média dos desvios padrão ($se.sd$).
- Determinação do intervalo de confiança para as cabeçadas do usuário usando a fórmula:

$$intervalo = c(mu - 2*se.mu - 2*(sd - 2*se.sd), mu + 2*se.mu + 2*(sd + 2*se.sd))$$

7.3 Trabalhos futuros

Tendo sido iniciado como um projeto com objetivo e direção bem determinados, o desenvolvimento mostrou como é complexo e quantas nuances estão envolvidas na adaptação de uma interface de um sistema pré-existente a novas condições de contorno.

O primeiro destes pontos a aprofundar é o estudo mais detalhado das características gerais das pessoas com deficiências motoras graves e progressivas, no que se refere às diversas possibilidades de interação com o computador e com os sistemas computacionais. Não se trata apenas de conceber ou adaptar hardwares específicos para contornar limitações, mas (re)definir técnicas para abrir possibilidades anteriormente impensáveis para estes indivíduos.

Do ponto de vista dos objetos pesquisados, o teclado virtual foi aquele que apresentou maior variedade de oportunidades de configuração e utilização. Nesta monografia, por restrições de tempo, tivemos que nos limitar a uma utilização básica, que apesar de suficiente para digitação, seria lenta em outras situações, como no uso escolar, por exemplo. Há muitos parâmetros, formatos, técnicas e algoritmos a serem definidos para adequar algumas das suas idiossincrasias, como variações de *layout*, mecanismos alternativos de varredura, tipos de *feedback* sonoro, técnicas adequadas para predição de texto na língua portuguesa (ou em outros contextos,

como programação), etc.

O giroscópio é outro item que foi utilizado de uma forma bem simples, tendo sido proposta apenas uma lógica controlada por uma máquina de estados, razoavelmente intuitiva. Porém, os sinais dos giroscópios, devidamente tratados, podem apresentar mais conforto e confiabilidade de operação. Em particular, parece promissor um estudo sistemático, visando o estabelecimento de padrões individuais nos sinais do giroscópio, envolvendo provavelmente, aprendizagem de máquina, lógica nebulosa e redes neurais.

Para o modelo estatístico desenvolvido neste trabalho, uma proposta de aprimoramento é incluir no programa a atualização das médias e desvios padrão conforme o uso da solução. Todos os movimentos reconhecidos pelo sistema seriam usados para este fim, aumentando assim a probabilidade de reconhecimento e adaptação às características do usuário. Foi utilizado apenas uma variável das quatro escolhidas no Experimento 1, a inclusão de outras variáveis deve ser estudada.

Um estudo mais aprofundado deve ser feito para confirmar se a premissa de termos variáveis que assumam valores que sirvam para um conjunto de pessoas é válida, desta forma podemos ter uma calibração por faixas de valores que atenderiam aos usuários com diferentes amplitudes de movimento. De qualquer forma, a solução de termos a opção de calibrar os valores limiares no aplicativo deve ser estudada por sugerir que possa apresentar bons resultados.

A longo prazo, espera-se que os resultados obtidos nesta pesquisa sejam disseminados. Assim, outras oportunidades de pesquisa podem envolver estudos de novas interações humanas, advindas com este tipo de tecnologia, em que o empoderamento do indivíduo derivado da possibilidade do uso mais efetivo de ferramentas de informação e comunicação o coloque em outro patamar de relações sociais.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, T. **Pingos de alegria**. Goiânia: KELPS, 2012.

ARTEMCIUKAS, E.; PLESTYS, R.; ANDZIULIS, A.; GERASIMOV, K.; ZULKAS, E.; PASVIESTIS, L.; KRAUZE, A. Real-time control system for various applications using sensor fusion algorithm. **Elektronika ir Elektrotechnika**, Kaunas, v.18, n.10, p.61–64, 2012.

BOGUE, R. Sensors for interfacing with consumer electronics. **Sensor Review**, Bingley, v.31, n.2, p.106–110, 2011.

BORGES, J. A. S. **Do Braille ao DOSVOX: diferenças nas vidas dos cegos brasileiros**. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas de Computação) — COPPE SISTEMAS, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

BUSSAB, W. d. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. São Paulo: Saraiva, 2009.

CAMPBELL, D.; STANLEY, J. **Delineamentos experimentais e quase-experimentais de pesquisa**. Tradução Renato Alberto T. Di Dio. São Paulo: EPU, 1979.

CNPTA. **CNPTA - Catálogo nacional de produtos de tecnologia assistiva**. Disponível em: <http://assistiva.mct.gov.br>, Acesso em: 26 ago. 2014.

COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. **Research methods in education**. London: Routledge, 2007.

COMFORT SOFTWARE GROUP. **Free virtual keyboard**. Disponível em: <http://www.freevirtualkeyboard.com/>, Acesso em: 27 jan. 2015.

COMFORT SOFTWARE GROUP. **Hot virtual keyboard**. Disponível em: <http://hot-virtual-keyboard.com/>, Acesso em 27 jan. 2015.

COMITÊ DE AJUDAS TÉCNICAS. **Tecnologia assistiva**. Brasília: Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência (CORDE), 2009.

CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE (BRASIL). **Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012**. Disponível em: <http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2012/Reso466.pdf>, Acesso em: Acesso em: 09 mai. 2015.

ENCICLOPÉDIA ESCOLAR BRITANNICA. **Giroscópio**. Disponível em: <http://escola.britannica.com.br/article/481438/giroscopio>, Acesso em: 26 ago. 2014.

ERICKSON, B. H.; NOSANCHUK, T. A. **Understanding Data**. Maidenhead: Open University Press, 1992.

FIGUEIRA, E. **Caminhando em silêncio**: uma introdução à trajetória das pessoas com deficiência na história do Brasil. São Paulo: Giz, 2009.

FORHAN, N. A. E.; MILANI, P. G.; SENNA, J. R. S. **Giroscópios MEMS**. São José dos Campos: INPE, 2010. (Relatório Técnico, INPE-16671-RPQ/848).

FORUM EMOTIV. **Gyroscope types**. Disponível em: <https://emotiv.com/forum/forum12/topic2490/messages>, Acesso em: 26 ago. 2014.

