EDUARDO CHIMATI GIANNOTTO

USO DE RASTREAMENTO DO OLHAR NA AVALIAÇÃO DA EXPERIÊNCIA DO TELE-USUÁRIO DE APLICAÇÕES DE TV INTERATIVA

São Paulo
2009

EDUARDO CHIMATI GIANNOTTO

USO DE RASTREAMENTO DO OLHAR NA AVALIAÇÃO DA EXPERIÊNCIA DO TELE-USUÁRIO DE APLICAÇÕES DE TV INTERATIVA

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica

São Paulo
2009

EDUARDO CHIMATI GIANNOTTO

USO DE RASTREAMENTO DO OLHAR NA AVALIAÇÃO DA EXPERIÊNCIA DO TELE-USUÁRIO DE APLICAÇÕES DE TV INTERATIVA

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica

Área de Concentração:
Sistemas Digitais

Orientadora:
Prof.ª Dra. Lucia Vilela Leite Filgueiras

São Paulo
2009

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe, grande incentivadora dos meus estudos.

AGRADECIMENTOS

À professora Lucia Filgueiras pela orientação e constante estímulo oferecido durante o trabalho.

À empresa GLOBO COMUNICAÇÃO E PARTICIPAÇÕES SA e ao programa Globo Universidade que disponibilizaram diversos materiais necessários para a conclusão desta pesquisa.

Aos meus amigos Ricardo Benassi e Vinicius Oppido, pela ajuda na preparação das aplicações interativas usadas no teste de usabilidade que compõe esta pesquisa.

Aos meus amigos Daniel Domingos e Edson Moura, pela ajuda na preparação do ambiente de teste utilizado durante o experimento.

Aos alunos André Quintela Bertuzzi, Flavio Miyamaru, Leonardo Alexandre Ferreira Leite e Stefan Martins, pela ajuda na execução dos testes de usabilidade.

Aos senhores Raymundo Barros, Carlos Fini e Cleveland Albuquerque e à Laura Andreotti, pelo apoio a oferecido a esta pesquisa.

Ao Dr. Maurício Seckler e ao Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário da USP por ter acolhido e analisado o Projeto de Pesquisa, e à senhora Wilma Monteiro Frésca pela delicadeza com que nos orientou.

Aos meus pais, irmã, amigos e a todos que colaboraram direta ou indiretamente, na execução deste trabalho.

RESUMO

A implantação da TV Digital Terrestre no Brasil permite que os usuários da TV aberta, principal fonte de informação e entretenimento do país, tenham acesso aos serviços oferecidos pela TV Interativa (TVi). Estes usuários, que constituem uma grande e heterogênea população composta por indivíduos de diversos graus de instrução, faixas etárias e índices de alfabetização digital, passam a adotar uma atitude muito mais ativa em relação a este meio de comunicação tradicionalmente coletivo e passivo, aumentando a possibilidade de escolha e a oferta de conteúdos personalizados. A TVi se torna possível na forma de aplicações interativas enviadas junto com o conteúdo audiovisual da TV. Neste cenário, o rastreamento do olhar, técnica usada para identificar as posições observadas pelo usuário, se apresenta como uma poderosa ferramenta de análise capaz de identificar comportamentos típicos dos usuários, enquanto produz evidências conclusivas, mensuráveis e repetíveis das atividades observadas durante a interação do usuário com a aplicação. Esta pesquisa explora a utilização da técnica de rastreamento do olhar na avaliação de usabilidade de aplicações de TVi e estuda como o rastreamento do olhar pode ser usado para obter dados sobre a interação com estas aplicações. Para tanto, a literatura sobre rastreamento do olhar é investigada, identificando as técnicas e métodos empregados para obter as posições observadas pelos usuários, assim como o uso destas técnicas em avaliações de usabilidade. Para estudar a utilização do rastreamento de olhar em avaliações de usabilidade no ambiente de uso das aplicações da TVi, são feitas adaptações nos sistemas para coleta de dados do rastreamento de olhar no ambiente de TVi. Em seguida, desenvolve-se um experimento em que as técnicas de rastreamento de olhar são usadas simultaneamente com as técnicas clássicas de avaliação de usabilidade, para avaliação de duas aplicações de TVi. Os procedimentos e o ambiente de teste utilizado são apresentados em detalhes. Os resultados obtidos da realização do experimento com 30 usuários, com ambas as técnicas, são comparados, mostrando as contribuições e limitações do rastreamento do olhar para explicar problemas de usabilidade e identificar comportamentos dos usuários.

Palavras-chave: TV Interativa. Avaliação de usabilidade. Rastreamento do olhar.

ABSTRACT

The introduction of digital terrestrial TV in Brazil allows users of free TV, the main source of information and entertainment in the country, to have access to services offered by Interactive TV (TVi). These users, who constitute a large and heterogeneous population, composed of individuals of varying degrees of education, age and knowledge of computers, will adopt a more proactive attitude regarding this means of communication traditionally collective and passive, raising the possibility of choice and supply of personalized content. The TVi becomes possible in the form of interactive applications sent together with audiovisual content of TV. In this scenario, the eye tracking, technique used for identifying positions observed by the user, presents itself as a powerful analysis tool with the ability to identify typical behavior of users, while producing conclusive, measurable and repeatable evidence about the activities observed during the interaction of users with applications. This research explores the use of eye tracking technique in the usability evaluation of TVi's applications and examines how eye tracking can be used to obtain data about users and applications interaction. Hence, the eye tracking literature is investigated; identifying techniques and methods used to obtain the observed positions by users, and how to use these techniques in the usability evaluation. To study the use of the eye tracking in usability evaluations that took place in the environment of use of TVi's applications, changes are made in the systems that collect the eye tracking data on this environment. Then, an experiment in which the eye tracking techniques are used together to the traditional usability evaluation techniques is developed to evaluate two TVi's applications. The test procedures and the test environment are presented in details. The experiment results, with 30 users, using traditional and eye tracking evaluation techniques are compared, showing the contributions and limitations of eye tracking to explain usability problems and to identify users' behaviors.

Keywords: Interactive TV. Usability evaluation. Eye tracking.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – a) *Scleral Search Coil* – pequena bobina anexada a uma lente de contato; b) lente de contato posicionada sobre o olho humano; c) ferramentas de instalação da lente.....36
Figura 2 – a) procedimento de instalação da lente de contato no olho humano; b) procedimento de remoção da lente. 36
Figura 3 – a) Unidade de gravação eletro-fisiológico; b) usuária de um RO baseado em eletro-oculografia; c) diversos tipos de eletrodo disponíveis para uso pelo RO. 37
Figura 4 – Usuário utilizando o RO do projeto Eagle Eyes. 38
Figura 5 – Representação simplificada do olho humano.....40
Figura 6 – a) efeito pupila-escura; b) efeito pupila-brilhante. 42
Figura 7 – a) Imagens de Purkinje; b) ponto de luz infravermelha refletida na superfície da córnea: *glint*. 43
Figura 8 – a) pontos usados para calibração externa do RO Eyegaze; b) experimento utilizando mapeamento em 2 dimensões (2D) da tela do computador; c) experimento utilizando mapeamento 2D de uma superfície plana qualquer (estante). 45
Figura 9 – a) Experimento utilizando mapeamento 3D; b) Experimento utilizando mapeamento 2D. 46
Figura 10 – Exemplos de rastreadores do olhar remotos ou montados no desktop..47
Figura 11 – Dois modelos de *bite bars* usados para restringir os movimentos da cabeça do usuário. 48
Figura 12 – Exemplos de descansos de cabeça usados para restringir os movimentos do usuário. 49
Figura 13 – Exemplos de rastreadores do olhar montados na cabeça. 50
Figura 14 – Produto de um RO montado na cabeça com câmera de cena: a câmera de cena grava imagens ao redor do usuário e enquanto o RO determina os pontos que estão sendo observados. 50
Figura 15 – Hierarquia de aplicações com rastreamento do olhar. 60
Figura 16 – Exemplo da diferença entre ver e entender. Capa dos livros “Onde está Wally?” e “Onde está Wally? Uma viagem fantástica 3”.....71

Figura 17 – Arquitetura funcional de uma plataforma de TV Digital terrestre.....89
Figura 18 – Terminal de acesso da empresa POSITIVO. 91
Figura 19 – a) aplicação inserida sobre o vídeo; b) aplicação redimensionando o vídeo; c) aplicação em tela cheia.. 97
Figura 20 – Áreas de segurança da telas da TV. 99
Figura 21 – Formato do pixel do PC e da TV (definição padrão). 100
Figura 22 – Fonte adequada para TV (em cima) e de uma fonte que deve ser evitada (em baixo). 101
Figura 23 – Imagens de telejornais com AOI definidas sobre os apresentadores...105
Figura 24 – Imagem de um jogo de futebol com patrocínio inserido sobre a imagem. 106
Figura 25 – Rastreador do olhar EyeTech TM3 utilizado no experimento.....115
Figura 26 – Modificação da distância de uso para a faixa entre 60 e 70 cm. 115
Figura 27 – Modificação do parâmetro *Smoothing* para 1.....116
Figura 28 – Imagem da câmera do RO com as duas pupilas e os quatro *glints* localizados.....117
Figura 29 – Em vermelho, o número de pontos usados na calibração. Em azul, os *scores,* ou notas, dados pelo RO para a calibração do usuário. 118
Figura 30 – Procedimento de calibração externa: 16 pontos mostrados ao usuário. 118
Figura 31 – Esquema do ambiente de teste usado no experimento. 120
Figura 32 – Cabos de áudio e vídeo usados para conectar o computador na TV...121
Figura 33 – Posição do rastreador do olhar para não prejudicar o uso da TV. 122
Figura 34 – Adaptação proposta para evitar que o rastreador do olhar interfira na recepção do controle remoto. 123
Figura 35 – Montagem do ambiente de teste em uma sala de reunião (mudança de layout).....125
Figura 36 – Demarcação das peças de mobília e fixação da poltrona com fita adesiva. 125
Figura 37 – Seqüência de montagem do ambiente de teste. 126
Figura 38 – a) Visão do participante; b) Visão do operador dos computadores. 127
Figura 39 – Aplicação das olimpíadas: transmitida em caráter experimental durante as olimpíadas de Pequim. 129
Figura 40 – Layout da aplicação das olimpíadas. 130

Figura 41 – Opções de conteúdo da aplicação das olimpíadas. 130
Figura 42 – Esquema de navegação da aplicação das olimpíadas.....132
Figura 43 – a) Sub-menu da agenda do dia. b) programação esportiva do atletismo. 133
Figura 44 – Aplicação do futebol: transmitida em caráter experimental durante diversos jogos do campeonato brasileiro de futebol.....134
Figura 45 – Layout da aplicação das olimpíadas. 134
Figura 46 – Menus retráteis: abrindo e fechando o menu ‘Escalação’. 135
Figura 47 – Menus retráteis: abrindo e fechando o menu ‘Estatísticas’. 136
Figura 48 – Menus retráteis: abrindo e fechando a estatística ‘Cruzamentos’. 136
Figura 49 – Esquema simplificado de navegação da aplicação do futebol. 138
Figura 50 – Propagandas inseridas na aplicação do futebol em momentos pré-determinados.....140
Figura 51 – Seqüência de operação da aplicação. 142
Figura 52 – Figura mostrando as fixações do usuário durante o procedimento de verificação da calibração. 143
Figura 53 – Na esquerda é apresentada a tela neutra que evita que o usuário tenha contato a aplicação antes de estar devidamente instruído. À direita mostra a aplicação depois que a tarefa é iniciada.....144
Figura 54 – Tela inicial da primeira etapa do experimento.....146
Figura 55 – Tela inicial encontrada pelos participantes do grupo B na primeira etapa do experimento.....148
Figura 56 – Aplicação do futebol.....151
Figura 57 – Interface da aplicação para extração de parâmetros dos *logs* gravados. 158
Figura 58 – Seleção do usuário que será processado. 158
Figura 59 – Tabela de resultados e exportação para planilha eletrônica. 158
Figura 60 – Verificações da calibração do usuário de código 30. 159
Figura 61 – Filtro aplicado às fixações da verificação da calibração. Só são usadas as fixações que ocorreram no final da exibição do ponto de calibração.160
Figura 62 – Painéis de operação para extração de parâmetros das etapas de teste. 161
Figura 63 – Processamento realizado com os dados da ETAPA 1 do experimento. 161

Figura 64 – Configuração do algoritmo para identificação de fixações. 162
Figura 65 – Processamento realizado com os dados da ETAPA 2 do experimento. 162
Figura 66 – Áreas de interesse das aplicações utilizadas nos testes.....163
Figura 67 – Processamento realizado com os dados da ETAPA 3 do experimento. 163
Figura 68 – a) Botões de acesso da função de reprodução de *logs;* b) Interface desta função.....165
Figura 69 – Características da função de reprodução de *logs.* 165
Figura 70 – Controles de reprodução dos *logs.*.....166
Figura 71 – Representação simplificada do ambiente de teste usada no cálculo do erro em graus medido na verificação da calibração, mostrando o tamanho da TV e a distância do usuário. 184
Figura 72 – Elementos de interação mapeados em AOIs. 195
Figura 73 – Fixações do usuário 11 ao procurar um esporte na Agenda. 202
Figura 74 – Fixações do usuário 20 procurando a opção para voltar ao menu principal da aplicação. 203
Figura 75 – Fixações do usuário 16 procurando a opção para voltar ao menu principal da aplicação. 203
Figura 76 – Fixações do usuário 12 sobre o menu principal, mas com uma opção aberta na parte inferior da janela. 204
Figura 77 – Fixações do usuário 16 ao ler uma notícia na aplicação. 204
Figura 78 – aplicação das olimpíadas exibindo o jogo de futebol na área adequada. 205
Figura 79 – Fixações do usuário 7 ao tentar utilizar o menu da aplicação enquanto assiste ao jogo.....206
Figura 80 – Fixações do usuário 7 procurando um esporte na agenda enquanto assiste ao vídeo.....206
Figura 81 – Fixações do usuário 13 ao abrir o menu ‘Jogos’ da aplicação do Futebol. 208
Figura 82 – Fixações do usuário 6 ao abrir o menu ‘Classificação’ da aplicação do Futebol. 209
Figura 83 – Fixações do usuário 6 ao procurar o Saldo de Gols do Fluminense. ...210
Figura 84 – Protótipo de RO proposto pelo projeto *openEyes* (2006b). 285

Figura 85 – Protótipo construído para o RO do projeto openEyes (2006a).....286
Figura 86 – Imagens da utilização dos algoritmos disponibilizados pelo projeto openGazer (2007a). 287

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Diferenças da interação entre a TV convencional e o computador. 24
Tabela 2 – Métodos tradicionais de avaliação de usabilidade 63
Tabela 3 – Métricas mais comuns em estudos de usabilidade 73
Tabela 4 – Exemplo de definição dos termos usados no cálculo das métricas do rastreamento do olhar 74
Tabela 5 – Métricas derivadas de fixações e *gazes*.....75
Tabela 6 – Métricas derivadas de sacadas. 77
Tabela 7 – Métricas derivadas de *scanpaths* 78
Tabela 8 – Comparação entre o ambiente de uso da televisão e dos computadores 92
Tabela 9 – Cálculo aproximado do erro em pixels para um RO com 1º de precisão e para tela com a resolução de 1280x720 pixels. 93
Tabela 10 – Princípios de design de interface.....98
Tabela 11 – Detalhamento das hipóteses testadas.....112
Tabela 12 – pseudo-código do algoritmo para identificar fixações.....119
Tabela 13 – Softwares de terceiros utilizados na montagem do ambiente de teste. 124
Tabela 14 – Equipamentos utilizados na montagem do ambiente de teste. 124
Tabela 15 – Informações que o participante deve encontrar na ETAPA 1 do experimento.....146
Tabela 16 – Informações que o participante deve encontrar na ETAPA 2 do experimento.....147
Tabela 17 – Perguntas sobre o vídeo exibido na ETAPA 2. 149
Tabela 18 – Informações que o participante deve encontrar na ETAPA 3 do experimento.....152
Tabela 19 - Perguntas sobre os anúncios exibidos na ETAPA 3. 153
Tabela 20 – Métricas convencionais utilizadas nos experimentos. 154
Tabela 21 – Métricas obtidas através do RO e utilizadas nos experimentos. 155
Tabela 22 – Instrumentos usados na pesquisa. 156

Tabela 23 – Valor do erro de escorregamento calculado a partir das verificações da calibração. 183
Tabela 24 – Teste-T entre Grupos A e B – Perguntas sobre o jogo de futebol da ETAPA 2. 185
Tabela 25 – Correlação entre medidas convencionais e obtidas pelo rastreamento do olhar. 186
Tabela 26 – Teste-T entre Grupos A e B – Métricas do RO (ETAPA 2). 187
Tabela 27 – Teste-T entre Grupos A e B – Métricas convencionais. 189
Tabela 28 - Correlação entre medidas convencionais e obtidas com o RO (hipótese H-1-2). 190
Tabela 29 – Dados sobre visualização das propagandas apresentadas na ETAPA3 193
Tabela 30 – Cálculo da nota média atribuída pelos usuários aos elementos de interação. 196
Tabela 31 – Cálculo do número médio de fixações em cada área de interesse. 197
Tabela 32 – Comparação entre notas atribuídas pelos usuários e número médio de fixações dos usuários nas AOIs. 197
Tabela 33 – Cálculo do grau de dificuldade médio atribuído pelos usuários para cada etapa, e da média das durações das fixações em cada etapa. 199
Tabela 34 – Comparação entre o grau de dificuldade atribuído pelos usuários e a duração média das fixações dos grupos por etapa do teste. 200
Tabela 35 – Avaliação dos usuários sobre aplicações usadas nos testes. 213

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AOI	*area of interest* - *á*rea de interesse
DMD	*desktop mounted devices* – dispositivos montados no desktop (tradução do autor)
RO	rastreador do olhar (tradução do autor para *eye tracker*)*:* equipamento capaz de realizar o rastreamento do olhar
EOG	eletro-oculografia
HD	*High Definition* – alta definição (tradução do autor)
HMD	*Head mounted devices* - dispositivos montados na cabeça (tradução do autor)
IHC	Interação homem-computador
KISS	*Keep it short and simple*
LED	*Light emitting diode* (diodo emissor de luz)
NTSC	National Television Standards Committee. A abreviatura é usada para referenciar o padrão de vídeo analógico utilizado nos Estados Unidos da América
PC	computador pessoal
PC/CR	*pupil-center/corneal-reflection tecnique* – método centro-da-pupila/reflexão-na-córnea (tradução do autor)
POG	foto-oculografia
POR	*point of regard* – ponto observado (tradução do autor)
SBTVD	Sistema Brasileiro de Televisão Digital
TV	Televisão
TVD	TV Digital
TVi	TV interativa
VOG	Vídeo-oculografia
WEB	World Wide Web: rede de computadores que consiste na coleção de sites de internet que oferecem texto, gráficos, sons e animações através do protocolo de transferência de hipertexto[1].