FORUM EMOTIV. **Gyro specs**. Disponível em: <https://www.emotiv.com/forum/forum4/topic1540/messages/>, Acesso em: 26 ago. 2014.

FORUM EMOTIV. **Emotiv - Forums**. Disponível em: <http://emotiv.com/forum/>, Acesso em: 09 mai. 2015.

GARCIA, V. G. **Pessoas com deficiência e o mercado de trabalho: histórico e contexto contemporâneo**. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Econômico) — Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

HASHIMOTO, H.; MAGATANI, K.; YANASHIMA, K. The development of the navigation system for visually impaired persons. In: ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE, ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY SOCIETY, 23., 2001, Istanbul. **Proceedings...** Piscataway: IEEE, 2001. v.2, p.1481–1483.

HESCH, J. A.; ROUMELIOTIS, S. I. An indoor localization aid for the visually impaired. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROBOTICS AND AUTOMATION, 2007, Roma. **Proceedings...** Roma: IEEE, 2007. p.3545–3551.

JANNUZZI, G. d. M. **A Educação do deficiente no Brasil: dos primórdios ao início do Século XXI**. Campinas: Autores Associados, 2012.

JOHNSON, J. C. **Less discussion, more percussion**. Disponível em: <http://www.jeffreyjohnson.com/>, Acesso em: 02 jun. 2015.

LAKE SOFTWARE. **Click-N-Type virtual keyboard**. Disponível em: <http://cnt.lakefolks.com/>, Acesso em 27 jan. 2015.

LOVIZARO, M. E.; PORTELA, K. E. d. S.; GIMENES, C. A. S.; TEIXEIRA, I. 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**, Valinhos, v.14, n.25, p.31–40, 2014.

LU, Y.; WU, X.; ZHANG, W.; CHEN, W.; CUI, F.; LIU, W. Research on reference vibration for a two-axis piezoelectric micro-machined gyroscope. **Journal of Micromechanics and Microengineering**, Bristol, v.20, n.7, p.075039, 2010.

MCKEETH, J. **Connecting Delphi to my brain with the Emotiv EPOC**. Disponível em: <http://delphi.org/2014/02/connecting-delphi-to-my-brain-with-the-emotiv-epoc/>, Acesso em: 09 mai. 2015.

MCKEETH, J. **Delphi-Emotiv-EPOC**. Disponível em: <https://github.com/jimmckeeth/Delphi-Emotiv-EPOC>, Acesso em: 09 mai. 2015.

NATIONAL MPS SOCIETY. **MPS VII**. Disponível em: <http://mpssociety.org/mps/mps-vii/>, Acesso em: 11 jun. 2015.

NATIONAL MPS SOCIETY. **MPS**. Disponível em: <http://mpssociety.org/mps/>, Acesso em: 11 jun. 2015.

NCE-UFRJ. **Projeto MOTRIX**. Disponível em: <http://intervox.nce.ufrj.br/motrix/>, Acesso em: 26 jan. 2015.

NCE-UFRJ. **Projeto microFênix v 2.0**. Disponível em: <http://intervox.nce.ufrj.br/microfenix/>, Acesso em: 26 jan. 2015.

O'REGAN, S.; FAUL, S.; MARNANE, W. Automatic detection of EEG artefacts arising from head movements using EEG and gyroscope signals. **Medical Engineering & Physics**, London, v.35, n.7, p.867 – 874, 2013.

O'REGAN, S.; MARNANE, W. Multimodal detection of head-movement artefacts in EEG. **Journal of Neuroscience Methods**, Amsterdam, v.218, n.1, p.110 – 120, 2013.

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 em Ciência da Computação) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

PORTO, B. C. **WEBVOX**: um navegador para a world wide web destinado a deficientes visuais. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — PPGI/IM/NCE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2001.

RECHY-RAMIREZ, E.; HU, H.; MCDONALD-MAIER, K. Head movements based control of an intelligent wheelchair in an indoor environment. In: ROBIO - 2012 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROBOTICS AND BIOMIMETICS, 2012, Guangzhou, China. **Proceedings...** Guangzhou: China: IEEE, 2012. p.1464–1469.

RESENDE, A. P. C.; VITAL, F. M. d. P. **A Convenção sobre os direitos das pessoas com deficiência comentada**. Brasília: Secretaria Especial dos Direitos Humanos, 2008. Editor: Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência (CORDE).

ROSAS-CHOLULA, G.; RAMIREZ-CORTES, J. M.; ALARCON-AQUINO, V.; GOMEZ-GIL, P.; RANGEL-MAGDALENO, J. d. J.; REYES-GARCIA, C. Gyroscope-Driven mouse pointer with an EMOTIV® EEG headset and data analysis based on empirical mode decomposition. **Sensors**, New York, v.13, n.8, p.10561–10583, 2013.

SILVA, O. M. **A Epopéia ignorada**. São Paulo: CEDAS - Centro São Camilo de Desenvolvimento em Administração da Saúde, 1987.

SONZA, A. P.; KADE, A.; FAÇANHA, A. **Acessibilidade e tecnologia assistiva: pensando a inclusão sociodigital de pnes**. Bento Gonçalves: Instituto Federal do Rio Grande do Sul, 2013.

WANG, S.; YU, Y.-C.; JOUNY, I.; GABEL, L. Development of assistive technology devices using an EEG headset. In: NEBEC - ANNUAL NORTHEAST BIOENGINEERING CONFERENCE, 39., 2013. Siracuse. **Proceedings...** Los Alamitos: IEEE, 2013. p.317–318.

ZHOU, H.; HU, H. Human motion tracking for rehabilitation: a survey. **Biomedical Signal Processing and Control**, Oxford, v.3, n.1, p.1 – 18, 2008.

APÊNDICE A AUTORIZAÇÃO DADA POR THAMIRES AGUIAR

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM, VOZ E NOME

Eu, Thamires Aguiar Peres, solteira, estudante), portador(a) da carteira de identidade nº 6072162, expedida pelo sspgo, inscrito(a) no CPF sob o nº 021317, residente e domiciliado(a) na rua Joaquim Lucas Evangelista nº681 *Iporá GO* autorizo, de forma expressa, o uso e a reprodução de minha imagem, do som da minha voz e do meu nome, para o estudo de mestrado do Senhor Marcos Fialho , na UFRJ.

Por esta ser a expressão da minha vontade, declaro que autorizo o uso acima descrito sem que nada haja a ser reclamado a qualquer título que seja sobre direitos à minha imagem, conexos ou a qualquer outro.

Iporá GO 07 de Abril de 2015

Figura A.1: Autorização dada por Thamires Aguiar.

APÊNDICE B TROCA DE E-MAILS COM O SUPORTE DA EMOTIV

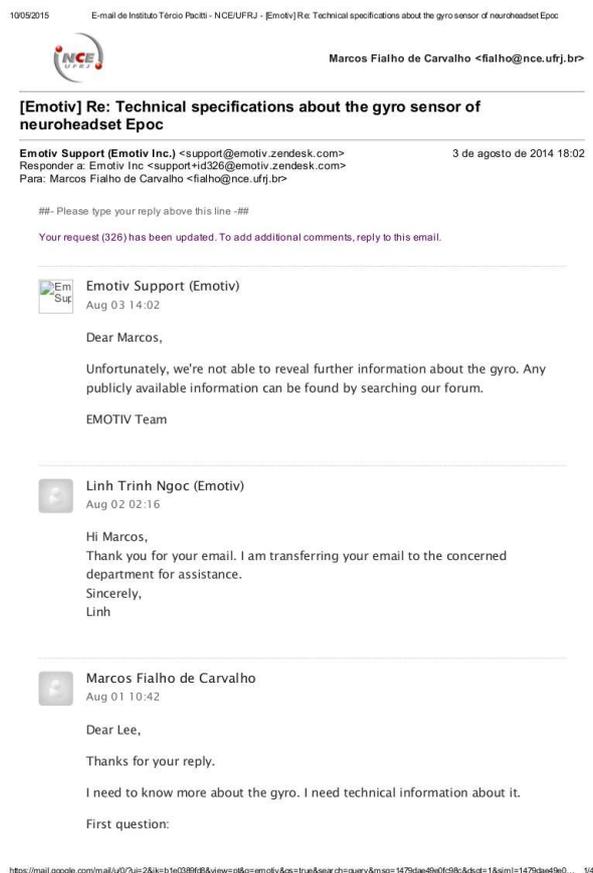


Figura B.1: Página 1.

10/05/2015 E-mail de Instituto Tércio Pacitti - NCE/UFRJ - [Emotiv] Re: Technical specifications about the gyro sensor of neuroheadset Epos

At the Forum, I found a question on the type of the gyroscope and the answer given was very helpful:

*https://www.emotiv.com/forum/messages/forum12/topic2490/message13692/?phrase_id=604091
 <https://www.emotiv.com/forum/messages/forum12/topic2490/message13692/?phrase_id=604091>
 # message13692 *

*We use the 2-axis MEMS gyro. Here's an excerpt from the datasheet: *
 "The gyroscope" s proof-masses are electrostatically oscillated at resonance ... When the sensor is rotated about the X-or Y-axis, the Coriolis Effect causes a vibration que can be detected by a capacitive pickoff. ":

From this response I saw several things I need to study, "MEMS gyro", "gyroscope's proof-masses", "Coriolis Effect", etc..

Could you send me the datasheet of the gyroscope sensor?

Second question:

About EE_HeadsetGetGyroDelta (0, gyroX, gyroY) function provided in the emotiv API, it has 3 parameters.

What is the physical interpretation of gyroX and gyroY? Acceleration? Speed? Displacement? Position? And what is the unit of measurement used?

Using this function I get the following picture:

Right moviment of the head.

blue - gyroX
 pink - gyroY

[image: Imagem inline 1]

Why these zeros in blue? (I used a wait time of 5 milliseconds between steps).

Increasing this timeout to 50 milliseconds I get:

[image: Imagem inline 2]

That is the expected curve. What happened? Why reducing the wait time the signal of the gyroscope presents those zeros?

<https://mail.google.com/mail/u/0/?ui=2&ik=b1e0389fd&view=pt&q=emotiv&qs=true&search=query&msg=1479dae49e0fc98c&dsqt=1&siml=1479dae49e0...> 2/4

Figura B.2: Página 2.

10/05/2015 E-mail de Instituto Tercio Pacitti - NCE/UFRJ - [Emotiv] Re: Technical specifications about the gyro sensor of neuroheadset Epos

Sincerely,
Marcos

2014-08-01 1:48 GMT-03:00 Linh Trinh Ngoc (Emotiv Inc.) <
support@emotiv.zendesk.com>:

Attachment(s)
[image.png](#)
[image.png](#)



Linh Trinh Ngoc (Emotiv)

Jul 31 21:48

Hi Marcos,
Thank you for your email. The gyroscope is built into the headset in all versions, and both the Consumer Control Panel and the SDK Control Panel have a mouse emulator that enables you to control the cursor on your computer using the headset gyros. Our headset gives real time brainwave activities. EEG signal units are microvolts, offset by about 4200 (raw signal is unsigned integer, DC level is near 4200 pts) and a little extra offset per channel to make graphing the channels more convenient. You can find the zero reference by averaging the signal over long periods and subtract the average off the actual signal if you want true DC-referenced signals, or preferably by using a high-pass filter with a cut-off of 0.16Hz.
Should you have any other questions, please let us know.
Sincerely,
Linh



Marcos Fialho de Carvalho

Jul 31 11:34

Dear Sir
I'm a graduate student at Federal University of Rio de Janeiro. I'm working in a BCI research group in this university.

My dissertation and my work is about gyro sensor to help impaired people to use a computer. In order to get this I'm using the Emotiv Epos headset.

My advisor asked me to include some technical specifications data about the gyro sensor as: manufacturer, model, type, minimum time between measures, etc..

<https://mail.google.com/mail/u/0/?ui=2&ik=b1e0389fd8&view=pt&q=emotiv&as=true&search=query&msg=1479dae49e0fc98c&dsqt=1&siml=1479dae49e0...> 3/4

Figura B.3: Página 3.