---

[1] DICTIONARY.COM. WordNet® 3.0. WORLD WIDE WEB. (n.d.). Disponível em <http://dictionary.reference.com/browse/WORLD WIDE WEB>. Acesso em 08, Jun., 2008. Tradução do autor.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 21

1.1 OBJETIVO 23

1.2 JUSTIFICATIVA 24

1.3 ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO 25

2 RASTREAMENTO DO OLHAR 29

2.1 ORIGENS DO RASTREAMENTO DO OLHAR - HISTÓRICO 32

2.2 TÉCNICAS USADAS NO RASTREAMENTO DO OLHAR 34

2.2.1 Lentes de contato especiais 35

2.2.2 Eletro-oculografia (EOG) 37

2.2.3 Vídeo-oculografia (VOG) 39

2.2.4 VOG baseada no método centro-da-pupila/reflexão-na-córnea 41

2.2.5 Determinação do ponto observado 44

2.3 TIPOS DE RASTREADORES DO OLHAR 47

2.3.1 Dispositivos montados no desktop (DMD) ou remotos 47

2.3.2 Dispositivos montados na cabeça (HMD) 49

2.4 CARACTERÍSTICAS DOS RASTREADORES DO OLHAR 51

2.5 TAXONOMIA DOS MOVIMENTOS DOS OLHOS 53

2.5.1 Posição observada 55

2.5.2 Sacadas 55

2.5.3 Perseguição 56

2.5.4 Fixação 56

2.5.5 *Scanpath* 57

2.5.6 Área de interesse (AOI) 57

2.5.7 Duração da *Gaze* 58

2.5.8 Identificação de fixações e sacadas 58
2.6 HIERARQUIA DE APLICAÇÕES.....60
2.6.1 Aplicações interativas 61
2.6.2 Aplicações de diagnóstico 62
3 AVALIAÇÃO DE USABILIDADE COM RASTREAMENTO DO OLHAR 63
3.1 PROTOCOLO BASEADO EM RASTREAMENTO DO OLHAR.....66
3.2 CONTRIBUIÇÕES E LIMITAÇÕES.....68
3.3 MÉTRICAS OU MEDIDAS DEPENDENTES.....71
3.3.1 Métricas derivadas de fixações e *gazes* 74
3.3.2 Métricas derivadas de sacadas 76
3.3.3 Métricas derivadas de *scanpaths* 77
3.3.4 Outras medidas 79
3.4 PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO COM RASTREAMENTO DO OLHAR 80
3.4.1 Objetivo do teste.....81
3.4.2 Métodos experimentais.....82
3.4.3 Escolha dos participantes.....84
3.4.4 Identificação do aparato 85
3.4.5 Seleção das tarefas.....86
4 TV DIGITAL INTERATIVA 88
4.1 ARQUITETURA FUNCIONAL DA TV DIGITAL.....89
4.2 AMBIENTE DE USO DA TV 90
4.3 CLASSIFICAÇÃO DAS APLICAÇÕES INTERATIVAS 94
4.3.1 Relação com o conteúdo audiovisual 95
4.3.2 Uso do canal de retorno 96
4.3.3 Manipulação do sinal de vídeo 97

4.4 RECOMENDAÇÕES DE DESIGN PARA TVi 98

5 AVALIAÇÃO DE PROGRAMAS DE TVi COM RASTREAMENTO DO OLHAR 102

5.1 CENÁRIOS DE USO DO RASTREAMENTO DO OLHAR NA TVi 103

5.2 QUESTÕES DE PESQUISA 108

5.3 MATERIAIS 110

5.3.1 Papéis dos pesquisadores no teste 110

5.3.2 Participantes do teste 111

5.3.3 Detalhamento das hipóteses 112

5.3.4 Rastreador do olhar 114

5.3.5 Ambiente de teste 120

5.3.6 Estímulo – Aplicações interativas 128

5.3.6.1 Aplicação 1 – Olimpíadas 129

5.3.6.2 Aplicação 2 – Futebol 133

5.3.6.3 Preparação das aplicações para os testes 139

5.3.7 Tarefas e cenários de teste 144

5.3.7.1 ETAPA 1 145

5.3.7.2 ETAPA 2 146

5.3.7.3 ETAPA 3 150

5.3.8 Métricas ou variáveis dependentes 153

5.3.9 Instrumentos usados na pesquisa 156

5.3.10 Softwares de análise 157

5.3.10.1 Extração de parâmetros 157

5.3.10.2 Reprodução de registros 164

5.3.10.3 Softwares para tabular e analisar os dados 167

5.4 MÉTODOS 168

5.4.1 Submissão ao comitê de ética em pesquisa 170

5.4.1.1 Riscos à integridade física 171

5.4.1.2 Riscos de constrangimento 171

5.4.1.3 Riscos de exposição da imagem e dados 172

5.4.2 Execução do teste 173

5.4.2.1 Preparação do Ambiente 174

5.4.2.2 Introdução 175

5.4.2.3 Sessão de uso 177

5.4.2.4 Encerramento 178

5.4.3 Análise 178

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS 180

6.1 ANÁLISE SOBRE APLICAÇÕES INTERATIVAS 180

6.1.1 Método de análise 181

6.1.2 Avaliação das Hipóteses 182

6.2 ANÁLISE DO AMBIENTE DE TESTE E DOS PROCEDIMENTOS ADOTADOS 211

6.2.1 Ambiente de teste 211

6.2.2 Aplicações usadas durante os testes 212

6.2.3 Procedimentos adotados durante o teste 214

6.2.4 Análise dos dados 215

6.3 DISCUSSÃO 217

6.3.1 Sobre a avaliação de hipóteses de usabilidade com os dados do rastreamento do olhar 217

6.3.2 Sobre alternativas para responder a uma questão de pesquisa, quando o método planejado falha. 218

6.3.3 Sobre a continuidade dos dados 219

6.3.4 Sobre a identificação de comportamentos dos usuários 219

6.3.5 Sobre rupturas no fluxo de interação.....220

6.3.6 Sobre o uso das métricas do rastreamento do olhar 221

6.3.7 Sobre a substituição de métodos convencionais de avaliação por métodos baseados em rastreamento do olhar 222

6.3.8 Sobre o uso do rastreador do olhar em avaliações de usabilidade para TVi.... 222

6.3.9 Sobre a coleta, processamento e análise dos dados do rastreamento do olhar.....224

6.3.10 Considerações finais 227

7 CONCLUSÃO.....228

7.1 Resumo dos capítulos 228

7.2 Contribuições.....230

7.3 Trabalhos Futuros.....231

7.4 Considerações Finais 233

REFERÊNCIAS.....234

REFERÊNCIAS COMPEMENTARES.....247

APÊNDICE 1 – PERFIL DOS USUÁRIOS 249

APÊNDICE 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....253

APÊNDICE 3 – QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE.....257

APÊNDICE 4 – QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE 260

APÊNDICE 5 – FICHA DO USUÁRIO.....264

APÊNDICE 6 – ROTEIRO DO MODERADOR.....269

APÊNDICE 7 – PLANILHA DO MODERADOR.....274

APÊNDICE 8 – ROTEIRO DO AVALIADOR.....280

APÊNDICE 9 – OUTROS RASTREADORES DO OLHAR CONSIDERADOS PARA O EXPERIMENTO 283

ANEXO 1 – CARTA DE APROVAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA 289

1 INTRODUÇÃO

Após anos de espera, em 2007 foram finalizados os trabalhos do tão aguardado Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD). Muitas emissoras de televisão (TV) aberta que já há algum tempo vinham trabalhando no sistema iniciaram a implantação da TV Digital (TVD) imediatamente, com a migração dos sistemas de áudio e vídeo para os novos formatos e com instalação dos novos transmissores com melhor qualidade e eficiência.

Com estes trabalhos iniciais de adaptação chegando ao fim, começa-se a vislumbrar grandes transformações nos paradigmas tradicionais de produção de programas de TV, ao mesmo tempo em que se percebe que as emissoras não estão totalmente preparadas para estas mudanças e as diversas novas possibilidades que trazem consigo.

A TV Digital pode ser considerada como uma evolução da TV tradicional na qual as imagens e sons são transmitidos na forma de sinais digitais. O SBTVD permite a veiculação de programas em alta definição (HD), mas não fica restrito ao simples aumento da qualidade da imagem. Ele trouxe consigo diversos novos recursos como a multi-programação[2], portais de texto e a TV interativa (TVi); que extrapolam o paradigma tradicional de TV e permitem que o telespectador tenha uma experiência muito mais intensa.

Um dos novos benefícios da TV Digital é a possibilidade de interagir com os programas de TV. Esta interação é realizada através da TV interativa, que permite a participação do usuário através de aplicações (ou softwares) que são transmitidas junto com o conteúdo de áudio e vídeo da televisão tradicional.

---

[2] "*Multi-programação: É a possibilidade de o telespectador ter acesso a mais de um programa de televisão no mesmo canal*" (FORUM SBTVD, 2009b)

Embora a TVi não seja uma idéia nova[3], foi a TVD tornou que possível enviar aplicações junto com o conteúdo audiovisual. Estas aplicações interativas, que são a base da TVi atual, permitem que o usuário deixe de ser apenas um “espectador” e tenha uma atitude mais ativa, com maior liberdade de escolha, ação e diálogo. (BARROS, 2006).

Enquanto em muitos países[4] o acesso à TVi está disponível para quase toda a população, no Brasil antes do SBTVD o acesso a esta tecnologia era restrito a alguns poucos assinantes de TVs a cabo ou por satélite. Com a veiculação de aplicações interativas na TV aberta, principal meio de comunicação de massa do país, um público grande e heterogêneo se apresenta como potenciais usuários dos novos serviços - público este composto por pessoas com diversos graus de instrução, faixas etárias e índices de alfabetização digital. Dessa forma tornam-se vitais as características de usabilidade, acessibilidade e ergonomia das aplicações interativas. (KUTIISHI; PICCOLO, 2006).

Hoje, o desenvolvimento destas aplicações interativas se apresenta como um grande desafio para as empresas de TV, principalmente quando se considera a imensa diversidade dos usuários que serão atingidos no Brasil com sua inclusão na TV aberta. (FILGUEIRAS et al., 2006).

As empresas de TV não estão habituadas com os processos de desenvolvimento de softwares ou modelos de melhoria de qualidade comumente aceitos na indústria de software, como aponta Filgueiras. (Ibid.).

O projeto de sistemas interativos deve ter foco no usuário final, em suas características e necessidades, e prever métodos de avaliação e testes das aplicações de forma a obter evidências empíricas dos problemas e dificuldades encontradas durante a interação. (Ibid.).

---

[3] Barros (2006) identifica iniciativas voltadas à interação com a TV desde o início dos anos 50.

[4] Principalmente da Europa, Estados Unidos e Japão.

Neste cenário, o rastreamento do olhar, técnica usada para identificar a posição observada pelo usuário, se apresenta como uma poderosa ferramenta de análise capaz de identificar muitos comportamentos dos usuários. Essa técnica já vem sendo muito utilizada em avaliações de usabilidade realizadas em páginas WEB, e por diversos outros campos de pesquisa[5].

Uma vez que a literatura aponta que o rastreamento do olhar produz evidências conclusivas[6], mensuráveis e repetíveis[7], permitindo apresentar provas objetivas dos resultados das avaliações de usabilidade a clientes, designers e desenvolvedores, propõe-se a questão de pesquisa de como usar esta técnica em avaliações de TVi.

1.1 OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa é estudar o uso da técnica de rastreamento do olhar e aplicá-la na avaliação de usabilidade de programas de TV Digital Interativa.

Para tanto, foram investigadas as adaptações necessárias no ambiente de uso da TV tradicional e nos procedimentos experimentais empregados em testes de usabilidade, para a inclusão do rastreamento do olhar nas avaliações de usabilidade sobre aplicações para TVi. Esta pesquisa resultou na proposta de um ambiente de teste que ao imitar o arranjo de uma sala de estar procura preservar o ambiente de uso da TV, enquanto possibilita a coleta de medidas proporcionadas pelo rastreamento do olhar, além de medidas usualmente coletadas em avaliações de usabilidade convencionais.

O ambiente de teste proposto foi utilizado para a realização de um experimento de usabilidade sobre duas aplicações interativas para TV, e os dados coletados durante

---

[5] Ciências como a oftalmologia, a psicologia, e as neurociências foram as pioneiras no uso do rastreamento do olhar em estudos sobre distúrbios de leitura ou características da percepção humana. (JACOB; KARN, 2003).

[6] Conclusivo: "*próprio para se concluir*" (PRIBERAM, 2009).

[7] Repetível: "*suscetível de ser repetido*" (MICHAELIS, 2009).

o teste foram analisados examinando a contribuição do rastreamento do olhar em avaliações desta natureza. Este experimento não foi criado visando a avaliação de usabilidade das aplicações para TVi, mas sim a comparação dos métodos convencionais de avaliação com métodos baseados no rastreamento do olhar.

1.2 JUSTIFICATIVA

As aplicações para TVi são basicamente softwares interativos, e dessa forma é natural acreditar que qualquer método tradicionalmente aplicado ao desenvolvimento e avaliação de softwares possa ser aplicado a este tipo de aplicação.

Entretanto existem diferenças conceituais entre as aplicações desenvolvidas para computadores e para a TVi. O ambiente de utilização e o perfil dos usuários das aplicações para TVi são muito diferentes se comparados com o ambiente de uso dos computadores pessoais, necessitando um estudo sobre a validade e aplicação dos procedimentos de teste nestas novas condições. (KUTIISHI; PICCOLO, 2006).

Kutiishi e Piccolo (2006) apresentam na Tabela 1 uma síntese com as principais diferenças da interação quando realizada com TV tradicional e quando realizada com um computador. Note que o tipo de interação é diferente nas duas mídias, bem como as expectativas dos usuários.

Tabela 1 – Diferenças da interação entre a TV convencional e o computador. (KUTIISHI; PICCOLO, 2006)

ASPECTO	TV CONVENCIONAL	COMPUTADOR
Tipo de interação com o equipamento	Passiva	Ativa
Fluxo de informação	Contínua	Por demanda
Tipo de necessidade de interação	Eventual	Freqüente
Distância física entre o usuário e o equipamento	Média	Pequena
Dispositivo de interação	Controle remoto	Teclado e mouse
Expectativa do usuário	Entretenimento	Trabalho / Entretenimento
Tipo da atividade	Coletiva	Individual

A TVi tem potencial para aproximar estas duas mídias, criando uma ruptura no paradigma atual de utilização da TV. Com a TVi, o telespectador assimila características antes reconhecidas apenas nos usuários do computador. Em diversos momentos, este “usuário/telespectador” ou “tele-usuário”, deixa de ser um simples espectador, tornando-se um elemento ativo da interação. (FILGUEIRAS et al., 2006).

Os métodos e ferramentas de avaliação precisam levar em conta estas diferenças de ambientes e de usuários para oferecerem resultados válidos e confiáveis. Protocolos de avaliação mais complexos que já impunham restrições nas técnicas de avaliação de usabilidade convencionais, como o rastreamento do olhar, devem ser estudados em maior detalhe e adaptados ao novo ambiente.

Por fim, este é o segundo trabalho visando o estudo de métodos para a avaliação direta da usabilidade de um sistema realizado no Grupo de Estudos em Interação do Laboratório de Tecnologia de Software do Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais da Escola Politécnica da USP. O primeiro trabalho foi realizado por Alves (2004) e utilizou a medida da Variabilidade da Freqüência Cardíaca como indicador na avaliação da carga mental de trabalho na operação de interfaces homem-computador de sistemas de controle de processos.

1.3 ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O texto encontra-se organizado em sete capítulos. Este capítulo inicial fornece um panorama da TVD no Brasil com a inclusão de aplicações interativas combinadas com o conteúdo audiovisual da TV tradicional. Neste capítulo, é ressaltada a importância de métodos e ferramentas de avaliação das aplicações interativas, e em especial do rastreamento do olhar devido ao seu potencial na produção de evidências conclusivas, mensuráveis e repetíveis.

O Capítulo 2, por sua vez, apresenta uma revisão das técnicas usadas pelo rastreamento do olhar descritas na literatura. Neste capítulo são apresentadas as

características dos rastreadores do olhar, equipamentos capazes de realizar o rastreamento do olhar, e uma forma de classificá-los. Neste capítulo também é apresentada uma taxonomia que permite a padronização das medidas coletadas pelo rastreamento do olhar, empregadas na literatura de Interação Homem-Computador.

O Capítulo 3 apresenta as avaliações de usabilidade nesta pesquisa e explica como o rastreamento do olhar pode ser incluído no processo de experimentação. São apresentadas algumas contribuições e limitações desta técnica e uma extensa revisão das métricas derivadas dos dados do rastreamento do olhar. Neste capítulo também é apresentado um roteiro para orientar o planejamento de experimentos que utilizem a técnica de rastreamento do olhar para avaliar a usabilidade de um sistema.

O Capítulo 4 apresenta o contexto de uso das aplicações interativas para TVi, que são as aplicações alvo desta pesquisa. Este capítulo ressalta diferenças entre o ambiente de uso da TV e do computador pessoal, e classifica as aplicações para TVi de acordo com suas principais características.