10/05/2015 E-mail de Instituto Tercio Pacitti - NCE/UFRJ - [Emotiv] Re: Technical specifications about the gyro sensor of neuroheadset Epos

Another question from my advisor is: what is the physical quantity of the measures and the unit of measure returned by APIs, especially HeadsetGetGyroDelta function.

I ask you to inform about other functions because, during the research certainly I will need to know about them..

Searching the internet I could not find any information.

Kind regards,
Marcos Fialho de Carvalho
fialho@ufrj.br

This email is a service from Emotiv. Delivered by **Zendesk**.

Message-Id: 85B79N9J_53dea3645baf4_823e3ff2606b333831096b_sprut

<https://mail.google.com/mail/u/0/?ui=2&ik=b1e0389fd8&view=pt&q=emotiv&cs=true&search=query&msg=1479dae49e0fc98c&dsqt=1&siml=1479dae49e0...> 4/4

Figura B.4: Página 4.

APÊNDICE C INSTRUÇÕES DO EXPERIMENTO 1



EXPERIMENTO 1

INSTRUÇÕES

Em primeiro lugar, desejamos agradecer a participação neste experimento, colaborando para este projeto de pesquisa.

Este experimento faz parte do projeto de dissertação do mestrando Marcos Fialho de Carvalho. A pesquisa visa estudar uma nova forma de uso do Sistema Dosvox por pessoas com deficiência múltipla, no caso específico, visual e motora. A forma atual de entrada do Dosvox é, basicamente, através do teclado. Nesta pesquisa estamos propondo a utilização de um sensor de giroscópio, colocado na cabeça do usuário, como forma de interação com o Dosvox.

O objetivo deste experimento é estudarmos como o sensor reage aos movimentos de cabeça. Para isso, pedimos que faça movimentos em quatro direções: esquerda, direita, cima e baixo.

Seguiremos o seguinte protocolo:

- Familiarização e treinamento com o sistema experimental (10 minutos).
- Cinco movimentos para a direita.
- Descanso de 1 minuto.
- Cinco movimentos para a esquerda.
- Descanso de 1 minuto.
- Cinco movimentos para baixo.
- Descanso de 1 minuto.
- Cinco movimentos para cima.
- Descanso de 1 minuto.
- Cinco séries de:
 - Um movimento para a direita.
 - Um movimento para a esquerda.
 - Um movimento para baixo.
 - Um movimento para cima.
 - Descanso de um minuto.

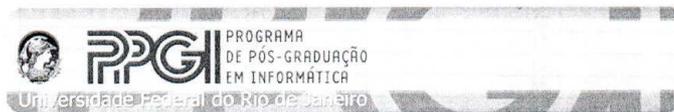
O experimento será acompanhado pelo autor da pesquisa que informará de forma sonora, quando o movimento deve ser executado. Será usado um "headset" com o sensor de

Figura C.1: Instruções do experimento 1 - frente.

giroscópio e as informações retornadas pelo sensor serão capturadas e armazenadas por um programa de computador, para análise posterior.

Serão coletadas informações sobre sexo, data de nascimento, escolaridade e grau de experiência com o uso de computadores. Os dados serão estudados estatisticamente buscando definir valores limiares de forma a tornar a solução confortável e efetiva, capturando a intenção do usuário e desprezando movimentos não intencionais. A publicação dos resultados será feita de forma anônima.

Figura C.2: Instruções do experimento 1 - verso.



EXPERIMENTO 1

PROTOCOLO DE OBSERVAÇÃO

Data: 7/01/2015

Temperatura da sala: 24,3°C

Tempo transcorrido para concluir o experimento: 14 min 34s

Identificação: S1

Data de Nascimento: 03/08/1964 Sexo: Masculino

Escolaridade: Mestrado Completo

Experiência com o uso de computadores: Grande

CABECEIO	SENTIDO
1	DV
2	DV
3	DV
4	DV
5	DV
6	EV
7	EV
8	EV
9	EV
10	EV
11	BV
12	BV
13	BV
14	BV
15	BV
16	CV
17	CV
18	CV
19	CV
20	CV

Figura C.3: Protocolo de observação S1 - frente.

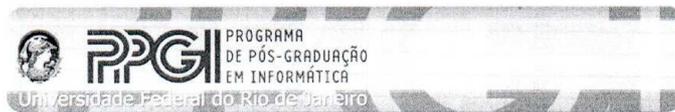
21	D ✓
22	E ✓
23	B ✓
24	C ✓
25	D ✓
26	E ✓
27	B ✓
28	C ✓
29	D ✓
30	E ✓
31	B ✓
32	B ✓
33	D ✓
34	E ✓
35	B ✓
36	C ✓
37	D ✓
38	E ✓
39	B ✓
40	C ✓

Observações:

Os dois primeiros movimentos foram desprezados

O sujeito dispensou a fase de familiarização e treinamento achando suficiente as explicações iniciais por ter conhecimento de computadores e do equipamento utilizado.

Figura C.4: Protocolo de observação S1 - verso.



EXPERIMENTO 1

PROTOCOLO DE OBSERVAÇÃO

Data: 07/01/2013
 Temperatura da sala: 24.6°C
 Tempo transcorrido para concluir o experimento: 10 min 11 seg
 Identificação: S2
 Data de Nascimento: 23/08/1990 Sexo: Masculino
 Escolaridade: Mestrado - Incompleto
 Experiência com o uso de computadores: Grande

CABECEO	SENTIDO
1	D ✓
2	D ✓
3	D ✓
4	D ✓
5	D ✓
6	E ✓
7	E ✓
8	E ✓
9	E ✓
10	E ✓
11	B ✓
12	B ✓
13	B ✓
14	B ✓
15	B ✓
16	C ✓
17	C ✓
18	C ✓
19	C ✓
20	C ✓

Figura C.5: Protocolo de observação S2 - frente.

21	D ✓
22	E ✓
23	B ✓
24	C ✓
25	D ✓
26	E ✓
27	B ✓
28	C ✓
29	D ✓
30	E ✓
31	B ✓
32	C ✓
33	D ✓
34	E ✓
35	B ✓
36	C ✓
37	D ✓
38	E ✓
39	B ✓
40	C ✓

Observações:

Treinamento Swim

Figura C.6: Protocolo de observação S2 - verso.