O Capítulo 5 apresenta a descrição de um experimento realizado para avaliar a usabilidade de duas aplicações interativas para TV. Neste capítulo são apresentados os materiais e métodos utilizados no experimento, incluindo o ambiente de teste proposto, softwares desenvolvidos para coleta e análise dos dados e os procedimentos empregados durante o teste e durante a análise dos dados coletados.

O Capítulo 6 apresenta os resultados obtidos através da análise dos dados coletados no experimento realizado durante esta pesquisa. Primeiro é apresentada a avaliação de usabilidade das aplicações para TVi, realizada com os dados do rastreamento do olhar. Em seguida é apresentada uma avaliação do ambiente de teste proposto, verificando sua adequação para este tipo de experimento.

O último capítulo desta dissertação apresenta as conclusões finais desta pesquisa.

Os apêndices deste trabalho apresentam informações e documentos utilizados durante a etapa experimental desta pesquisa, apresentada nos Capítulos 5 e 6.

No APÊNDICE 1 é detalhado o perfil participantes do teste.

O APÊNDICE 2 disponibiliza uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), redigido de acordo com as exigências da Resolução CNS 196/96 e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário da USP, O TCLE é o documento que expressa e memoriza que o participante foi informado plenamente e concordou livremente em participar da pesquisa. O TCLE documenta ainda o compromisso da equipe de pesquisa com a privacidade do participante e a confidencialidade dos dados coletados. Este documento é acompanhado por uma carta que explica a pesquisa ao participante dos testes, que é disponibilizada neste mesmo apêndice.

O APÊNDICE 3 apresenta o Questionário Pré-Teste utilizado para a coleta de informações sobre o perfil dos participantes antes do início da sessão de teste.

O APÊNDICE 4 apresenta o Questionário Pós-Teste que é aplicado na forma de entrevista após a sessão de teste para coletar a opinião do participante sobre os sistemas, procedimentos e ambiente de teste.

O APÊNDICE 5 mostra as fichas contendo as tarefas executadas pelos participantes através da aplicação interativa. As fichas foram entregues aos usuários antes de cada etapa do teste.

O APÊNDICE 6, mostra um roteiro detalhado das atividades do moderador do teste, demonstrando desde como receber o usuário e aplicar o TCLE, até como conduzir as sessões de teste e encerrar o experimento. Este roteiro foi utilizado para o treinamento do moderador e do avaliador (pesquisadores que aplicaram o teste).

O APÊNDICE 7 apresenta a planilha com as informações sobre os cenários e tarefas previstas para o experimento e as perguntas que deveriam ser feitas aos participantes, pelo Moderador, após as etapas 2 e 3 do teste. Esta planilha contém

lugares adequados para registrar as respostas e comentários dos usuários sobre as sessões de uso.

O APÊNDICE 8 contém os roteiros que auxiliam o Avaliador na operação dos equipamentos, indicando a seqüência planejada para o teste. Este documento contém espaço para registrar informações sobre a calibração dos sistemas usados durante o teste.

O APÊNDICE 9 apresenta a descrição de dois rastreadores do olhar descritos na literatura e implementados pelo autor deste trabalho, que foram cogitados para a realização do experimento.

Por fim, o ANEXO 1 mostra a carta do Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário que autoriza a execução do experimento planejado.

2 RASTREAMENTO DO OLHAR

Os processos e tecnologias associadas com a pesquisa em rastreamento do olhar originalmente tiveram motivações clínicas, sendo aplicados no estudo de disfunções e lesões nos olhos, distúrbios de leitura e outros problemas oftalmológicos. Pouco tempo depois, esta tecnologia despertou o interesse das ciências cognitivas, sendo empregado por disciplinas como psicologia e neurologia no desenvolvimento e validação de modelos cognitivos, no estudo da percepção, e na análise de tarefas comuns, como dirigir um automóvel, pilotar uma aeronave ou até mesmo como preparar uma xícara de chá (JACOB; KARN, 2003).

Os movimentos dos olhos são executados em função de processos cognitivos de alto e baixo nível. Os processos de baixo nível, orientados por um estímulo (*stimulus-driven*), sugerem que a região central da visão seja reposicionada sobre regiões consideradas mais atrativas identificadas pela visão periférica. O processo de alto nível, orientado por objetivo (*goal-driven*), sugere que o objetivo da tarefa executada pelo usuário exerça forte influência sobre os caminhos percorridos por sua visão. Esta relação com os processos cognitivos tanto de alto quanto de baixo nível despertaram grande interesse em muitos pesquisadores, seja para modelar processos cognitivos complexos, ou simplesmente para verificar a atratividade[8] de um anúncio ou de uma propaganda. (DUCHOWSKI, 2007).

O termo ‘rastreamento do olhar’ é uma tradução do termo em inglês *eye tracking,* que também pode ser traduzido como “rastreamento do olho” ou “seguimento do olho”, entretanto a simples tradução não nos permite compreender o seu real significado. A Tobii (2008), empresa líder neste campo de pesquisa[9], apresenta uma definição mais interessante para estas tecnologias:

---

[8] Atratividade: Qualidade do que é atrativo; Atrativo: Atraente; Coisa que atrai (MICHAELIS, 2009). Usado no contexto de medir quanto uma propaganda atrai a atenção do usuário.
[9] Na área de avaliação de usabilidade usando rastreamento do olhar.

> *"O rastreamento do olhar é um termo geral para técnicas de medição do ponto observado – onde você está olhando – ou para determinar a posição do olho em relação à cabeça." [tradução do autor]. (TOBII, 2008).*

Em outras palavras, o termo rastreamento do olhar apresenta dois significados distintos. Ele pode ser usado para representar técnicas que são capazes de determinar o ponto que está sendo visto pelo usuário, ou seja, onde o usuário está olhando. Por outro lado, este termo também pode ser usado para designar apenas as técnicas capazes de localizar a posição do olho do usuário em relação a sua cabeça. Freqüentemente encontra-se o termo em inglês *eye gaze tracking* sendo utilizado para representar a primeira definição, e assim evitar esta ambigüidade de terminologia.

Grande parte da tecnologia associada com o rastreamento do olhar está nos processos para determinação da posição e dos movimentos dos olhos em relação à cabeça do observador, o que satisfaz a segunda definição do parágrafo anterior. Porém, apesar de ambas as definições possuírem muito a oferecer em avaliações de usabilidade e outros experimentos, existe um grande e crescente interesse na identificação da posição observada pelo usuário[10].

Um sistema capaz de realizar o rastreamento do olhar é conhecido pelo nome de *eye tracker*. Conforme esperado, muitas vezes encontra-se o termo *gaze tracker* para indicar sistemas capazes de estimar a direção do olhar, e assim identificar a posição observada pelo usuário. Neste trabalho é utilizado termo rastreador do olhar (RO) para referenciar este tipo de sistema.

Neste trabalho, o termo rastreamento do olhar é definido e empregado como a técnica capaz de identificar as posições observadas pelo usuário (o que o usuário está olhando), estando alinhado com o primeiro significado apresentado neste capítulo.

---

[10] Também conhecida como posição do olhar e direção do olhar.

Atualmente, a grande maioria de ROs disponíveis, tanto comercialmente quanto em meio acadêmico, é baseada no uso de câmeras de vídeo, mas ainda podem ser encontradas diversas implementações que utilizam lentes de contato especiais ou eletrodos medindo potenciais elétricos na superfície na pele, usados para diversas aplicações, sejam elas médicas ou mesmo para interação com computadores.

Os RO atuais possuem diversas outras diferenças, por exemplo, em relação a sua montagem: o RO pode ser instalado na estação de trabalho, sendo chamados de dispositivos montados no *desktop*[11] (DMD), ou pode ser adaptado em capacetes ou óculos e literalmente "vestido" pelos observadores, sendo chamados de dispositivos montados na cabeça[12] (HMD). A informação disponibilizada pelo RO também pode variar imensamente: é comum encontrar, além do ponto observado, informações sobre o diâmetro da pupila e posição da cabeça do observador.

Este capítulo tem como objetivo apresentar uma visão geral da tecnologia por trás do rastreamento do olhar, e instruir o leitor sobre suas características e limitações. Assim, o capítulo encontra-se dividido em seis seções. A seção 2.1 apresenta um breve histórico da evolução das tecnológicas ligadas ao rastreamento do olhar, como ele surgiu e se desenvolveu até o dia de hoje; a seção 2.2 descreve as principais técnicas em uso atualmente no desenvolvimento de um RO; a seção 2.3 classifica os RO em dispositivos montados na cabeça ou no desktop, comentando suas características; na seção 2.4 é apresentado um conjunto de características selecionadas pelo autor para classificar as implementações de RO, sendo seguida pela seção 2.5 que apresenta uma taxonomia comum, introduzindo termos que serão usados no decorrer desse trabalho; e, por fim, a seção 2.6 encerra o capítulo apresentando uma classificação para aplicações que usam esta técnica.

---

[11] Tradução do autor para *desktop mounted devices (DMD).* Este tipo de RO também é conhecido como *table mounded device (TMD).*

[12] Tradução do autor para *head mounted devices (HMD).*

2.1 ORIGENS DO RASTREAMENTO DO OLHAR - HISTÓRICO

Os primeiros estudos utilizando rastreamento do olhar datam de mais de cem anos. Por esta razão, Rayner (1998) dividiu o estudo dos movimentos dos olhos em três eras. A primeira era teve início nos estudos de Javal no campo da leitura em 1879 e durou até cerca de 1920, sendo baseados em observação direta. Neste período, muitos aspectos básicos dos movimentos dos olhos foram identificados, como, por exemplo, a região efetiva de visão e o fenômeno da supressão da percepção durante as sacadas, ou seja, durante a movimentação dos olhos de uma região à outra.

Ainda na primeira era, surgiram os primeiros dispositivos capazes de registrar os movimentos dos olhos de forma automática. Estes primeiros ROs eram compostos por lentes de contato com um furo na região da pupila (centro da visão). Estas lentes eram conectadas em dispositivos com ponteiros mecânicos que registravam os movimentos dos olhos (TOBII, 2008). A primeira era de Rayner foi marcada por dispositivos invasivos, que exigiam contato direto com os olhos dos participantes, impossibilitavam qualquer movimento de cabeça, e apresentavam grande dificuldade na gravação dos dados coletados. Apesar disso, durante esta era foi proposta, também, a primeira técnica não invasiva de rastreamento dos olhos, por Dodge e Cline (1901), que utilizava feixes de luz refletidos nos olhos dos participantes e registrados em filme. (JACOB; KARN, 2003).

A segunda era de Rayner (1998), compreendida entre a década de 30 e a década de 50, foi marcada por um maior interesse em estudos práticos, de forma que pouco esforço foi destinado à investigação de aspectos cognitivos relacionados com os movimentos dos olhos. Mesmo assim, podem-se encontrar alguns trabalhos relacionados com leitura e percepção de cenas.

Neste período, entretanto, dois fatos importantes se destacaram: a apresentação de um dos primeiros estudos de usabilidade utilizando rastreamento do olhar, no qual Fitts, Jones e Milton (1950) analisaram os movimentos dos olhos de um piloto durante o pouso de uma aeronave, e a criação do primeiro dispositivo *head mounted*, montado na cabeça do participante, que permitiu maior liberdade de movimentação aos participantes dos testes. (JACOB; KARN, 2003).

A terceira e última era identificada por Rayner (1998) teve início na metade da década de 70 e encerrou um período de quase 15 anos sem grandes inovações na pesquisa em rastreamento do olhar. Nesta era foi verificada uma grande melhoria nas técnicas de coleta e gravação dos movimentos dos olhos, o que foi refletido no aumento da precisão dos dados e na maior liberdade de movimentação dos participantes. Entretanto, o avanço na pesquisa com rastreamento do olhar verificado neste período se deve principalmente ao grande esforço dedicado aos processos de análise da imensa quantidade de dados que agora se tornara disponível.

Este período foi marcado pelo surgimento dos minicomputadores e pelo natural aumento da capacidade de processamento disponível. Este aumento possibilitou o início do uso das tecnologias de rastreamento do olhar em tempo real, mas seu uso permaneceu restrito principalmente a aplicações militares. Esta situação começou a mudar em meados da década de 80 com a proliferação dos computadores pessoais, o rastreamento do olhar começou a ser empregado em tempo real na interação entre homem e computador. Assim surgiram as primeiras aplicações usando esta técnica como dispositivo de entrada para pessoas com deficiências físicas, e também as primeiras aplicações *gaze-contingent,* criadas com objetivo de economizar recursos computacionais. (JACOB; KARN, 2003; RAYNER, 1998).

Em 2002, Duchowski aponta o surgimento de uma nova era para as tecnologias relacionadas com o rastreamento do olhar. Impulsionada pela maior oferta de rastreadores do olhar, mais acessíveis e fáceis de usar, com maior precisão e tolerância a movimentos, o uso destes equipamentos tem ganhado ampla aceitação em aplicações de diagnóstico e avaliação da interação homem-computador (IHC). Estes avanços na tecnologia, aliados à explosão do poder computacional e à

disseminação das interfaces gráficas com usuários, proporcionaram o grande crescimento no uso de rastreamento do olhar em aplicações interativas, distinguindo este período dos demais.

2.2 TÉCNICAS USADAS NO RASTREAMENTO DO OLHAR

Os ROs da primeira geração eram constituídos por mecanismos complexos que por si só já impunham grandes restrições na operação do sistema. A exigência de contato direto com a superfície dos olhos ou regiões próximas, imobilidade absoluta da cabeça dos participantes, e a necessidade de um profundo treinamento e conhecimento do sistema inviabilizaram por muitos anos sua ampla utilização.

Mesmo após o desenvolvimento de técnicas de oculografia[13] sem contato, como por exemplo, a foto-oculografia[14] (POG), a necessidade de diversos espelhos e aparatos para restringir os movimentos dos usuários permaneceu como uma barreira para a ampla utilização do rastreamento do olhar, mesmo tendo sido apontada como uma tecnologia promissora por mais de um século.

Atualmente os modernos ROs experimentaram um extraordinário avanço técnico. A sua utilização deixou de afetar os participantes de testes e sua operação não exige grandes conhecimentos técnicos (TOBII, 2008), como ocorria no passado.

Mesmo com todo este avanço, as técnicas utilizadas na implementação de um RO permanecem praticamente as mesmas. Esta seção apresenta as principais técnicas que são utilizadas na construção de um RO desde a obtenção da posição do olho até a estimação da posição observada.

---

[13] Oculografia é o nome dado ao método usado para gravação da posição e dos movimentos do olho.

[14] Foto-oculografia é uma técnica que usa filmes fotográficos para registrar a posição do olho.

2.2.1 Lentes de contato especiais

Uma das técnicas mais tradicionais utilizadas na implementação de um RO utiliza lentes de contato especialmente adaptadas com dispositivos mecânicos ou óticos. Embora extremamente intrusiva, o uso de lentes de contato permanece como uma das técnicas mais precisas já propostas na medição da posição do olho do observador.

Entre os diversos dispositivos anexados às lentes de contato, Duchowski (2007) menciona o uso de fósforos reflexivos e diagramas formados por linhas usados para facilitar a detecção do olho em imagens, espirais de fio e bobinas que captam variações no campo magnético decorrentes da movimentação do olho, e até lentes conectadas mecanicamente a dispositivos de registro em papel ou em disco, utilizadas pelos primeiros ROs.

Entre os ROs baseados em lentes de contato, a tecnologia que provavelmente obteve maior sucesso utiliza uma espiral de fio anexada à lente. Esta técnica conhecida como *Scleral Search Coil* foi inicialmente proposta por Robinson em 1963, e se baseia na indução magnética de uma pequena bobina metálica, instalada em uma lente flexível de silicone, como pode ser visto na Figura 1a. Um fio fino conecta a bobina a um dispositivo de medida. Esta lente é posicionada sobre a esclera, parte branca do olho, se posicionando de forma concêntrica com a íris, parte colorida do olho, e com a pupila, parte escura no centro do olho, conforme representado na Figura 1b. Em seguida, é gerado um campo magnético alternado na região ao redor da cabeça do observador, e a tensão induzida na bobina é usada no cálculo da posição do olho. (SKALAR, 2008).

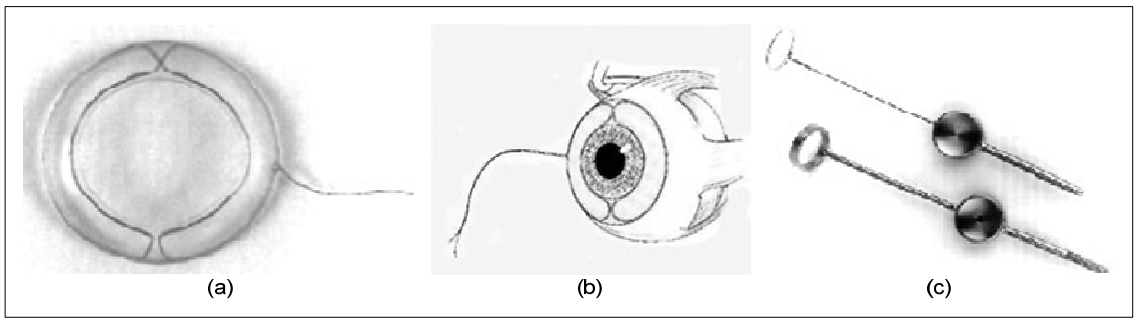


Figura 1 – a) *Scleral Search Coil* – pequena bobina anexada a uma lente de contato; b) lente de contato posicionada sobre o olho humano; c) ferramentas de instalação da lente.
Imagens reproduzidas de www.skalar.nl/index2.html.

Além da alta precisão obtida com esta técnica, o uso de *Scleral Search Coils* é capaz de obter uma alta taxa de dados, o que faz desta técnica uma excelente opção para o estudo de tremores, escorregamentos e outros movimentos dos olhos que por serem muito pequenos, ou muito rápidos não costumam ser verificados através de outras técnicas. (Ibid.)