EXPERIMENTO 1

PROTOCOLO DE OBSERVAÇÃO

Data: 07/01/2015

Temperatura da sala: 23.9° C

Tempo transcorrido para concluir o experimento: 10 min 54 seg

Identificação: S3

Data de Nascimento: 18/12/1964 Sexo: Masculino

Escolaridade: Mestrado

Experiência com o uso de computadores: Grande

CABECEIO	SENTIDO	
1	D	✓
2	D	✓
3	D	✓
4	D	✓
5	D	✓
6	E	✓
7	E	✓
8	E	✓
9	E	✓
10	E	✓
11	B	✓
12	B	✓
13	B	✓
14	B	✓
15	B	✓
16	C	✓
17	C	✓
18	C	✓
19	C	✓
20	C	✓

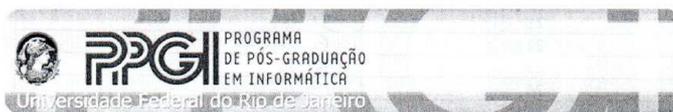
Figura C.7: Protocolo de observação S3 - frente.

21	D ✓
22	E ✓
23	B ✓
24	C ✓
25	D ✓
26	E ✓
27	B ✓
28	C ✓
29	D ✓
30	E ✓
31	B ✓
32	C ✓
33	D ✓
34	E ✓
35	B ✓
36	C ✓
37	D ✓
38	E ✓
39	B ✓
40	C ✓

Observações:

Treinamento: 5 min 40 seg

Figura C.8: Protocolo de observação S3 - verso.



EXPERIMENTO 1

PROTOCOLO DE OBSERVAÇÃO

Data: 07/01/2015

Temperatura da sala: 23.6 °C

Tempo transcorrido para concluir o experimento: 10 min 58 seg

Identificação: S4

Data de Nascimento: 11/03/1965 Sexo: Feminino

Escolaridade: Graduação

Experiência com o uso de computadores: Grande

CABECEO	SENTIDO
1	D ✓
2	D ✓
3	D ✓
4	D ✓
5	D ✓
6	E ✓
7	E ✓
8	E ✓
9	E ✓
10	E ✓
11	B ✓ mexeu antes *
12	B ✓
13	B ✓
14	B ✓
15	B ✓
16	C ✓
17	C ✓
18	C ✓
19	C ✓
20	C ✓

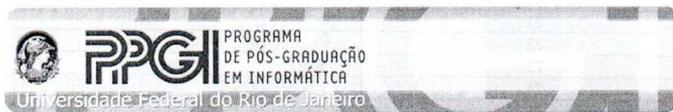
Figura C.9: Protocolo de observação S4 - frente.

21	D	✓
22	E	✓
23	B	✓
24	C	✓
25	D	✓
26	E	✓
27	B	✓
28	C	✓
29	D	✓
30	E	✓
31	B	✓
32	C	✓
33	D	✓
34	E	✓
35	B	✓
36	C	✓
37	D	✓
38	E	✓
39	B	✓
40	C	✓

Observações:

O movimento do deve ser desprezado

Figura C.10: Protocolo de observação S4 - verso.



EXPERIMENTO 1

PROTOCOLO DE OBSERVAÇÃO

Data: 07/01/2015

Temperatura da sala: 23.1°C

Tempo transcorrido para concluir o experimento: 11 min 27 seg

Identificação: S5

Data de Nascimento: 09/10/1986 Sexo: Masculino

Escolaridade: Pós-Graduação

Experiência com o uso de computadores: Boa

CABECEO	SENTIDO	
1	D	✓
2	D	✓
3	D	✓
4	D	✓
5	D	✓
6	E	✓
7	E	✓
8	E	✓
9	E	✓
10	E	✓
11	B	✓
12	B	✓
13	B	✓
14	B	✓
15	B	✓
16	C	✓
17	C	✓
18	C	✓
19	C	✓
20	C	✓

Figura C.11: Protocolo de observação S5 - frente.

21	D	✓
22	E	✓
23	B	✓
24	C	✓
25	D	✓
26	E	✓
27	B	✓
28	C	✓
29	D	✓
30	E	✓
31	B	✓
32	C	✓
33	D	✓
34	E	✓
35	B	✓
36	C	✓
37	D	✓
38	E	✓
39	B	✓
40	C	✓

Observações:

Figura C.12: Protocolo de observação S5 - verso.

APÊNDICE D INSTRUÇÕES DO EXPERIMENTO 2



EXPERIMENTO 2

INSTRUÇÕES

Em primeiro lugar, desejamos agradecer a participação neste experimento, colaborando para este projeto de pesquisa.

Este experimento faz parte do projeto de dissertação do mestrando Marcos Fialho de Carvalho. A pesquisa visa estudar uma nova forma de uso do Sistema Dosvox por pessoas com deficiência múltipla, no caso específico, visual e motora. A forma atual de entrada do Dosvox é, basicamente, através do teclado. Esta pesquisa propõe a utilização de um sensor de giroscópio, colocado na cabeça do usuário, como forma de interação com o Dosvox.

O objetivo deste experimento é validar a solução proposta. O sensor usado capta movimentos em duas direções perpendiculares, com isso temos a possibilidade de trabalharmos nas quatro direções que foram mapeadas como cabeceios para esquerda, direita, abaixo e acima.

O sistema funciona com o giroscópio simulando uma entrada do teclado. A partir dos possíveis cabeceios definimos as seguintes ações:

1. Um cabeceio para a cima injeta uma tecla "↑" (seta para cima).
2. Um cabeceio para baixo injeta uma tecla "↓" (seta para baixo).
3. Um cabeceio para a esquerda injeta a tecla "ESC".
4. Um cabeceio para a direita injeta a tecla "RETURN".
5. Dois cabeceios rápidos para cima iniciam uma varredura automática para cima, ou seja, inicia um procedimento de injetar uma tecla "↑" enquanto não for pedido para parar. A forma de parar uma varredura automática é fazer um cabeceio em qualquer sentido. A varredura automática é usada em menus.
6. Dois cabeceios rápidos para baixo iniciam uma varredura automática para baixo. Seu funcionamento e propósito é idêntica a varredura automática para cima.
7. Dois cabeceios rápidos para a direita iniciam o Teclado Virtual, usado para edição de textos.

Figura D.1: Instruções do experimento 2 - frente.

Seguiremos o seguinte protocolo:

- Familiarização e treinamento com o sistema experimental (10 minutos).
- Sorteio de uma rotina a ser executada.
- Execução da rotina sorteada.
- Preenchimento de um questionário.

O experimento será acompanhado pelo autor da pesquisa que anotará o desempenho do sistema em reconhecer a intenção do sujeito em comandar o Dosvox para execução da rotina proposta. Será usado um "headset" com o sensor de giroscópio como interface com o sistema.

Serão coletadas informações sobre sexo, data de nascimento, escolaridade, grau de experiência com o uso de computadores e familiaridade prévia com o sistema Dosvox. Os dados serão estudados estatisticamente buscando validar a solução.

O questionário visa validar requisitos não funcionais como facilidade de uso, conforto e alguma observação que se achar pertinente. A publicação dos resultados será feita de forma anônima.

Figura D.2: Instruções do experimento 2 - verso.



EXPERIMENTO 2

Cenário 1 – Executar os seguintes procedimentos

1. Abrir o menu principal
2. Escolher a opção “e” (Editar texto)
3. Abrir o menu
4. Com a varredura automática, escolher o arquivo Bandeira.txt
5. Sair do arquivo
 - a. Abrir o teclado virtual
 - b. Confirmar a saída
 - c. Fechar o teclado virtual
6. Abrir o menu principal
7. Escolher a opção “q” (informa a quem pertence este teclado)

Figura D.3: Cenário 1.



EXPERIMENTO 2

Cenário 2 – Executar os seguintes procedimentos

1. Abrir o menu principal
2. Com a varredura automática, escolher a opção “C” (Configura o Dosvox)
 - a. Abrir o teclado virtual
 - b. Selecionar a letra “c”
 - c. Fechar o teclado virtual
3. Retornar
4. Abrir o menu principal
5. Com a varredura automática, escolher a opção “d” (discos)
6. Abrir menu
7. Com a varredura automática, escolher a opção “e” (verificar o espaço do disco de trabalho)

Figura D.4: Cenário 2.



EXPERIMENTO 2

Cenário 3 – Executar os seguintes procedimentos

1. Abrir o menu principal
2. Escolher a opção "l" (ler texto)
3. Abrir a relação de arquivos
4. Com a varredura automática, escolher o arquivo bandida.txt
5. Após escutar um trecho sair
6. Abrir o menu principal
7. Com a varredura automática, escolher a opção "a" (arquivos)
8. Selecionar o primeiro arquivo
9. Sair
 - a. Abrir o teclado virtual
 - b. Selecionar a letra "s" para confirmar a saída

Figura D.5: Cenário 3.



EXPERIMENTO 2

PROTOCOLO DE OBSERVAÇÃO

Identificação:

Rotina:

Data:

Temperatura da sala:

Tempo transcorrido para concluir o experimento:

Data de Nascimento:

Sexo:

Escolaridade:

Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 nenhuma e 5 grande, qual o seu grau de experiência com o uso de computadores:

Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 nenhuma e 5 grande, qual o seu grau de familiaridade prévia com o sistema Dosvox:

Resultado:

Acertos:
Erros:

Total de acertos:

Total de erros:

Figura D.6: Protocolo de observação - página 1.

Questionário:

1) Considerando o grau de dificuldade no uso do giroscópio e uma escala de 1 a 10, sendo um muito fácil e 10 muito difícil, como você classificaria o uso de giroscópios como forma de interface com o sistema Dosvox?	
2) Considerando o grau de conforto no uso do giroscópio e uma escala de 1 a 10, sendo um muito confortável e 10 muito desconfortável, como você classificaria o uso de giroscópios como forma de interface com o sistema Dosvox?	
3) Após o experimento, sente algum desconforto físico que possa relacionar com o uso do giroscópio?	

Sugestões de melhoria:

Figura D.7: Protocolo de observação - página 2.

Observações de quem está fazendo o experimento:

Observações do aplicador do experimento:

Figura D.8: Protocolo de observação - página 3.

APÊNDICE E DOCUMENTAÇÃO ENVIADA AO COMITÊ DE ÉTICA

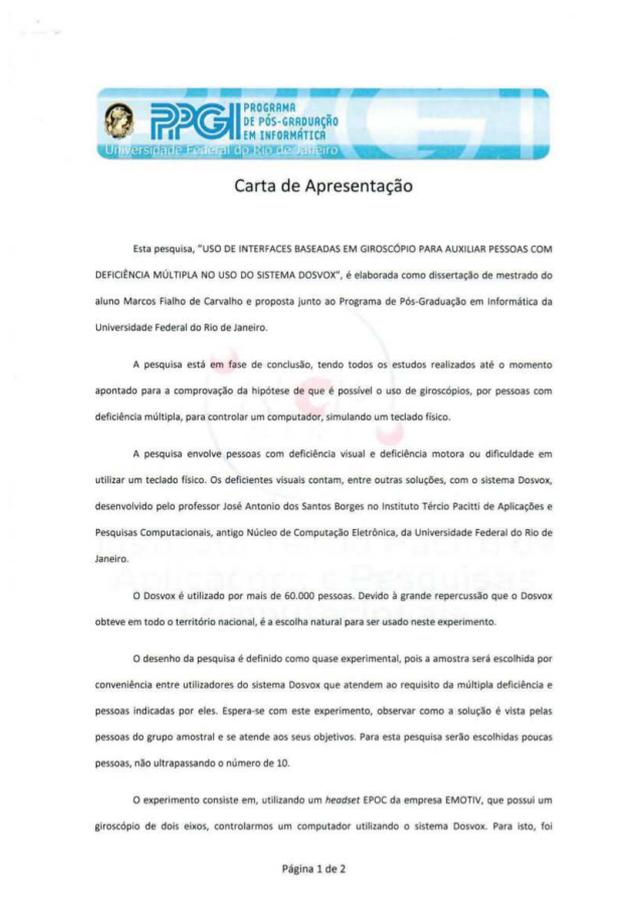


Figura E.1: Carta de apresentação - frente.

construído um aplicativo que reconhece o movimento de cabeça em quatro sentidos: direita, esquerda, cima e baixo; e mapeia estes movimentos em comandos que são utilizados para controlar o computador.