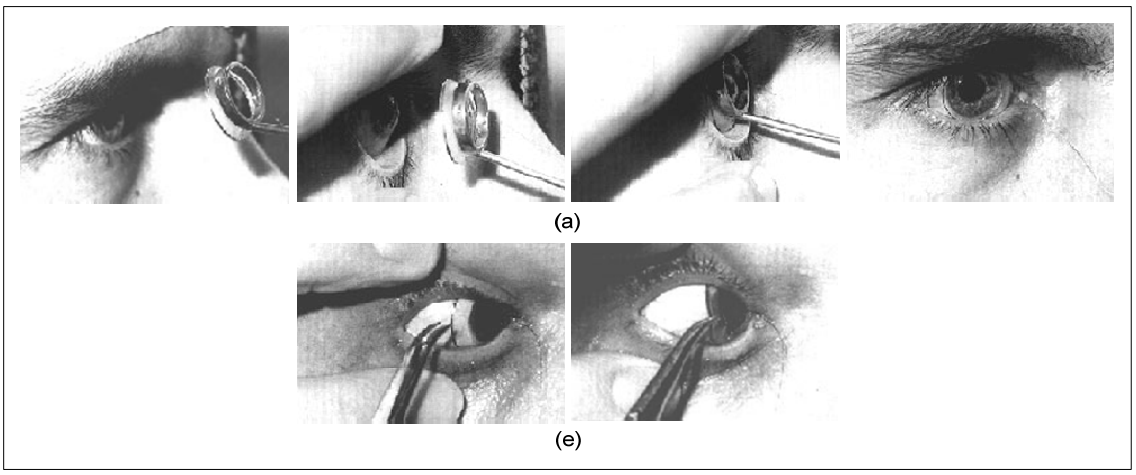


Figura 2 – a) procedimento de instalação da lente de contato no olho humano; b) procedimento de remoção da lente.
Imagens reproduzidas de www.skalar.nl/index2.html.

Apesar das grandes vantagens desta técnica, os procedimentos especializados de instalação e remoção das lentes no olho humano, apresentados na Figura 2, e o desconforto causado pelo uso das lentes impediram sua grande utilização, permanecendo restrita à medicina e ao estudo de animais, como por exemplo, coelhos (COLLEWIJN, 1976) e gatos (EVINGER; FUCHSV, 1978).

2.2.2 Eletro-oculografia (EOG)

Outra técnica tradicionalmente empregada na implementação de um RO é a eletro-oculografia (EOG). Ao instalar diversos eletrodos de superfície na pele da região próxima ao olho, como mostrado na Figura 3b, esta técnica é capaz de registrar uma diferença de potencial da ordem de alguns micro-volts. Ao movimentar os olhos horizontalmente ou verticalmente, este potencial elétrico medido sofre pequenas variações que são registradas pelo equipamento (Figura 3a) e convertidos em graus representando os movimentos e a posição do olho em relação à cabeça do usuário. (METROVISION, 2008; DUCHOWSKI, 2007; MORIMOTO; MIMICA, 2004).

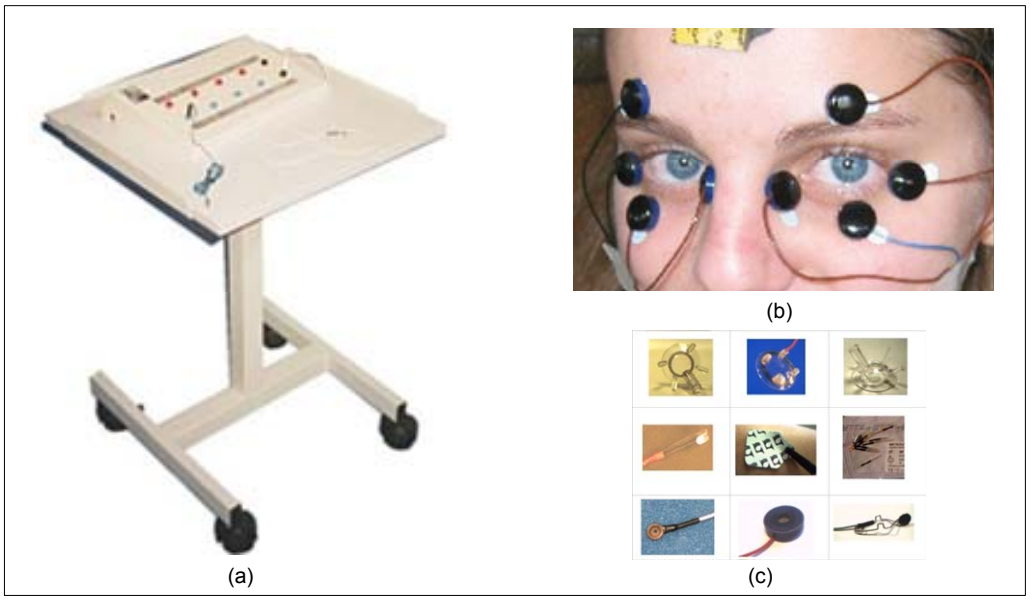


Figura 3 – a) Unidade de gravação eletro-fisiológico; b) usuária de um RO baseado em eletro-oculografia; c) diversos tipos de eletrodo disponíveis para uso pelo RO.
Imagens reproduzidas de www.metrovision.fr.

Esta técnica foi muito utilizada devido a sua simplicidade e disponibilidade. Unidades de gravação eletro-fisiológico (Figura 3a), utilizadas na medição dos potenciais elétricos da pele, são muito semelhantes a equipamentos em encontrados diversas clínicas para realização de exames como eletro-cardiogramas ou eletro-encefalogramas.

Figura 4 – Usuário utilizando o RO do projeto Eagle Eyes.
Imagem reproduzida de www.bc.edu/schools/csom/eagleeyes/.

A simplicidade e disponibilidade da EOG permitem que esta técnica continue sendo utilizada atualmente. Com ela é possível determinar a direção do olhar, e dessa forma tem sido utilizada na construção de ROs de baixo custo para pessoas com deficiências físicas, como ocorre no projeto Eagle Eyes (2008), ilustrado na Figura 4.

Embora continue sendo invasiva, a EOG exige menos conhecimento especializado dos aplicadores quando comparada às técnicas que utilizam lentes de contato e oferece menor risco aos usuários, mas ainda não constitui uma solução razoável quando se espera obter o ponto observado pelo usuário, argumenta Duchowski (2007). A EOG não oferece recursos para estimação da posição da cabeça, o que força o usuário a permanecer completamente imóvel sob pena de invalidar o experimento. Em contrapartida, para pessoas com deficiências físicas que as impedem de movimentar a cabeça, esta técnica ainda se apresenta como uma solução interessante e de baixo custo.

2.2.3 Vídeo-oculografia (VOG)

Diferentemente das duas técnicas apresentadas até agora neste capítulo, a vídeo-oculografia (VOG) não é uma técnica invasiva, ou seja, não exige contato com os olhos, nem com a cabeça[15] do usuário, oferecendo maior conforto durante o uso. Esta técnica se baseia na utilização de câmeras de vídeo que registram imagens dos próprios usuários e são usadas nos processos de detecção da posição dos olhos e de seus movimentos.

O uso das imagens dos usuários para realização do rastreamento do olhar não é algo novo. Antes da VOG, sistemas que utilizavam filmes fotográficos ou outros meios de capturar a luz já haviam sido propostos e implementados. No entanto nenhuma técnica anterior tirou tanto proveito da evolução tecnológica quanto esta. O aumento da capacidade de processamento proporcionada pelos computadores pessoais, o fenômeno da miniaturização de câmeras e componentes eletrônicos, e os avanços vistos no processamento de imagens e em visão computacional criaram o ambiente perfeito para o desenvolvimento de ROs baseados nesta técnica.

A VOG costuma utilizar câmeras de vídeo comuns que operam no espectro visível, ou seja, captam luz composta por freqüências contidas na mesma porção do espectro eletromagnético que pode ser captada pelo olho humano.

Morimoto e Mimica (2004) explicam que a VOG normalmente utiliza alguma propriedade ou característica do olho humano que possa ser detectada através do processamento das imagens de uma câmera de vídeo ou de outro dispositivo ótico. Entre as diversas características existentes encontram-se a cor dos olhos, sua forma e até sua posição. Contudo, a grande maioria das implementações usando VOG utiliza a detecção do limbo ou a detecção da pupila.

---

[15] Apesar da VOG não exigir contato direto com o usuário, algumas implementações de *eye trackers,* desenvolvidos segundo esta técnica, são montadas em óculos ou capacetes que precisam ser vestidos pelos usuários.

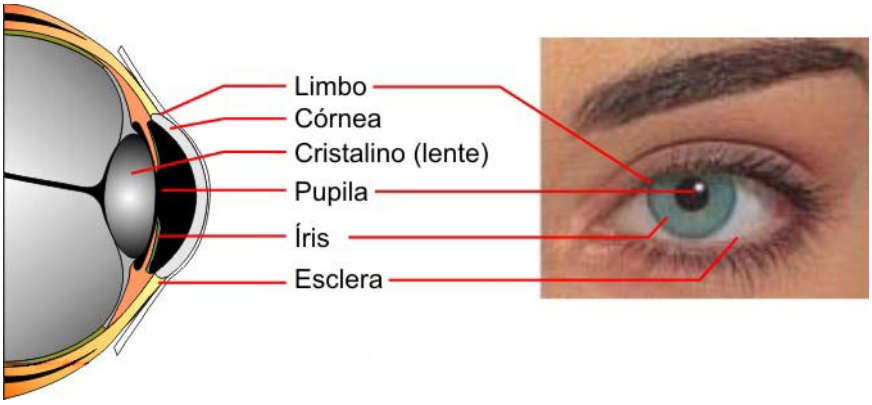


Figura 5 – Representação simplificada do olho humano (imagem adaptada de Civita, 1968).

Como identificado na Figura 5, o limbo é região limite entre a esclera, parte branca do olho, e a córnea, membrana transparente que cobre a íris, parte colorida do olho (CIVITA, 1968, p.597). Devido ao grande contraste de cores das regiões próximas, detecção do limbo pode ser mais facilmente realizada com as imagens de uma câmera de vídeo. Em contrapartida, a detecção do limbo sofre com o fato de que parte desta região permanece constantemente oculta pelas pálpebras, o que pode resultar em perdas de precisão no eixo vertical. A pupila, por outro lado, encontra-se sempre visível[16], mas sua detecção costuma ser mais difícil devido ao baixo contraste entre pupila e íris, região vizinha. (MORIMOTO; MIMICA, 2004).

É interessante notar que uma implementação de um RO pode se basear em ambas as características, tanto na detecção do limbo quanto da pupila, e assim melhorar sua precisão, como propõe Ryan, Duchowski e Birchfield (2008).

Apesar das grandes vantagens desta técnica se comparadas com as técnicas apresentadas nas seções anteriores, atualmente existem poucos ROs baseados em VOG de espectro visível. Esta técnica costuma ser susceptível a variações na iluminação ambiente, o que muitas vezes impede seu uso por longos períodos e exige um grande esforço para manter o nível de luz do ambiente constante. Esta falta de robustez torna difícil a estimação consistente da direção do olhar. Um exemplo de RO baseado nesta técnica é o BioID Eye Tracker (HUMANSCAN, 2008).

---

[16] Exceto durante o piscar dos olhos.

2.2.4 VOG baseada no método centro-da-pupila/reflexão-na-córnea

Atualmente o método mais amplamente empregado na construção de um RO é chamado de método centro-da-pupila/reflexão-na-córnea[17] (PC/CR). Este método, desenvolvido no final da década de 60, utiliza processamento de imagens para detecção da pupila e de feixes de luz refletidos nos olhos das pessoas. (TOBII, 2008).

Como ocorre com a VOG tradicional, este método utiliza câmeras de vídeo para obtenção de imagens do usuário; mas, diferente de sua técnica irmã, a PC/CR trabalha com o espectro de luz infravermelho que não é visível ao olho humano.

ROs baseados no PC/CR utilizam LEDs[18] como fontes de luz infravermelha para estabilizar a iluminação do rosto da pessoa e aumentar o contraste entre a pupila e a íris, facilitando assim sua localização. Por não ser visível, a luz infravermelha não distrai o usuário, nem causa desconforto (MORIMOTO et al., 1999). Existem duas técnicas que são usadas para aumentar o contraste da pupila nas imagens, dependendo no posicionamento das fontes de luz, que são conhecidas como efeito pupila-brilhante e efeito pupila-escura[19].

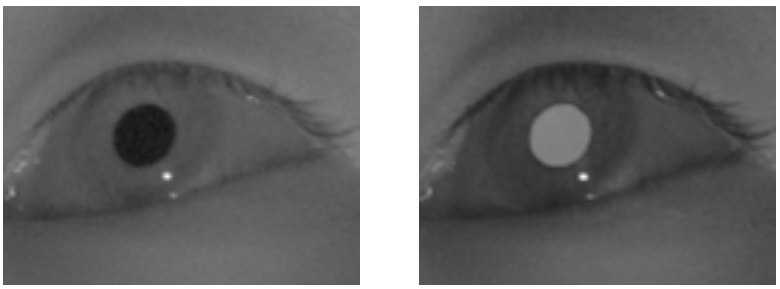
A pupila é um orifício na íris, permitindo que a luz penetre no interior do olho. Quando se instalam fontes de luz próximas ao eixo ótico de uma câmera de vídeo (próximas a sua lente) direcionada para a face usuário, uma parte da luz emitida é refletida no fundo do olho e volta diretamente para a câmera produzindo uma imagem clara da pupila, o que dá origem ao efeito pupila-brilhante (Figura 6b), também conhecido como o efeito do olho vermelho visto em fotografias com flash. Nguyen et al. (2002) esclarece que diferenças étnicas e o uso de lentes de contato são alguns dos fatores que exercem influência na obtenção do efeito pupila-brilhante.

---

[17] Tradução do autor para *pupil-center/corneal-reflection tecnique*.

[18] LED = *Light emitting diode*. Diodo emissor de luz.

[19] Tradução do autor para *bright-pupil image* e *dark-pupil image.*



a b

Figura 6 – a) efeito pupila-escura; b) efeito pupila-brilhante.
Imagens reproduzidas de Morimoto et al. (1999).

Em contrapartida, ao posicionar-se a fonte de luz infravermelha longe do eixo ótico da câmera, a luz refletida no fundo do olho não retorna na direção da câmera sendo perdida. Em seu lugar, o que se obtém é uma imagem com a pupila completamente escura (Figura 6a) e com uma grande diferença no contraste entre a pupila e a íris.

Outro benefício do posicionamento da fonte de luz fora do eixo ótico da câmera é o surgimento nas imagens de um pequeno ponto muito brilhante refletido na superfície da córnea, chamado de *glint* (destacado na Figura 7b). Devido à anatomia quase esférica do olho humano, a posição do *glint* permanece praticamente inalterada diante de movimentos de rotação dos olhos, se tornando um bom ponto de referência no cálculo da rotação da pupila em relação à posição do olho na face.

Na realidade, a estrutura do olho humano reflete a luz em quatro diferentes camadas, como apresentado na Figura 7a. As imagens formadas pela reflexão da luz recebem o nome de Imagens de Purkinje, e são enumeradas de acordo com a camada que originou a reflexão. O *glint*, apresentado na Figura 7b, é gerado pela reflexão na primeira camada, e desta forma identificado na primeira imagem de Purkinje sendo gerado na face mais externa do olho. Embora não seja tão comum, alguns RO são capazes de detectar as reflexões em mais de uma imagem de Purkinje (MORIMOTO; MIMICA, 2004).

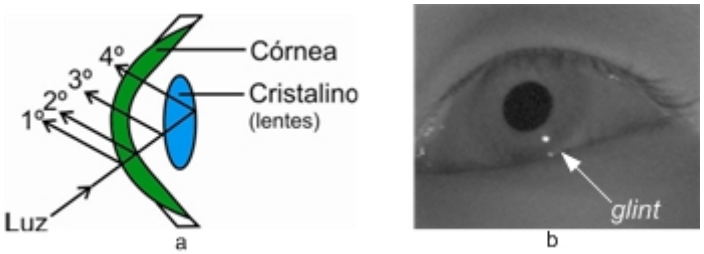


Figura 7 – a) Imagens de Purkinje; b) ponto de luz infravermelha refletida na superfície da córnea: *glint*. Imagens adaptadas de Morimoto et al. (1999).

Atualmente, a maior parte dos ROs comerciais são baseados no método PC/CR, seja utilizando o efeito pupila-brilhante, ou pupila-escura, ou ambos. (TOBII, 2008; SMARTEYE, 2008; SRRESEARCH, 2008; SMI, 2008; LCTECH, 2008; ASL, 2008; SEEINGMACHINES, 2008), e a grande maioria das pesquisas que buscam implementar um RO, descritas na literatura, também utiliza esta técnica (MORIMOTO et al., 1999, 2000; HARO; ESSA; FLICKNER, 2000; ZHU; FUJIMURA; JI, 2002; JI; ZHU, 2002; MORIMOTO; AMIR; FLICKNER, 2002; OHNO; MUKAWA; KAWATO, 2003; OHNO; MUKAWA, 2004; DAUNYS; RAMANAUSKAS, 2004; HENNESSEY; NOUREDDIN; LAWRENCE, 2006; LI; BABCOCK; PARKHURST, 2006). Os métodos baseados no efeito pupila-brilhante e pupila-escura podem ser combinados e assim permitir que praticamente qualquer pessoa seja um usuário do sistema. É importante notar que a precisão desta técnica é determinada principalmente pela precisão com que os algoritmos de processamento de imagens são capazes de determinar as posições do centro da pupila e dos feixes de luz refletidos pela córnea do observador. (TOBII, 2008).

De acordo com Li, Babcock e Parkhurst (2006), o principal problema deste método é que ele não é muito adequado para ambientes externos durante o dia, por sofrer interferências da luz natural, que é composta por luz em diversas faixas do espectro luminoso, incluindo luz no espectro infravermelho.