Foram criados três cenários que visam levar a pessoa a executar todos os movimentos previstos e verificarmos se o aplicativo foi capaz de reconhecer a intenção da pessoa em comandar o computador. Será sorteado um cenário que deverá ser seguido por cada um dos sujeitos da pesquisa.

Além do experimento em si, os sujeitos da pesquisa, ou seus representantes legais, participarão de uma pequena entrevista semi-estruturada visando obter informações sobre as dificuldades dos sujeitos em relação a sua deficiência com vistas a propostas de melhoria da solução desenvolvida. Durante todo o tempo os sujeitos serão acompanhados pelo pesquisador principal.

MARCOS FIALHO DE CARVALHO

Nome do pesquisador principal

30 Marcos F. Carvalho

Data: 5/3/2015

Assinatura do pesquisador principal

ADRIANO JOAQUIM DE O. GOUZ

Nome do orientador

Adriano

Data: 4/3/2015

Assinatura do orientador

Jose Antonio dos Santos Borges

Nome do co-orientador

JOSÉ ANTONIO DOS SANTOS BORGES

Data: 10/3/2015

Assinatura do co-orientador

Figura E.2: Carta de apresentação - verso.



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu Marcos Fialho de Carvalho, responsável pela pesquisa "USO DE INTERFACES BASEADAS EM GIROSCÓPIO PARA AUXILIAR PESSOAS COM DEFICIÊNCIA MÚLTIPLA NO USO DO SISTEMA DOSVOX" estou fazendo um convite para você participar deste estudo.

Esta pesquisa pretende confirmar a possibilidade do uso de giroscópios como uma forma de pessoas com deficiência múltipla utilizem o computador. A importância desta pesquisa é aumentar o grau de independência das pessoas com deficiência múltipla facilitando o uso do computador para pesquisa, leitura, lazer, assim como outras atividades cotidianas, contribuindo para a inserção na sociedade. Para a realização da pesquisa será utilizado um *headset*. Um *headset* é um equipamento colocado na cabeça da pessoa. Este *headset* é equipado com um giroscópio que consegue identificar movimentos em quatro direções: direita, esquerda, cima e baixo. Foi desenvolvido um programa de computador que é responsável por receber as informações do giroscópio e enviá-las ao sistema Dosvox. O Dosvox é um sistema desenvolvido para auxiliar pessoas com deficiência visual no uso do computador. Atualmente ele é usado por mais de 60.000 usuários. Sua participação consiste em utilizar o *headset* para controlar o Dosvox.

Este *headset* foi desenvolvido para pesquisa e jogos, não é esperado nenhum risco na sua utilização. O sistema pode causar algum desconforto no pescoço com o uso continuado, motivo pelo qual se aconselha intervalos de descanso. Para a pesquisa, teremos uma fase de familiarização e treinamento com o sistema experimental, que pode variar entre 20 minutos e uma hora, dependendo das suas habilidades. O tempo previsto para o experimento não deverá exceder de 10 minutos.

Durante todo o período da pesquisa você tem o direito de tirar qualquer dúvida ou pedir qualquer esclarecimento, bastando para isso entrar em contato, com o pesquisador ou com o Conselho de Ética em Pesquisa.

Não é esperado qualquer efeito colateral relacionado com a pesquisa. Caso aconteça você terá direito à assistência gratuita que será prestada pela instituição.

Você tem garantido o direito de não aceitar participar ou de retirar sua permissão, a qualquer momento, sem nenhum tipo de prejuízo ou retaliação, pela sua decisão.

As informações desta pesquisa serão confidenciais, e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação de voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre sua participação. Em caso de imagens, também será assegurado a confidencialidade e o sigilo, sendo as imagens utilizadas apenas para a avaliação pelos responsáveis pelo estudo.

Os gastos necessários para a sua participação na pesquisa serão assumidos pela instituição. Fica também garantida indenização em caso de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial.

Figura E.3: Termo de consentimento livre e esclarecido - frente.

CONSENTIMENTO

Após a leitura ou escuta da leitura deste documento e ter tido a oportunidade de conversar com o pesquisador responsável, para esclarecer todas as minhas dúvidas, acredito estar suficientemente informado, ficando claro para mim que minha participação é voluntária e que posso retirar este consentimento a qualquer momento sem penalidades ou perda de qualquer benefício. Estou ciente também dos objetivos da pesquisa, dos procedimentos aos quais serei submetido, dos possíveis danos ou riscos deles provenientes e da garantia de confidencialidade e esclarecimentos sempre que desajar. Diante do exposto expresso minha concordância de espontânea vontade em participar deste estudo.

Nome do Sujeito da Pesquisa

Data: ____/____/____

Assinatura do Sujeito da Pesquisa

Sendo o Sujeito da Pesquisa menor de idade ou impossibilitado de assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, assina o termo de consentimento seu representante legal.

Nome do Representante Legal

Data: ____/____/____

Assinatura do Representante Legal

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento livre e Esclarecido deste voluntário ou de seu representante legal para a participação neste estudo.

Nome do Pesquisador Responsável

Data: ____/____/____

Assinatura do Pesquisador Responsável

Marcos Fialho de Carvalho
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Programa de Pós-Graduação em Informática
(21) 3938-3366 - (21) 99769-2727
fialho@nce.ufrj.br

Espaço reservado para os dados do CEP responsável pela autorização da pesquisa

Figura E.4: Termo de consentimento livre e esclarecido - verso.