2.2.5 Determinação do ponto observado

Para a maioria dos pesquisadores interessados no rastreamento do olhar não basta saber a orientação dos olhos do observador em relação a sua face. A maioria das pesquisas atuais tem interesses mais específicos, como quais atributos de uma imagem chamam a atenção dos usuários, que palavras são puladas ou revisitadas durante a leitura de um texto longo, qual a primeira opção do menu vista em determinado sistema, ou se um anúncio patrocinado está realmente chamando a atenção dos usuários.

Com o objetivo de descobrir onde os usuários estão olhando, é necessário o uso de procedimentos de calibração e mapeamento da posição dos olhos dos usuários, disponibilizadas pelas técnicas apresentadas nas seções anteriores, em coordenadas de um monitor ou nos próprios objetos vistos pelos usuários.

A calibração é de fundamental importância para obtenção de bons resultados nos experimentos, como defende a Wikipedia (2008a) em seu tópico sobre rastreamento do olhar: *"Uma calibração precisa e confiável é essencial para obter dados dos movimentos dos olhos válidos e repetíveis…". [tradução do autor]* (WIKIPEDIA, 2008a).

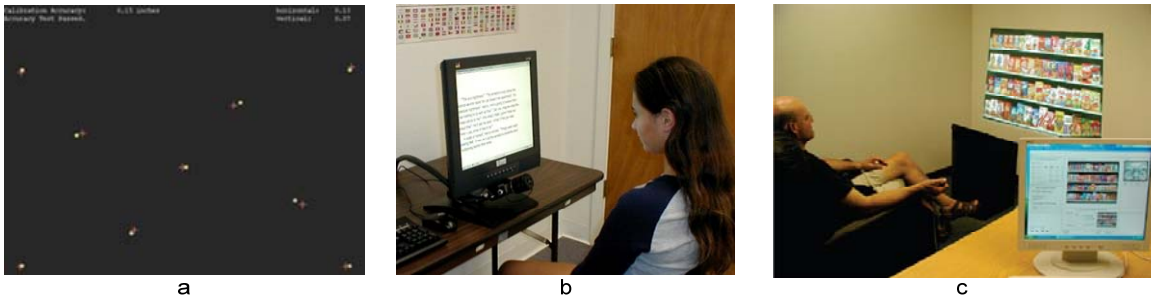
Os procedimentos de calibração são usados para determinar alguns parâmetros que serão necessários para o mapeamento da posição do olho em coordenadas ou objetos. Duchowski (2007) chama este procedimento de calibração externa, pois normalmente é realizado por um software que acompanham os RO comerciais, em contrapartida à calibração interna, que é realizada pela aplicação do próprio pesquisador para verificar a precisão da medida do RO.

Em geral, a calibração externa é constituída por um procedimento simples no qual o observador se posiciona em frente a uma superfície plana, como por exemplo, a tela do computador, e tem que olhar diretamente para um pequeno número de pontos[20],

---

[20] A calibração externa normalmente é realizada com um número de pontos entre dois e nove.

enquanto o RO registra a posição de seus olhos e outras informações disponíveis (Figura 8a).



a b c

Figura 8 – a) pontos usados para calibração externa do RO Eyegaze; b) experimento utilizando mapeamento em 2 dimensões (2D) da tela do computador; c) experimento utilizando mapeamento 2D de uma superfície plana qualquer (estante).
Imagens reproduzidas de LC TECHNOLOGY (2008) (a, b); e ISCAN (2000) (c).

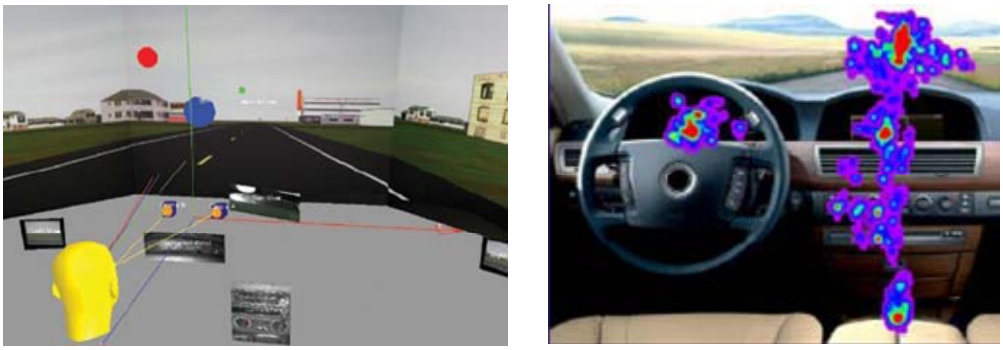
Após a calibração externa, a maioria dos ROs comerciais é capaz de estimar com o ponto observado pelo usuário, desde que este ponto esteja no mesmo plano usado pela calibração. Este mapeamento, conhecido como mapeamento 2D (em 2 dimensões), normalmente é realizado sobre a própria tela do computador, como ocorre na Figura 8b, de forma que a coordenada calculada pelo RO represente a posição da tela observada pelo usuário. Em teoria, os RO podem calibrar e mapear qualquer superfície plana[21], como apresentado na Figura 8c, e dessa forma estimar a posição do olhar em qualquer superfície.

A calibração interna, por sua vez, é um procedimento opcional, porém muito recomendado, que costuma ser realizado no início e no final de uma sessão de uso do RO. Ela é conduzida basicamente da mesma forma que a calibração externa, ou seja, um observador se posiciona na frente de uma superfície enquanto olha diretamente para uma série de pontos, mas, ao invés de estimar parâmetros para mapear as posições dos olhos em posições observadas, a calibração interna verifica se o mapeamento está funcionando corretamente, ou seja, se o cálculo baseado na calibração externa está resultando nos pontos realmente observados, assim é possível identificar o momento de re-calibrar o sistema, ou no caso extremo, indicar que os dados da sessão de teste devem ser descartados. (DUCHOWSKI, 2007).

---

[21] Cada fabricante especifica um conjunto de restrições que devem ser respeitadas durante a condução do experimento.

Neste trabalho será adotado o termo ‘verificação da calibração’ para referenciar o procedimento de calibração interna para evitar ambigüidade de terminologia[22].



a b

Figura 9 – a) Experimento utilizando mapeamento 3D; b) Experimento utilizando mapeamento 2D. Imagens reproduzidas de SEEING MACHINES (2008b) e SMI (2003) respectivamente.

Alguns RO não mapeiam as posições observadas em uma superfície plana como ocorre com o mapeamento 2D. Estes RO utilizam modelos tridimensionais construídos por computador para reproduzir o ambiente onde o usuário se encontra, e desta forma podem utilizar a direção do olhar para identificar os objetos que estão sendo observados pelo usuário levando em consideração aspectos do ambiente como objetos encobertos ou o ponto de vista do usuário. Esta forma de mapeamento, conhecido como mapeamento 3D, é muito valorizada em ambientes imersivos[23] usados em estudos sobre realidade virtual, no qual o usuário é inserido em um cenário artificial gerado por computador, através de equipamentos e softwares especiais, e pode interagir com este ambiente como faria no mundo real. Nestes tipos de aplicação, o rastreamento do olhar tem sido usado tanto como forma de interação, permitindo que o usuário selecione objetos com seu olhar, quanto como forma de economizar recursos computacionais, dedicando maior poder computacional para processar as regiões que estão sendo efetivamente vistas pelos usuários. A Figura 9 exemplifica o uso do mapeamento 3D e do mapeamento do 2D aplicados em dois estudos sobre direção veicular.

---

[22] O termo calibração interna também pode ser usado para referenciar procedimentos de calibração das lentes das câmeras utilizadas por alguns ROs.

[23] De acordo com Wikipédia (2008b), um ambiente imersivo é definido como um cenário artificial e interativo, criado por computador, na qual o usuário simplesmente acredita ser parte.

2.3 TIPOS DE RASTREADORES DO OLHAR

Independente da técnica utilizada para a realização do rastreamento do olhar, os ROs podem ser classificados em duas categorias de acordo com a forma em que são montados.

2.3.1 Dispositivos montados no desktop (DMD) ou remotos

Os primeiros ROs montados no desktop (DMD) eram compostos por máquinas semelhantes aos equipamentos utilizados atualmente em exames oftalmológicos. Os usuários precisavam, praticamente, entrar no equipamento para poder utilizá-lo. Embora estes grandes equipamentos sejam adequados para aplicações clínicas no diagnóstico de defeitos nos olhos e alguns distúrbios cognitivos, eles impõem grandes restrições aos usuários, o que limitou sua utilização por muitos anos.

A principal justificativa para criar estes grandes equipamentos era a necessidade de manter a cabeça do usuário em uma posição absolutamente fixa.

Atualmente, os RO modernos (veja exemplos na Figura 10), baseados no uso de câmeras de vídeo, possuem algoritmos não só para detecção da posição dos olhos das pessoas, mas também para determinar a posição e orientação da cabeça do usuário.

a b c d

Figura 10 – Exemplos de rastreadores do olhar remotos ou montados no desktop.
Imagens reproduzidas de www.smivision.com, www.tobii.com (2 imagens), www.eyetechds.com e www.smarteye.se.

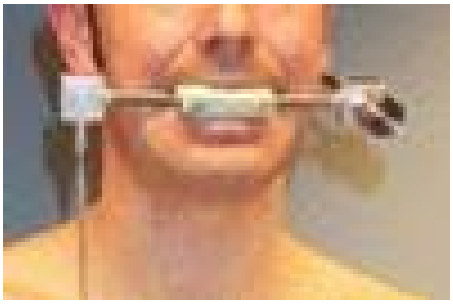
Esta nova característica permitiu o desenvolvimento de sistemas que oferecem maior conforto aos usuários e, assim, permitem sua utilização por períodos mais longos. (MORIMOTO; MIMICA, 2004).

A menor exigência de conhecimentos técnicos demandada pelos RO modernos aliada e a esta menor intrusividade permitiram a disseminação do uso do rastreamento do olhar em áreas como publicidade e ergonomia, como apresenta a Tobii (2008).

> *"A não intrusividade e a facilidade de uso têm sido fatores chave para tirar o rastreamento do olhar dos laboratórios de pesquisa e levá-lo a um uso mais amplo." (TOBII, 2008).*

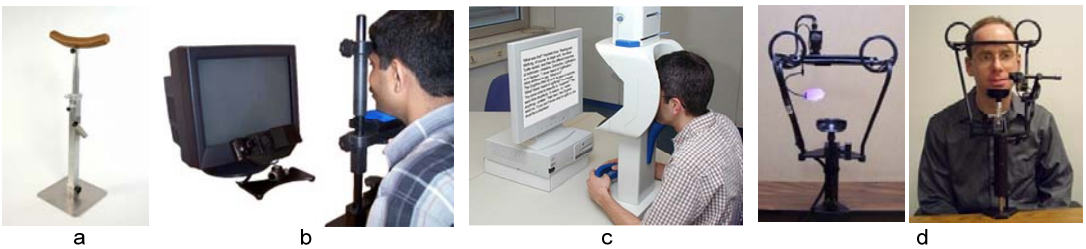
Embora o estado da arte nas tecnologias de rastreamento do olhar tenham praticamente removido as restrições de movimentação do usuário, muitos RO (de baixo custo ou alta precisão) ainda exigem a utilização de alguns dispositivos para limitar os movimentos da cabeça das pessoas.

a



b

Figura 11 – Dois modelos de *bite bars* usados para restringir os movimentos da cabeça do usuário. Imagens reproduzidas de hawaii.naist.jp/research/visual_e.html e kjklab.kaist.ac.kr/research_pic/Bite-bar.gif respectivamente.



a b c d

Figura 12 – Exemplos de descansos de cabeça usados para restringir os movimentos do usuário. Imagens reproduzidas de www.equinebladesdirect.com/product.aspx, www.eyelinkinfo.com, www.smivision.com e www.a-s-l.com (2 imagens).

Dispositivos chamados de *bite bars*, compostos literalmente por partes que devem ser mordidas pelos usuários durante a utilização do RO, apresentados na Figura 11, e descansos de cabeça[24], apresentados na Figura 12, ainda são freqüentemente utilizados em diversos experimentos.

2.3.2 Dispositivos montados na cabeça (HMD)

O primeiro RO montado diretamente sobre a cabeça do usuário foi proposto por Hartridge e Thompson em 1948 e deu origem ao movimento de liberação dos movimentos da cabeça dos participantes em estudos com rastreamento do olhar. (JACOB; KARN, 2003).

Embora os primeiros ROs deste tipo fossem desajeitados e pesados, eles permitiam a instalação de sensores adicionais diretamente na cabeça dos participantes, e assim se apresentavam como uma ótima opção para solucionar o problema da localização da cabeça. Atualmente, podem-se encontrar dispositivos pequenos e leves, que podem ser montados em óculos, capacetes, chapéus, bonés ou qualquer outra coisa que possa ser vestida na cabeça do usuário, como exemplificado na Figura 13.

---

[24] Tradução do autor para *chin rest* (descanso de queixo).

Figura 13 – Exemplos de rastreadores do olhar montados na cabeça.
Imagens reproduzidas de www.smivision.com (a, b), www.eyelinkinfo.com (c), www.a-s-l.com (d) e Babcock e Pelz (2004) (e).

A maioria dos RO montados na cabeça atuais utiliza técnicas baseadas em câmeras de vídeo para estimação da posição dos olhos e do ponto observado tirando vantagem do fato de que a câmera se move praticamente junto com a cabeça do usuário. Na realidade, a movimentação da cabeça gera uma pequena variação da posição da câmera em relação ao olho do usuário, chamado de escorregamento. Este escorregamento normalmente é compensado através do uso de algoritmos especiais, como a proposta de Kolakowski e Pelz (2006).

Figura 14 – Produto de um RO montado na cabeça com câmera de cena: a câmera de cena grava imagens ao redor do usuário e enquanto o RO determina os pontos que estão sendo observados.
Imagens reproduzidas de RYAN; DUCHOWSKI; BIRCHFIELD (2008).

Além dos benefícios obtidos com a liberação dos movimentos de cabeça nos experimentos em laboratórios, a inclusão de uma câmera adicional chamada de câmera de cena, posicionada de forma a gravar imagens no mesmo ponto de vista dos usuários, criou uma nova classe de aplicações representada pelo seu uso em situações reais, sem a necessidade de um laboratório ou ambiente controlado. Através desta nova abordagem, os usuários podem se movimentar livremente por ambientes complexos, como mercados e lojas, e até praticar esportes como tênis (Figura 13a) e golfe, enquanto o equipamento registra imagens ao redor do usuário e os pontos por este observados (Figura 14). (ROTHKOPF; PELZ, 2004; RYAN; DUCHOWSKI; BIRCHFIELD, 2008; SMI, 2008a).

Os dispositivos HMD ainda são muitos usados, sendo freqüentemente empregados em aplicações de realidade virtual que muitas vezes já utilizam óculos especiais.

2.4 CARACTERÍSTICAS DOS RASTREADORES DO OLHAR

Independente da tecnologia utilizada, os ROs podem ser comparados de acordo com um conjunto de características comuns. Dessa forma pode-se analisar objetivamente diversos equipamentos e escolher a melhor opção, estimar qual o grau de confiança para os resultados obtidos em experimentos ou até mesmo estabelecer pré-requisitos para uma determinada aplicação. O autor considera que os ROs possam ser classificados de acordo com as seguintes características: forma de montagem, tipo de dados, taxa de dados, precisão, intrusividade e robustez. Estas características foram escolhidas tendo em vista aspectos importantes para a utilização do rastreamento do olhar em avaliações de usabilidade.

Montagem: a montagem do RO, como apresentando na seção 2.3, pode ser realizada de suas maneiras, montadas na cabeça ou montadas na mesa/desktop. Enquanto para maioria das aplicações esta característica não seja importante, algumas aplicações especiais exigem um tipo específico de montagem.

Tipo de dados: freqüentemente os RO são capazes de disponibilizar informações sobre a posição dos olhos na face, posição da cabeça, ponto observado e diâmetro da pupila. De forma menos freqüente, encontram-se informações como a orientação da cabeça, freqüência de piscadas e até abertura da sobrancelha. Os tipos de dados disponibilizados pelos RO não são padronizados e podem variar em relação a sua unidade ou até mesmo seu significado.

Taxa de dados: também conhecida como freqüência/taxa de amostragem ou de atualização, a taxa de dados representa a velocidade em que os RO disponibilizam as informações. Este número pode variar de menos de 15 Hz até mais de 2000 Hz. Atualmente, a maioria dos ROs entrega dados entre 50 e 60 vezes por segundo.

Precisão: a característica precisão indica o erro associado com a medida do RO. Ela representa erros na medição da rotação da pupila em relação à face, sendo expressa em graus do campo visual, mas também pode ser indicada pela distância em pixels entre a posição medida e a posição realmente observada[25] na tela do computador. Por exemplo, em um experimento típico com um RO remoto, onde o usuário se posiciona a cerca de 50 cm do monitor, um grau de erro é equivalente a 0,87 cm de erro na tela do computador. Se o experimento utilizar um monitor de 17 polegadas com resolução de 1024x768, o erro será de 65 pixels. Alguns RO são capazes de rastrear os dois olhos dos usuários e, assim, procuram aumentar sua precisão e, em alguns casos, permitem o estudo de movimentos vergenciais[26] dos olhos. (SALEM, 2008; CUI; HONDZINSKI, 2006).

---

[25] Esta segunda forma de indicar a precisão é menos aconselhada por sofrer influência de fatores externos ao RO, como a distância entre usuário e tela e sua resolução.

[26] Movimentos vergenciais são os movimentos nos quais os olhos se movem em sentidos contrários, são os movimentos usados para focar objetos a diferentes distâncias.

Intrusividade: a intrusividade é uma característica subjetiva dos ROs que procura representar o nível de desconforto infringido no usuário do equipamento. As técnicas invasivas, que exigem contato direto com o olho, e o estilo de montagem na cabeça aumentam bastante a intrusividade do equipamento, mas mesmo dispositivos baseados em câmeras e de montagem remota podem ser muito intrusivos quando restringem a movimentação da cabeça do usuário com o uso de *bite bars* e descansos de cabeça.

Robustez: talvez a principal diferença entre os RO descritos na literatura e disponíveis comercialmente seja sua robustez diante de períodos longos de uso. Sistemas pouco robustos precisam ser re-calibrados freqüentemente, quebrando a dinâmica dos experimentos e impedindo sua utilização para interação. A robustez também diz respeito ao suporte a diferentes etnias, e pessoas portadoras de problemas de visão que usam óculos ou lentes de contato.

2.5 TAXONOMIA DOS MOVIMENTOS DOS OLHOS

A razão pela qual os seres humanos movimentam seus olhos tão freqüentemente está nas limitações de nosso aparato visual. A retina[27] humana é composta por três regiões com características bem diferentes. A região central da retina é composta pela fóvea, região de alta acuidade visual, que se estende por cerca de 2 graus do campo visual. Envolta à fóvea encontram-se as regiões parafoveal, cobrindo cerca de 5 graus do campo visual com acuidade inferior, e a região periférica que apresenta acuidade visual menor ainda. Dessa forma, para se poder ver um objeto com clareza, precisa-se mover os olhos e posicionar a fóvea sobre este objeto. (RAYNER, 1998).

---

27 "*Retina: Membrana ocular interna, em que estão as células nervosas que recebem os estímulos luminosos, e onde se projetam as imagens produzidas pelo sistema óptico ocular*" (MICHAELIS, 2009)

As informações disponibilizadas pelos RO representando as posições observadas pelo usuário (também chamadas de *points of regard* – POR) freqüentemente são representadas na forma de coordenadas X e Y. A freqüência de atualização da maioria dos RO atuais é de cerca de 50 Hz (em alguns casos este número pode ultrapassar os 2000 Hz) gerando uma imensa massa de dados para ser analisada pelos pesquisadores.

Por outro lado, os seres humanos, assim como a maioria dos primatas, movem seus olhos de acordo com uma combinação de cinco movimentos básicos[28]: sacádicos, de perseguição, vergenciais, de reflexo vestíbulo-ocular[29] e nistagmo optocinético. (DUCHOWSKI, 2007; COSTA, 2007). Assim, os dados do RO podem ser processados e classificados de acordo com o tipo de movimento, simplificando o trabalho de análise e a utilização das informações.

A identificação de alguns destes movimentos requer o uso de ROs extremamente rápidos e precisos, e ainda assim costumam ser úteis apenas em exames clínicos, como para detectar estrabismo ou problemas neurológicos. Dessa forma, ao invés de utilizar os cinco movimentos básicos dos olhos, a maioria das aplicações atuais utiliza uma classificação ligeiramente diferente, onde os dados do RO são separados em sacadas, fixações, perseguições, caminhos percorridos, áreas de interesse, e duração das *gazes*. Esta taxonomia é descrita nas próximas subseções.

---

[28] Os termos usados foram retirados de Costa (2007). Os termos em inglês propostos por Duchowski (2007) são: saccadic, smooth pursuit, vergence, vestibular e physiological nystagmus

[29] O reflexo vestíbulo-ocular é um movimento ocular de reflexo que estabiliza as imagens na retina durante o movimento da cabeça, ao produzir um movimento ocular na direção oposta ao movimento da cabeça. Assim, a imagem é mantida no centro do campo visual. (WIKIPEDIA, 2009)

2.5.1 Posição observada

Pontos observados, ou *points of regard* (POR), são caracterizados pelos dados brutos do RO. Normalmente, estes dados representam as coordenadas X e Y observadas pelo usuário na tela do computador. Elas podem ser gravadas e depois reproduzidas permitindo a visualização dos objetos observados pelos usuários, ou usadas em tempo real para mover o ponteiro do mouse. Freqüentemente são usados na identificação de movimentos mais complexos, como fixações e sacadas.

2.5.2 Sacadas

Sacadas (*saccades* ou movimentos sacádicos) são rápidos movimentos utilizados para reposicionar a fóvea de um ponto de interesse a outro. Em geral divide-se a sacada em duas etapas: na primeira é executado o cálculo da posição final da sacada (o que pode levar até 200 ms), e na segunda é realizada a sacada propriamente dita. Para a maioria das aplicações, pode-se considerar que a sacada é um movimento balístico, ou seja, uma vez iniciada seu destino não pode ser alterado e nem mesmo interrompida. A duração do movimento pode variar entre 10 e 100 ms, e chega a atingir velocidades de até 500 graus/segundo. Acredita-se que a alta velocidade da sacada reduza a acuidade visual. Esta redução faz com que pouca ou nenhuma informação possa ser processada durante este movimento. (DUCHOWSKI, 2007; RAYNER, 1998; SIBERT; JACOB, 2000; POOLE; BALL, 2005).

Normalmente, os movimentos vergenciais e reflexo vestíbulo-oculares são ignorados por esta taxonomia, mas ainda precisam ser diferenciados das sacadas. Eles ocorrem, respectivamente, quando os olhos se movem em direções opostas para mudar a distância focal; e quando movem-se os olhos para compensar movimentos da cabeça ou do corpo, mantendo o foco no mesmo ponto. (RAYNER, 1998).

2.5.3 Perseguição

O movimento de perseguição (*Smooth pursuit*) ocorre quando os olhos do observador seguem um objeto em movimento. Nestes casos, os olhos são capazes de igualar a velocidade e direção do objeto em movimento. (DUCHOWSKI, 2007).

White apud Rayner (1998) adverte que a velocidade da perseguição é destacadamente menor do que a velocidade de uma sacada. Quando um objeto se move muito rapidamente, o observador utiliza sacadas para alcançá-lo.

2.5.4 Fixação

As fixações (*fixations*) são os movimentos dos olhos que estabilizam a imagem de um objeto estacionário na retina. Elas freqüentemente são consideradas como períodos de tempo em que os olhos permanecem completamente parados, mas, na verdade, os olhos nunca ficam realmente parados. O sistema visual humano é sensível ao movimento, assim, se uma imagem for mantida constante na retina ela desaparecerá em cerca de um segundo. (DUCHOWSKI, 2007).

Durante as fixações ocorrem três pequenos movimentos. O primeiro é um tremor constante, conhecido como nistagmo[30]. Acredita-se que estes pequenos tremores estão relacionados com a atividade perceptual, ajudando as células da retina a continuarem trabalhando. Os outros movimentos são conhecidos como escorregamentos (*drifts)* e micro-sacadas, e são ligeiramente maiores que o nistagmo. Os escorregamentos são movimentos lentos e de pequena amplitude, provavelmente ligados a falhas no sistema nervoso de controle. Assim que ocorre um escorregamento, é gerada uma micro-sacada, caracterizada por um movimento

---

[30] "Nistagmo: Oscilação rápida e involuntária do globo ocular ao redor do seu eixo horizontal ou vertical" (MICHAELIS, 2009)

muito rápido, reposicionando o olho na posição desejada. A maioria dos pesquisadores simplesmente descarta estes pequenos movimentos considerando-os como “ruído”. (DUCHOWSKI, 2007; RAYNER, 1998).

De acordo com Irwin apud Duchowski (2007), as fixações duram normalmente entre 150 ms e 600 ms, e 90% do tempo do observador é dedicado à realização de fixações.

2.5.5 *Scanpath*

Scanpaths, ou caminhos percorridos, são seqüências ordenadas de fixações e sacadas. Os caminhos freqüentemente são capazes de desvendar estratégias empregadas pelos usuários para executar uma tarefa.

2.5.6 Área de interesse (AOI)

Áreas de interesse (AOI) são regiões do sistema ou do produto em teste na qual o pesquisador ou a equipe de desenvolvimento possui algum interesse especial.

Na realidade, as AOIs não são identificadas no meio dos dados de POR, elas são usadas para identificar as fixações dos usuários que aconteceram em determinada área importante para o experimento.

2.5.7 Duração da *Gaze*

A duração da *gaze*, ou simplesmente *gaze*, é uma seqüência de fixações consecutivas em uma mesma AOI. Sua duração é obtida pela soma da duração das fixações que a compõem, e sua posição é a posição média destas fixações. Uma *gaze* pode ser composta por diversas fixações e pequenas sacadas, sendo que a primeira fixação que caia fora da AOI marca o fim da *gaze.* As *gazes* também são conhecidas como *dwell-time, glance,* e ciclo de fixações (JACOB; KARN, 2003; POOLE; BALL, 2005).

2.5.8 Identificação de fixações e sacadas

Nos mais diversos campos de pesquisa, o estudo dos movimentos dos olhos costuma ser realizado em termos de fixações e sacadas. Este domínio pode ser identificado nas métricas mais usadas nestas pesquisas, como por exemplo, o número de fixações em uma AOI, velocidade e amplitude da sacada, e assim por diante. Com isso, o processo de identificação das fixações e sacadas é de fundamental importância para o rastreamento do olhar, como expressa Salvucci e Goldberg (2000).

> *"O processo de identificação das fixações – separando e rotulando fixações e sacadas nos protocolos com rastreamento do olhar – é uma parte essencial da análise dos dados dos movimentos dos olhos e pode ter um impacto dramático em análises de alto nível." [tradução do autor]. (Ibid., p. 71).*

Este processo de classificação dos dados de POR em fixações e sacadas pode ser realizado segundo duas abordagens diferentes que, apesar de utilizarem a mesma fonte de dados, costumam apresentar resultados bem diferentes. A primeira abordagem, chamada de "seletora de sacadas", identifica inicialmente as sacadas nos dados brutos e considera suas posições iniciais e finais como fixações. O inverso ocorre na segunda abordagem, chamada de "seletora de fixações", que

identifica as fixações e considera que a distância entre duas fixações consecutivas representa uma sacada. Ainda hoje, muitos RO, que trabalham com taxas de até 60 Hz, são muito lentos para a utilização de algoritmos seletores de sacadas. (KARN, 2000).

A seleção de fixações traduz os dados brutos do RO em tuplas compostas pela posição onde ocorreu a fixação e o tempo que esta durou, e implicitamente esta técnica identifica as sacadas representadas pelas distâncias entre duas fixações. (SALVUCCI; GOLDBERG, 2000; LC TECHNOLOGY, 2008). A identificação de fixações reduz drasticamente o tamanho e a complexidade dos dados do rastreamento do olhar ao remover pontos intermediários das sacadas e agrupar diversos pontos de POR em uma única fixação. Esta redução é possível por duas razões: durante a sacada pouca informação visual é obtida, justificando sua remoção; e os pequenos movimentos dos olhos realizados durante uma fixação têm pouco valor em uma análise de alto nível. (SALVUCCI; GOLDBERG, 2000).

Salvucci e Goldberg (2000) classificam os algoritmos de identificação de fixações segundo uma taxonomia baseada em características espaciais ou temporais dos movimentos dos olhos. Dessa forma os algoritmos podem ser:

- Características espaciais
  - Baseados na velocidade: são algoritmos que utilizam o fato de que a fixação é mais lenta que sacada;
  - Baseados na dispersão: assumem que os pontos observados que compõem uma fixação ocorrem próximos uns dos outros;
  - Baseados na área: são algoritmos que agrupam pontos que caiam sobre uma AOI em uma fixação.
- Características temporais
  - Sensíveis à duração: são algoritmos que utilizam o fato de que as fixações costumam durar mais que 100 ms e menos 400 ms;
  - Adaptativo localmente: são algoritmos que tentam se adaptar aos usuários dinamicamente, de forma que a interpretação de um ponto possa ser influenciada por pontos próximos.

Ainda no trabalho de Salvucci e Goldberg (2000), diversos algoritmos (baseados em limiares de velocidade, redes de Markov e limiares de dispersão, entre outros) são descritos em pseudocódigo e comparados, e a conclusão obtida indica que algoritmos que se baseiam tanto em características temporais quanto espaciais são mais adequados e confiáveis do que outros que se baseiam apenas em uma delas.

Outra abordagem interessante que vale a pena ser mencionada foi apresentada por Puolamäki et al. (2005), em que um filtro é adicionado ao processo de identificação de fixações de forma que o algoritmo tire vantagem de informações do domínio da aplicação, neste caso leitura, e assim permita que as fixações identificadas sejam mais significativas.

2.6 HIERARQUIA DE APLICAÇÕES

Atualmente existe um grande número de aplicações que utilizam o rastreamento do olhar. Duchowski (2002, 2007) divide estas aplicações em duas grandes categorias, chamadas aplicações interativas e aplicações de diagnóstico, como apresentado na Figura 15.

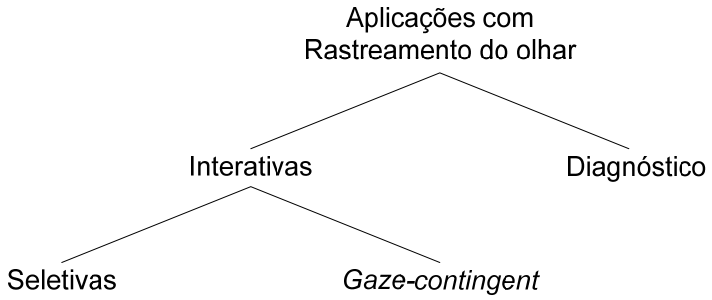


Figura 15 – Hierarquia de aplicações com rastreamento do olhar. Adaptada de Duchowski (2007).

As aplicações interativas utilizam os movimentos dos olhos como um novo dispositivo de entrada, permitindo o desenvolvimento de interfaces comandadas visualmente. Aplicações de diagnóstico, por outro lado, utilizam os dados disponibilizados pelo RO como evidências objetivas, quantitativas ou qualitativas dos comportamentos do usuário. (Duchowski, 2002, 2007).

2.6.1 Aplicações interativas

A evolução das técnicas de rastreamento do olhar que possibilitou a estimação do POR em tempo real também permitiu o surgimento das aplicações interativas com rastreamento do olhar.

Aplicações interativas são aplicações que interagem com os usuários para obter dados e comandos oferecendo retorno imediato (DICTIONARY.COM UNABRIDGED, 2008). Aplicações interativas com rastreamento do olhar simplesmente utilizam os dados dos movimentos dos olhos para obter estas informações, reagindo e informando os usuários sobre os resultados de seus comandos.

De acordo com Duchowski (2002, 2007), a interação com o olhar pode ocorrer de duas formas diferentes. A primeira, chamada de aplicação seletiva, normalmente utiliza os dados do RO para mover um cursor na tela do computador para selecionar objetos, de forma similar ao que ocorre com o dispositivo de apontamento. Esta abordagem é muito interessante no auxílio de pessoas com deficiências físicas, embora ainda sofra com problemas relacionados com a confirmação da seleção (ex.: o clique), e com a precisão (menor do que com dispositivo apontador manual). Alguns trabalhos nesta área foram propostos por Barcelos e Morimoto (2008); Kumar, Paepcke e Winograd (2007); Smith e Graham (2006); Zhang, Ren e Zha (2008) e Zhai, Morimoto e Ihde (1999).

O segundo tipo de aplicação interativa com rastreamento do olhar é conhecido como aplicação *gaze-contingent*. Estas aplicações utilizam a direção do olhar com objetivo de economizar recursos computacionais. Nestes sistemas, o RO é usado de forma passiva, ou seja, conhecendo o ponto observado pelo usuário, o sistema pode escolher aumentar o nível de detalhe e a quantidade de informação desta região, ao mesmo tempo em que degrada as regiões na periferia da visão. Se realizada corretamente, esta degradação realizada na região da visão periférica não deve ser perceptível ao usuário. Esta abordagem é muito interessante para sistemas de

realidade virtual que demandam muitos recursos computacionais. (DUCHOWSKI, 2002).

2.6.2 Aplicações de diagnóstico

As aplicações de diagnóstico constituem a forma mais tradicional de utilização do rastreamento do olhar. Desde os primeiros estudos realizados relacionados com a leitura, esta técnica já foi usada pela oftalmologia, neurociência, psicologia, marketing e ergonomia em estudos envolvendo leitura, percepção de cena, busca visual, e até tarefas naturais, como dirigir um veículo, pilotar uma aeronave ou mesmo lavar as mãos. (Duchowski, 2002, 2007).

A utilização do RO em aplicações de diagnóstico disponibiliza evidências de natureza objetiva dos comportamentos do usuário ao utilizarem sistemas computacionais ou manipularem objetos. Geralmente neste tipo de aplicação, os movimentos dos olhos são gravados e posteriormente analisados a procura de comportamentos que justifiquem as ações dos usuários.

Em testes de usabilidade, por exemplo, que são o objetivo desta pesquisa, a inclusão do rastreamento do olhar no processo de avaliação pode melhorar a capacidade de observação das estratégias dos usuários. (GOLDBERG; KOTVAL, 1999).

3 AVALIAÇÃO DE USABILIDADE COM RASTREAMENTO DO OLHAR

> ***"Usabilidade*** *é um termo usado para definir a facilidade com que as pessoas podem empregar uma ferramenta ou objeto a fim de realizar uma tarefa específica e importante. A usabilidade pode também se referir aos métodos de mensuração da usabilidade e ao estudo dos princípios por trás da eficiência percebida de um objeto". (WIKIPEDIA, 2009b).*

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o termo usabilidade pode ser definido como a "*medida na qual um produto pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso*". (NBR9421-11, 2002).

A avaliação de usabilidade tem, dessa forma, o objetivo de medir o quanto um produto pode ser usado por uma pessoa com eficácia, eficiência e satisfação. Para tanto, vários métodos podem ser usados. O relatório técnico ISO-TR-16982 (2002) descreve os métodos tradicionalmente usados, que são resumidos na Tabela 2

Tabela 2 – Métodos tradicionais de avaliação de usabilidade[31] (continua) (ISO-TR-16982, 2002)

NOME DO MÉTODO	ENVOLVIMENTO DIRETO DOS USUÁRIOS	BRÉVE DESCRIÇÃO DO MÉTODO
Observação dos usuários	SIM	Coleta precisa e sistemática de informações sobre o comportamento e desempenho dos usuários, no contexto de tarefas específicas durante a atividade do usuário.
Medidas relacionadas com desempenho	SIM	Coleta de medidas de desempenho quantificáveis para compreender o impacto de questões de usabilidade
Análise de incidentes críticos	SIM	Coleta sistemática de eventos específicos (positivos ou negativos)
Questionários	SIM	Método de avaliação indireta que reúne opiniões do usuário sobre a interface em questionários predefinidos
Entrevistas	SIM	Similar aos questionários com maior flexibilidade, envolve interação direta com o entrevistado
Pensando em voz alta	SIM	Envolve que os usuários verbalizem continuamente suas idéias, crenças, expectativas, dúvidas, descobertas, etc. durante o uso do sistema em teste.