Projeto Detalhado

Este experimento faz parte do projeto de dissertação do mestrando Marcos Fialho de Carvalho. A pesquisa visa estudar uma nova forma de uso do Sistema Dosvox por pessoas com deficiência múltipla, no caso específico, visual e motora. O Dosvox é um sistema criado pelo professor José Antonio dos Santos Borges, do Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, antigo Núcleo de Computação Eletrônica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, para auxiliar pessoas com deficiência visual no uso de computadores.

A forma atual de entrada do Dosvox é, basicamente, através do teclado. Esta pesquisa propõe a utilização de um sensor de giroscópio, colocado na cabeça do usuário, como forma de interação com o Dosvox.

O objetivo deste experimento é validar a solução proposta com o público alvo da pesquisa. O sensor usado capta movimentos em duas direções perpendiculares, com isso temos a possibilidade de trabalharmos em quatro sentidos, que foram mapeados como cabeceios para esquerda, direita, abaixo e acima.

O sistema funciona com o giroscópio simulando uma entrada do teclado. A partir dos possíveis cabeceios definimos as seguintes ações:

1. Um cabeceio para a cima injeta uma tecla "↑" (seta para cima).
2. Um cabeceio para baixo injeta uma tecla "↓" (seta para baixo).
3. Um cabeceio para a esquerda injeta a tecla "ESC".
4. Um cabeceio para a direita injeta a tecla "ENTER".
5. Dois cabeceios rápidos para cima iniciam uma varredura automática para cima, ou seja, inicia um procedimento de injetar uma tecla "↑" enquanto não for pedido para parar. A forma de parar uma varredura automática é fazer um cabeceio em qualquer sentido. A varredura automática é usada em menus.
6. Dois cabeceios rápidos para baixo iniciam uma varredura automática para baixo. Seu funcionamento e propósito são idênticos a varredura automática para cima.
7. Dois cabeceios rápidos para a direita iniciam o Teclado Virtual, usado para edição de textos.

Seguiremos o seguinte protocolo:

Figura E.5: Projeto detalhado - frente.

- Familiarização e treinamento com o sistema experimental.
- Sorteio de uma rotina a ser executada.
- Execução da rotina sorteada.
- Preenchimento de um questionário.

O experimento será acompanhado pelo autor da pesquisa que anotará o desempenho do sistema em reconhecer a intenção do sujeito em comandar o Dosvox para execução da rotina proposta. Será usado um "headset" com o sensor de giroscópio como interface com o sistema.

Serão coletadas informações sobre sexo, data de nascimento, escolaridade, grau de experiência com o uso de computadores e familiaridade prévia com o sistema Dosvox. Os dados serão estudados estatisticamente buscando validar a solução.

O questionário visa validar requisitos não funcionais como facilidade de uso, conforto e alguma observação que se achar pertinente. A publicação dos resultados será feita de forma anônima.

Será realizada uma entrevista semi-estruturada visando obter informações sobre dados pessoais, dados sobre a deficiência, desejos e expectativas com a ferramenta apresentada.

Figura E.6: Projeto detalhado - verso.

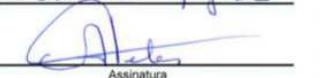
 MINISTÉRIO DA SAÚDE - Conselho Nacional de Saúde - Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - CONEP FOLHA DE ROSTO PARA PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS			
1. Projeto de Pesquisa: USO DE INTERFACES BASEADAS EM GIROSCÓPIO PARA AUXILIAR PESSOAS COM DEFICIÊNCIA MÚLTIPLA NO USO DO SISTEMA DOSVOX		2. Número de Participantes da Pesquisa: 10	
3. Área Temática:			
4. Área do Conhecimento: Grande Área 1. Ciências Exatas e da Terra			
PESQUISADOR RESPONSÁVEL			
5. Nome: Marcos Fialho de Carvalho			
6. CPF: 665.605.437-49		7. Endereço (Rua, n.º): CAIAPÓ, 15 ENGENHO NOVO Apto. 103 RIO DE JANEIRO RIO DE JANEIRO 20710160	
8. Nacionalidade: BRASILEIRO		9. Telefone: (21) 2218-6544	10. Outro Telefone:
		11. Email: fialho@nce.ufjf.br	
12. Cargo:			
<p>Termo de Compromisso: Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Resolução CNS 466/12 e suas complementares. Comprometo-me a utilizar os materiais e dados coletados exclusivamente para os fins previstos no protocolo e a publicar os resultados sejam eles favoráveis ou não. Aceito as responsabilidades pela condução científica do projeto acima. Tenho ciência que essa folha será anexada ao projeto devidamente assinada por todos os responsáveis e fará parte integrante da documentação do mesmo.</p>			
Data: <u>5 / 3 / 2015</u>		 Assinatura	
INSTITUIÇÃO PROPONENTE			
13. Nome: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO		14. CNPJ: 33.663.683/0039-99	15. Unidade/Orgão: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
16. Telefone: (21) 2598-3208		17. Outro Telefone:	
<p>Termo de Compromisso (do responsável pela instituição): Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Resolução CNS 466/12 e suas Complementares e como esta instituição tem condições para o desenvolvimento deste projeto, autorizo sua execução.</p>			
Responsável: <u>ANTONIO ANIBAL DE SOUZA TELES</u>		CPF: <u>486.677.577-72</u>	
Cargo/Função: <u>VICE-DIRETOR DO NCE/UF RJ</u>			
Data: <u>10 / 03 / 2015</u>		 Assinatura	
PATROCINADOR PRINCIPAL			
18. Nome: 5605 UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO		19. Telefone: (21) 3938-3200	20. Outro Telefone: (21) 3938-3372
<p>Termo de Compromisso: Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Resolução CNS 466/12 e suas complementares. Comprometo-me a utilizar os materiais e dados coletados exclusivamente para os fins previstos no protocolo e a publicar os resultados sejam eles favoráveis ou não. Aceito as responsabilidades pela condução científica do projeto acima.</p>			
Nome: <u>ANTONIO ANIBAL DE SOUZA TELES</u>		CPF: <u>486.677.577-72</u>	
Cargo/Função: <u>VICE-DIRETOR DO NCE/UF RJ</u>		Email: <u>anibal@nce-ufjf.br</u>	
Data: <u>10 / 03 / 2015</u>		 Assinatura	

Figura E.7: Folha de rosto.