[31] Tradução do autor.

Tabela 2 – Métodos tradicionais de avaliação de usabilidade (conclusão) (ISO-TR-16982, 2002)

Design e avaliação colaborativa	SIM	Método que permite diferentes tipos de participantes (usuários, desenvolvedores de produtos e especialistas em fatores humanos, etc.) colaborem na avaliação ou projeto de um sistema.
Métodos de Criatividade	SIM / NÃO	Métodos que envolvem a elucidação de novas funções de produtos e sistemas, normalmente extraídos de interações em grupo. No contexto da abordagem centrada no ser humano, os membros destes grupos são freqüentemente usuários
Métodos baseados em documentos	NÃO	Exame de documentos existentes por especialista em usabilidade para formar um julgamento profissional do sistema
Abordagens baseadas em modelos	NÃO	Uso de modelos que são representações abstratas dos produtos avaliados para permitir a predição do desempenho dos usuários.
Avaliação por especialistas	NÃO	Avaliação baseada no conhecimento, expertise e experiência prática em ergonomia de um especialista em usabilidade
Avaliação automatizada	NÃO	Algoritmos focados em um critério de usabilidade ou usando sistemas de bases de conhecimento em ergonomia que diagnosticam as deficiências de um produto comparado a regras predefinidas

Os testes de usabilidade, de maneira mais específica, estudam o desempenho de usuários quando submetidos a uma situação na qual tenham que realizar uma ou mais tarefas potencialmente reais, usando uma versão de um sistema sob análise. Testes de usabilidade são descritos com detalhe em Rubin (1994).

Estes testes permitem obter respostas para questões de interesse do projeto. Em geral, estas questões refletem aspectos gerais da usabilidade, tais como o tempo de que o usuário leva para realizar as tarefas e chegar ao seu objetivo, o número de erros do usuário e sua satisfação com o uso do sistema, mas estes testes também podem ser realizados para responder a questões específicas, como a causa de um erro recorrente ou verificar se uma mudança realizada em uma interface aumenta a eficiência dos usuários ao usar o sistema.

O uso do rastreamento do olhar no estudo da interação entre pessoas e computadores tem sido apontado como promissor por mais de 50 anos. Embora tenha surgido no final do século 19 (V. seção 2.1), o rastreamento do olhar encontrou imensas barreiras que dificultaram a disseminação de seu uso. Dificuldades encontradas na operação dos equipamentos, necessidade de

conhecimentos detalhados de seu funcionamento, e altas taxas de rejeição de usuários que não conseguiam ser rastreados (SHNIPKE; TODD, 2000), fez com que muitos pesquisadores rotulassem esta técnica como "*interessante, mas praticamente inútil*". (EWING, 2005, p. 2).

A evolução das técnicas usadas pelo rastreamento do olhar permitiu que muitas destas barreiras fossem gradativamente removidas, e o simples fato de continuar evoluindo sugere que esta técnica ainda tem muito a oferecer para a interação homem-computador, como apontam Jacob e Karn (2003):

> *"Para uma tecnologia ser taxada como 'promissora' por tanto tempo significa tanto boas quanto más noticias. A boa noticia é que provavelmente a tecnologia seja realmente promissora, senão já teria sido descartada. A má notícia é que alguma coisa impediu seu desenvolvimento". [tradução do autor]. (JACOB; KARN, 2003, p.577).*

Atualmente, ROs fornecidos por empresas como a Tobii, Seeing Machines e SensoMotoric (entre outras) são capazes de disponibilizar dados dos movimentos dos olhos de forma rápida e precisa, funcionam com praticamente toda população e podem ser operados por pessoas sem extensivos conhecimentos sobre os equipamentos. Estas características permitiram que o rastreamento do olhar gradualmente fosse incorporado nas avaliações de usabilidade.

O rastreamento do olhar produz evidências conclusivas, mensuráveis e repetíveis, permitindo apresentar provas objetivas dos resultados das avaliações de usabilidade a clientes, designers e desenvolvedores. Esta característica faz desta técnica uma poderosa ferramenta de avaliação que continuará evoluindo e encontrando novos campos de atuação. (EWING, 2005)

Este capítulo apresenta algumas características e métodos relacionados com o uso do rastreamento do olhar na avaliação da usabilidade. Para tanto, a seção 3.1 apresenta as características do protocolo de análise baseado em rastreamento do olhar. A seção 3.2 indica algumas limitações conhecidas desta técnica. Na seção 3.3 são apresentadas diversas métricas que são freqüentemente utilizadas em

experimentos, e por fim, a seção 3.4 apresenta um roteiro para o planejamento de experimentos com rastreamento do olhar.

3.1 PROTOCOLO BASEADO EM RASTREAMENTO DO OLHAR

De acordo com a classificação apresentada na seção 2.6, a avaliação de usabilidade é considerada como uma aplicação de diagnóstico do rastreamento do olhar. Neste tipo de aplicação, os dados do RO costumam ser gravados durante a sessão de teste e posteriormente analisados, à procura de problemas de usabilidade, ou utilizados para verificar alguma teoria cognitiva ou hipótese sobre a IHC.

O protocolo de análise baseado em rastreamento do olhar é considerado um protocolo automatizado de registro de informações, e como outros métodos desta categoria tem a vantagem de não interferir diretamente na interação com o produto avaliado, como apresenta DIX et al. (1998). Como é de se imaginar, dependendo da freqüência de atualização do RO e da duração da sessão de teste, a quantidade de dados disponível para análise atinge proporções gigantescas rapidamente, tornando-se um problema para o pesquisador e exigindo um grande e desgastante trabalho de depuração e análise.

Como forma de simplificar o trabalho dos pesquisadores, os dados brutos do RO freqüentemente são reduzidos através de métodos de identificação de fixações[32].

Em muitos experimentos com este protocolo, os pesquisadores têm como objetivo identificar objetos ou componentes da interface que estão sendo observados, e não coordenadas X Y da tela do computador. Dependendo do domínio da aplicação (como por exemplo, no estudo de figuras e páginas WEB) podemos encontrar na literatura métodos e softwares que realizam este mapeamento (BEYMER; RUSSEL, 2005; REEDER; PIROLLI; CARD, 2001; LANKFORD, 2000), ou, em alguns casos,

---

[32] A identificação das fixações costuma ser realizada através de softwares disponibilizados pelos próprios fabricantes do *eye tracker*.

estes softwares são disponibilizados pelos próprios fabricantes do RO (TOBII, 2008; SMI, 2008). Contudo, para muitas aplicações, este trabalho ainda cabe à equipe que planeja e executa o experimento.

A análise dos dados do RO, segundo Ewing (2005), pode ocorrer de duas maneiras. Na primeira, os dados de um ou mais usuários são apresentados por uma ferramenta gráfica, sob a qual é realizada uma análise qualitativa do que ocorreu durante a interação. Esta análise é mais objetiva do que os métodos tradicionais de avaliação já que se baseiam em uma análise direta dos comportamentos visuais dos usuários e não apenas em suas opiniões ou observações. Na segunda forma, a análise ocorre de maneira quantitativa, ou seja, os dados são usados em sua forma numérica, permitindo a utilização de métodos e testes estatísticos em sua análise.

O próximo desafio do pesquisador será interpretar os dados do rastreamento do olhar, como expressam Jacob e Karn (2003, p.579): *"Como eu, pesquisador de usabilidade, relaciono padrões de fixações com a atividade cognitiva relacionada com a tarefa?" [tradução do autor]*. Este trabalho pode ser realizado segundo três abordagens. (GOLDBERG et al., 2002; JACOB; KARN, 2003; COOKE, 2004).

***Top down* baseada em uma teoria cognitiva:** Na abordagem *top down,* os pesquisadores iniciam o estudo definindo uma teoria cognitiva que possa ser confirmada ou rejeitada a partir do estudo dos movimentos dos olhos dos usuários. Por exemplo, Oyekoya e Stentiford (2004) usam as fixações de um observador para verificar a validade de um modelo de atenção visual[33]; e em Moraveji (2004), a autora usa uma teoria que define que o uso de cores em interfaces gráficas pode aumentar a desempenho do usuário, e usa as medidas das fixações para verificar esta teoria.

---

[33] O modelo de atenção visual de Oyekoya e Stentiford (2004) é uma teoria cognitiva que tenta explicar quais atributos da imagem chamam a atenção do observador.

***Top down* baseada em uma hipótese:** Na falta de uma teoria cognitiva, o estudo *top down* pode ser realizado baseando-se em uma hipótese definida pelos próprios pesquisadores. Por exemplo, "*As pessoas irão ver propagandas com mais freqüência se estas forem colocadas na parte inferior da página*". (JACOB; KARN, 2003, p.579).

***Bottom up*:** Na abordagem *bottom up*, o estudo é realizado sem a definição de nenhuma teoria ou hipótese. Após o experimento, os pesquisadores tentarão extrair dos dados alguma informação que explique o comportamento do usuário. (COOKE, 2004). Exemplos desta abordagem são encontrados em Uwano et. al (2006), na revisão de códigos de programação, e em Bednarik e Tukiainen (2006), na compreensão de algoritmos.

Estas três abordagens são freqüentemente empregadas nos estudos de usabilidade. Enquanto as abordagens *top down* são consideradas mais atrativas por muitos pesquisadores, a falta de uma teoria ou hipótese forte o suficiente muitas vezes leva o pesquisador a utilizar a abordagem *bottom up.* Mesmo quando uma teoria ou hipótese é utilizada, muitos pesquisadores também recorrem à abordagem *bottom up* de forma complementar. (JACOB; KARN, 2003).

3.2 CONTRIBUIÇÕES E LIMITAÇÕES

Ewing (2005), em seu estudo sobre páginas Web, discute as contribuições e limitações dos protocolos baseados em rastreamento do olhar. Segundo ele, um problema comum encontrado pelos profissionais de usabilidade está na dificuldade de apresentar resultados que sejam capazes de convencer aos seus clientes, já que a utilização de metodologias tradicionais muitas vezes só é capaz de oferecer provas de suas análises após longos períodos de re-design e re-desenvolvimento, o que pode levar meses.

Neste cenário, a inclusão do rastreamento do olhar na metodologia de teste tradicional contribui oferecendo uma prova objetiva do resultado da análise, especialmente quando são apresentados vídeos da tela do computador sobrepostos pelas fixações de diversos usuários. O rastreamento do olhar pode ser incluído na avaliação para responder de forma conclusiva algumas perguntas típicas da usabilidade, como *"O que aconteceu durante um evento de ruptura*[34]*?", "Os usuários estão realmente vendo os anúncios?", "O que devo melhorar em meu design?", "Com que eficiência os usuários acham as informações desejadas?"*, entre outras (EWING, 2005).

Grande parte das aplicações com rastreamento do olhar são baseadas em uma hipótese proposta em 1980 por Just e Carpenter, chamada *The Eye-mind hypothesis* ou Hipótese Olho-mente (tradução do autor), que defende que não existe diferença entre o que está sendo observado e o que está sendo processado (WIKIPEDIA, 2008).

> *"A hipótese Olho-mente: O princípio que está na origem da maioria das pesquisas com rastreamento do olhar. Assume que aquilo que uma pessoa está olhando indica no que a pessoa está pensando ou prestando atenção. Registros dos movimentos dos olhos podem, portanto, proporcionar uma evidência dinâmica do local onde uma pessoa está direcionando sua atenção em relação a uma interface visual, como a interface de um sistema computacional". [tradução do autor]. (POOLE; BALL, 2005, p.219).*

Embora esta idéia tenha sofrido grandes críticas, a idéia de que os movimentos dos olhos podem revelar aspectos relacionados com processos cognitivos ainda é muito aceita entre os pesquisadores.

Entre as limitações desta técnica, Ewing (2005) identifica três principais aspectos que devem ser considerados ao realizar um experimento sobre usabilidade com rastreamento do olhar:

---

[34] Evento de ruptura é o nome dado a um evento que gera uma descontinuidade no fluxo da interação. Ao ser encontrado pelo usuário, este evento pode afetar a usabilidade geral do sistema e a experiência em uso por este gerada.

Os dados sofrem influência facilmente. Os comportamentos dos usuários ao utilizar uma interface conhecida são muito diferentes dos comportamentos deste mesmo usuário ao usar a interface pela primeira vez. A primeira utilização da interface pode oferecer muita informação sobre onde o usuário espera encontrar as informações desejadas, entretanto, as utilizações seguintes sofrerão enorme influência do efeito causado pelo aprendizado do uso anterior. Dessa forma, em experimentos com rastreamento do olhar deve-se instruir os usuários com todas as informações necessárias para a tarefa antes que qualquer estímulo seja apresentado. (EWING, 2005).

Diferença entre "ver" e "entender". O rastreamento do olhar é capaz de indicar o caminho percorrido pelos olhos do observador e quais regiões permaneceram em foco, mas não garante que estas posições foram corretamente processadas e entendidas, como expressa Vertegaal (2002).

> *"Apesar das fixações dos olhos proporcionarem algumas das melhores medidas de interesse visual, elas não proporcionam uma medida de interesse cognitivo. Uma coisa é determinar se um usuário observou certa informação visual, mas outra coisa bem diferente é determinar se esta informação foi de fato processada ou compreendida". [tradução do autor]. (VERTEGAAL, 2002, p.59).*

Um exemplo deste problema pode ser encontrado nas imagens de jogos no estilo "Onde está Wally?" (Figura 16), onde o objetivo é identificar um personagem em meio a uma multidão. É comum que os olhos das pessoas passem sobre a informação desejada diversas vezes antes de identificar Wally. Este aspecto torna difícil tirarmos conclusões com análises envolvendo apenas um indivíduo. Por outro lado, podemos realizar análises com grupos de usuários e assim aumentar a confiabilidade dos resultados obtidos. É interessante, também, realizar uma análise que leve em conta o próximo ponto fixado para tentar entender a razão do usuário não ter compreendido a informação. (EWING, 2005).

Figura 16 – Exemplo da diferença entre ver e entender. Capa dos livros “Onde está Wally?” e “Onde está Wally? Uma viagem fantástica 3”. Imagens reproduzidas de www.submarino.com.br.

Uso da visão periférica. Embora uma pessoa não consiga saber exatamente o que se passa na região periférica da visão, ela certamente possui uma boa idéia do que se passa lá. Em geral, as pessoas usam a visão periférica para determinar quais regiões são de seu interesse, e em seguida realizam sacadas para vê-las com clareza[35]. Durante a execução de algumas tarefas, os usuários acabam evitando regiões que julgam sem importância (por exemplo, anúncios e banners) baseando-se apenas na visão periférica, comportamento que não é identificado pelos ROs. (EWING, 2005).

3.3 MÉTRICAS OU MEDIDAS DEPENDENTES

O rastreamento do olhar tem muito a oferecer para os processos de avaliação, seja na verificação da atratividade de uma propaganda comercial, na tentativa de desvendar características comportamentais dos usuários (GOLDBERG et al., 2002), ou mesmo no estudo da concentração e da carga mental demandada por uma tarefa (TATEYAMA; MATSUMOTO; KAGAMI, 2004).

---

[35] Movimento característico originado dos processos cognitivos de baixo nível (orientados a estímulo), como apresentado no Capítulo 2.

Uma etapa fundamental para o sucesso da realização de um experimento com rastreamento do olhar é a escolha de métricas ou medidas dependentes, que deve levar em conta as características e limitações dos equipamentos utilizados e da tarefa que será executada, de forma que cada estudo tenha que ser considerado individualmente. (JACOB; KARN, 2003).

Atualmente existem muitos estudos realizados com rastreamento do olhar, o que contribuiu para a criação de uma grande quantidade de métricas diferentes. Não é raro encontrarmos dois trabalhos utilizando o mesmo termo com significados diferentes. Esta falta de consistência entre os trabalhos, motivo de preocupação de diversos pesquisadores, pode ser expressa nas palavras de Brooke Hallowell apud Vertegaal (2000):

> *"[…] apesar da rica literatura sobre […] pesquisa com rastreamento do olhar, faltam estudos empíricos e teóricos sobre as medidas dependentes. Uma taxonomia das medidas dependentes [...] melhoraria a validade e a consistência das análises, relatórios e da interpretação dos dados dos movimentos dos olhos [...]". [tradução do autor]. Brooke Hallowell apud Vertegaal (2000, p. 60).*

Mesmo quando a métrica utilizada é consistente, pequenas variações nos parâmetros utilizados para identificar as fixações e sacadas podem resultar em grandes diferenças nos resultados da análise. Por exemplo, se considerarmos que a menor fixação leve 50 ms ao invés de 100 ms, o número de fixações medido em uma AOI será absurdamente diferente.

Como expresso por Jacob e Karn (2003), os pesquisadores que desejam utilizar rastreamento do olhar em seus experimentos devem estar cientes destes problemas e dos efeitos das mudanças nos parâmetros. Na falta de uma padronização aceita universalmente, os pesquisadores devem, ao menos, reportar todos os aspectos do experimento em suas publicações, incluindo os equipamentos utilizados, métricas e seus significados, e parâmetros usados na identificação das fixações.

Jacob e Karn (2003) estudaram cerca de 20 trabalhos realizados no período de 1950 até 2003, identificando diversas métricas utilizadas em tarefas envolvendo a busca

de informações visuais, variando desde o uso de instrumentos em aeronaves, simulações de direção veicular e até extração de informações em páginas Web. A Tabela 3 apresenta as métricas mais comuns encontradas neste estudo.

Tabela 3 – Métricas mais comuns em estudos de usabilidade (JACOB; KARN, 2003).

Número de fixações (total)	Número de fixações em cada AOI
Proporção do tempo de gaze em cada AOI	Duração da Gaze em cada AOI
Duração média da fixação (total)	Taxa de fixações (total) (fixações / segundo)

Além da escolha da métrica, devemos tomar cuidado com o significado atribuído a cada métrica. Não é raro encontrarmos dois significados diferentes associados a uma mesma métrica em dois estudos diferentes. Por exemplo, a presença de fixações longas em uma AOI contendo um pequeno vídeo pode ser considerada como sinal de envolvimento do usuário, enquanto fixações de mesma duração sobre um botão podem indicar dúvida sobre a sua função.

Normalmente, as métricas utilizadas nos estudos de usabilidade são definidas de acordo com os termos descritos na taxonomia apresentada na seção 2.5, sendo compostas por fixações, sacadas, *scanpaths*, áreas de interesse e *gazes*. Na Tabela 4 são apresentados exemplos de como estes termos podem ser definidos em experimentos com rastreamento do olhar. Diferenças nos parâmetros usados para definir os termos, ou na própria definição do termo, podem causar grande impacto nos resultados das análises, como apresentado anteriormente nesta seção.

Tabela 4 – Exemplo de definição dos termos usados no cálculo das métricas do rastreamento do olhar

Fixação	São períodos em que os olhos permanecem praticamente parados. Normalmente é definida por dois parâmetros: tempo mínimo necessário para ser considerada uma fixação (ex.: 100ms) e amplitude do movimento máximo aceito (ex.: raio de 50 pixels, quadrado de 40x40 pixels, ou 2 graus), mas também pode ser definida em relação a sua velocidade máxima (por exemplo, menor que 100 graus / segundo), dependendo do algoritmo usado para identificar as fixações.
Sacada	São movimentos rápidos usados para reposicionar a fóvea de um ponto de interesse a outro. Quando são usados algoritmos de detecção de fixação é representada implicitamente pela distância de uma fixação a outra.
AOI	Área de interesse. Região que apresenta alguma característica importante para o pesquisador. É definida pelo próprio pesquisador ou sua equipe e não pelos participantes.
Scanpath	Seqüência ordenada de fixações e sacadas executada pelos olhos do usuário.
Gaze	Seqüência de fixações consecutivas em uma mesma AOI. A duração da *gaze* é obtida pela soma da duração das fixações que a compõem, e sua posição é a posição média destas fixações. Uma *gaze* pode ser composta por diversas fixações e pequenas sacadas, sendo que a primeira fixação que caia fora da AOI marca o fim da *gaze*.

Embora não tão usadas, também podemos encontrar métricas derivadas de variações no diâmetro da pupila, movimentos da cabeça e piscadas de olho (*blinks)* que podem ser obtidos com muitos ROs encontrados atualmente.

As métricas originadas do rastreamento do olhar são muito utilizadas como medida de desempenho na busca de informações (LIN; IMAMIYA, 2004), e se baseia na identificação dos marcadores de busca direta (GOLDBERG et al., 2002), onde sacadas longas, *scanpaths* pequenos e uma área compacta de busca indicam um procedimento eficiente de busca. As próximas seções apresentam diversas destas métricas e seus significados mais comuns encontrados na literatura.

3.3.1 Métricas derivadas de fixações e *gazes*

As métricas derivadas de fixações são sem sombra nenhuma as mais usadas em estudos quantitativos com rastreamento do olhar. Elas podem oferecer uma visão geral sobre o desempenho de uma tarefa, bem como identificar aspectos do uso em pontos específicos de uma interface. Em geral estas métricas são facilmente compreendidas e aceitas pelos pesquisadores, já que se apresentam como uma aplicação muito direta da hipótese olho-mente (seção 3.2).

Embora menos utilizadas, as *gazes* podem dar origem a diversas métricas similares às obtidas com as fixações. Muitas vezes, as métricas derivadas de *gazes* possuem maior significado se comparadas às métricas derivadas diretamente das fixações.

Poole e Ball (2005) e Jacob e Karn (2003) identificaram um grande número de métricas destas categorias. Estas métricas são freqüentemente utilizadas como medida de eficiência de busca de informações, ou indicação de dificuldade na utilização de aspectos da interface. A Tabela 5 apresenta estas métricas, como são obtidas e o como são comumente interpretadas.

Tabela 5 – Métricas derivadas de fixações e *gazes*.(continua)
(POOLE;BALL,2005;JACOB;KARN,2003).

MÉTRICA	DESCRIÇÃO	SIGNIFICADO ASSOCIADO
Número de fixações (total)	Número total de fixações executadas durante uma tarefa	Um alto número de fixações indica busca ineficiente de informação (possivelmente causada por um arranjo inadequado dos elementos da interface).
Duração média da fixação (total)	Soma da duração de todas as fixações dividida pelo número de fixações total	Fixações longas indicam dificuldade na extração de informações na interface.
Densidade espacial da fixação	Dispersão espacial das fixações	Fixações concentradas em uma pequena área indicam busca de informações focada e eficiente, enquanto fixações dispersas indicam busca ineficiente, ou exploratória.
Número de fixações/gazes em uma AOI [A]	Número de fixações realizadas sobre uma AOI	Indicam a importância da AOI para a tarefa ou interface. Outra interpretação é que a AOI é mais perceptível ou mais atrativa que as demais.
Duração da fixação em uma AOI [A]	Duração da fixação em uma AOI	Indica dificuldade de extrair informação da AOI, ou que a AOI é mais envolvente.
Duração da *gaze* em uma AOI [A]	Duração da *gaze* em uma AOI	Usada para verificar quais AOI estão recebendo mais atenção por parte do usuário. Também pode indicar antecipação, quando o usuário observa fixamente uma região da interface aguardando um possível evento.
Mudanças de AOI focadas pela *gaze* [A]	Freqüência com que o usuário desloca sua *gaze* de uma AOI a outra (Mudanças por minuto)	Mostra a dinâmica de alocação da atenção do usuário nas AOI.
Taxa de fixações/*gaze* em uma AOI (freqüência) [A]	Número de fixações em uma AOI dividido pelo total de fixações	Muitas fixações indicam que a AOI é importante para a tarefa.
Taxa de fixações/*gaze* em uma AOI (duração) [A]	Duração das fixações em uma AOI dividida pela duração total das fixações	Durações longas indicam dificuldade de extrair informação da AOI.

Tabela 5 - Métricas derivadas de fixações e *gazes*.(conclusão)

Duração média da fixação/*gaze* em uma AOI [A]	Duração de todas as fixações na AOI dividida pelo número de fixações na AOI	Fixações longas indicam dificuldade na extração de informação da AOI.
Porcentagem de participantes com fixações em uma AOI [A]	Porcentagem de participantes cujas fixações caíram sobre uma AOI	Poucos participantes com fixações em uma AOI indicam que a AOI tem pouca visibilidade.
Tempo para primeira fixação no alvo [B]	Tempo decorrido desde o principio da sessão de teste até que a AOI-alvo receba uma fixação	Períodos curtos até a primeira fixação na AOI-alvo indicam que o artefato tem boas características de visibilidade.
Fixações pós-alvo[B] (*repeat-fixations* ou *post-target fixations*)	Número total de fixações realizadas após a AOI-alvo ter recebido uma fixação	Muitas fixações após a AOI-alvo ter sido vista indica que o alvo tem pouco significado ou visibilidade.
Taxa de fixações no alvo (total) [B]	Número de fixações na AOI-alvo dividida pelo total de fixações	Uma taxa pequena representa uma eficiência de busca pequena.

A) Métricas que exigem a definição de pelo menos uma AOI; B) Métricas que exigem a definição de uma AOI-alvo, ou seja, o sucesso da tarefa depende da localização desta AOI em particular.

Embora grande parte das métricas derivadas de fixações ou *gazes* ter sido propostas há mais de 10 anos, elas ainda são amplamente empregadas, como podemos ver nos trabalhos de Lin e Imamiya (2006), Bednarik e Tukiainen (2006), Moraveji (2004), Pretorius, Calitz e Greunen (2004), Goldberg et al. (2002) e Crowe e Narayanan (2000).

A escolha da métrica, e do significado a ela atribuído, deve levar em conta aspectos da interface e da tarefa executada pelo usuário. Por exemplo, durante a solução de problemas, a duração da fixação pode representar concentração na tarefa; enquanto na busca de informação, a mesma métrica pode indicar dificuldade.

3.3.2 Métricas derivadas de sacadas

As métricas derivadas de sacadas são menos comuns nas avaliações de usabilidade. Acredita-se que durante uma sacada não ocorra processamento cognitivo significativo (seção 2.5.2), e assim este movimento não costuma ser usado como evidência de complexidade ou atratividade de um objeto na interface. Mesmo

assim, as sacadas são muito usadas em diversas aplicações, como por exemplo, no estudo da leitura, onde regressões indicam problemas na compreensão de uma palavra ou frase.

A Tabela 6 apresenta algumas métricas identificadas por Poole e Ball (2005) que são derivadas das sacadas.

Tabela 6 – Métricas derivadas de sacadas. (POOLE; BALL, 2005).

MÉTRICA	DESCRIÇÃO	SIGNIFICADO ASSOCIADO
Número de sacadas (total)	Número de sacadas durante a tarefa	Um número grande de sacadas indica maior quantidade de busca
Amplitude da sacada	Distância entre duas fixações. Normalmente é medida em pixels.	Sacadas longas indicam a existência de itens muito chamativos, ou pistas acentuadas, que desviam a atenção do usuário a regiões distantes. De acordo com Goldberg et al. (2002), sacadas longas também podem indicar que o usuário tem uma boa representação mental da tarefa.
Regressões	Sacadas que voltam a um ponto recentemente visitado.	Indicam a presença de pistas pobres ou sem significado. Em Leitura, indica dificuldade de compreensão de uma palavra ou frase.
Mudanças bruscas na direção das sacadas	Mudanças de direção de mais de 90 graus entre duas sacadas consecutivas	Pode indicar que o objetivo do usuário mudou, ou que o arranjo da interface não corresponde às expectativas do usuário.

Muitas vezes as métricas derivadas em sacadas se misturam com métricas baseadas em *scanpaths.* Por exemplo, a métrica “amplitude da *scanpath”,* formada pela soma das amplitudes das sacadas que compõem o *scanpath*, muitas vezes é chamada de “amplitude da sacada (total)”.

3.3.3 Métricas derivadas de *scanpaths*

Os *scanpath* são muito empregados em análises qualitativas, onde o pesquisador costuma observar diretamente as posições observadas pelos usuários tentando identificar padrões recorrentes, que possam explicar as estratégias utilizadas para o cumprimento de uma determinada tarefa. *Scanpaths* também são usados qualitativamente para identificar a origem de um problema de usabilidade, como

dúvidas na hora de selecionar uma entre duas alternativas ou arranjo ruim da interface expresso por uma grande distância entre dois componentes importantes revistos freqüêntemente.

Um exemplo de aplicação do *scanpath,* é apresentado por Uwano et al. (2006) que estudou o desempenho de estudantes ao revisarem códigos simples de programação. Uwano identificou diversos padrões recorrentes. Entre eles, um padrão chamado de "primeira varredura", no qual os usuários percorriam todo o código nos primeiros segundos da revisão. Analisando este padrão, ele concluiu que os estudantes que dedicavam mais tempo (ou mais atenção) nesta primeira varredura, encontravam os erros no código mais rapidamente.

Embora não tão comum, os *scanpaths* também são usados em avaliações quantitativas, como por exemplo, através das métricas descritas na Tabela 7. (POOLE; BALL, 2005; NAKAMICHI et al., 2006).

Tabela 7 – Métricas derivadas de *scanpaths*. (POOLE; BALL, 2005; NAKAMICHI et al., 2006)

MÉTRICA	DESCRIÇÃO	SIGNIFICADO ASSOCIADO
Duração do *scanpath*	Tempo total gasto por todas as sacadas e fixações do *scanpath*	Um *scanpath* de longa duração indica busca pouca eficiente.
Amplitude/ Comprimento do *scanpath*	Soma das amplitudes de todas as sacadas que compõem o *scanpath*.	Um *scanpath* de comprimento longo pode indicar busca pouca eficiente, representação sem significado ou má organização da interface.
Densidade espacial do *scanpath*	Dispersão espacial das fixações que compõem o *scanpath*.	Densidade espacial pequena indica busca mais direta.
Matriz de transição [A]	Matriz formada pelas AOI que foram visitadas depois (ou antes) da AOI atual. Cada AOI possui uma matriz.	Indica a ordem de visitação das AOIs. Matrizes esparsas indicam busca direta enquanto matrizes densas indicam busca randômica.
Regularidade do *scanpath*	Em algumas tarefas, o caminho percorrido pelos olhos do usuário segue padrões bem demarcados, como por exemplo, durante a leitura quando os olhos se movem constantemente da esquerda para direita.	Uma vez que um *scanpath* recorrente é identificado para uma tarefa, desvios deste caminho podem indicar problemas de falta de treinamento ou arranjo ruim dos componentes da interface.
Razão de fixações por sacadas (duração)	Tempo gasto pelas fixações dividido pelo tempo gasto pelas sacadas de um *scanpath* durante uma tarefa	Uma razão alta indica que mais tempo foi dedicado ao processamento das informações do que para buscar a informação
Velocidade do scanpath (Gaze speed)	Amplitude do *scanpath* dividido pela duração da tarefa	Nakamichi et al. (2006) sugere que a valores altos de velocidade indicam índices ruins de usabilidade (aplicado em páginas WEB)

A) Métricas que exigem a definição de pelo menos uma AOI

3.3.4 Outras medidas

Em geral, o interesse dos pesquisadores no rastreamento do olhar está em sua aplicação na avaliação dos comportamentos visuais dos usuários ao utilizarem um sistema. Entretanto, muitos ROs atuais são capazes de medir outras informações interessantes como a movimentação da cabeça, diâmetro da pupila e até a freqüência do piscar de olhos do usuário.

Enquanto o comportamento visual do usuário é freqüentemente associado a estratégias de busca, dificuldade na extração da informação ou na determinação da importância de um objeto para a interface, estas outras medidas coadjuvantes já foram usadas por muitos pesquisadores na determinação da carga mental de trabalho, nível de stress ou reação emocional do usuário.

Diâmetro da pupila: O diâmetro da pupila é uma medida fisiológica que foi muito explorada como índice de carga mental ou esforço cognitivo. Em geral, dilatações no diâmetro da pupila podem indicar aumento no esforço cognitivo ao realizar uma tarefa. (POOLE; BALL, 2005; JACOB; KARN, 2003). O diâmetro da pupila também já foi relacionado com as respostas emocionais das pessoas. (PARTALA; JOKINIEMI; SURAKKA, 2000).

Freqüência das piscadas: A freqüência das piscadas é uma medida que costuma ser sensível à carga mental de trabalho. Freqüências de piscadas baixas podem ser usadas para indicar uma alta carga de trabalho. (POOLE; BALL, 2005; JACOB; KARN, 2003).

Movimentos de cabeça: Tateyama, Matsumoto e Kagami (2004) estudaram os movimentos dos olhos e da cabeça do usuário durante a leitura. Em seus experimentos procuraram relacionar o nível de concentração do usuário com a redução dos movimentos de sua cabeça durante a atividade.

Embora bem aceitas, estas medidas são pouco utilizadas nas avaliações de usabilidade por sofrerem interferência de diversos fatores externos como a luz ambiente e o nível de cansaço do usuário (principalmente no caso das duas primeiras medidas), e pelas restrições de movimentação da cabeça impostas por muitos ROs, e falta de confirmação dos resultados por outros pesquisadores (no caso da última).

3.4 PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO COM RASTREAMENTO DO OLHAR

A inclusão do RO no teste de usabilidade não altera sua estrutura básica, que freqüentemente é dividida nas etapas de preparação, teste piloto, execução dos testes e análise de resultados. As limitações do equipamento, entretanto, podem afetar diversas escolhas realizadas na preparação do experimento. Esta seção irá apresentar alguns dos aspectos envolvidos no planejamento de um teste de usabilidade e como o RO pode influenciá-los.

O objetivo de todo teste é obter resultados confiáveis e válidos; ele deve ser repetível, ou seja, deve permitir que outros pesquisadores compreendam e reproduzam as mesmas condições do experimento e assim obtenham os mesmos resultados. A confiabilidade do teste representa o *"grau de certeza que o mesmo resultado será obtido se o teste for repetido"* (ROCHA; BARANAUSKAS, 2003, p. 203) e a validade do teste têm como objetivo assegurar que o resultado do teste tenha significado real quando aplicado fora do laboratório, nos produtos e ambientes reais de utilização do produto. (DIX et al., 1998, ROCHA; BARANAUSKAS, 2003; SAURO, 2004, 2006).

A maioria dos experimentos é planejada de acordo com um mesmo formato básico, onde são definidos: objetivos, métodos, participantes, aparato, e tarefas.

3.4.1 Objetivo do teste

O primeiro passo no planejamento do experimento é a escolha de seu objetivo e a sua definição na forma de uma hipótese, ou seja, a decisão exata do que se quer demonstrar. Após a definição da hipótese, normalmente procede-se com a identificação das variáveis que serão manipuladas e das variáveis que serão medidas durante o experimento. Se a identificação das varáveis não for clara é um sinal de que a hipótese está mal formulada e deve ser repensada. (DIX et al., 1998).

Um exemplo de hipótese bem formulada é “Eu acredito que o telespectador mudará de canal se a aplicação interativa travar”. Esta afirmação pode ser facilmente confirmada ou rejeitada e dá uma idéia clara sobre o que deve ser medido (se o usuário mudou de canal) e do que deve ser manipulado (travar propositalmente a aplicação interativa).

O protocolo baseado em rastreamento do olhar não exige que o pesquisador defina hipóteses em seu experimento. Através da abordagem *bottom up* (seção 3.1), o pesquisador pode realizar o experimento e tirar suas conclusões diretamente dos dados. Entretanto, a definição de um objetivo é uma das melhores formas de realizar um bom planejamento e assim obter um bom roteiro de teste.

Muitas vezes uma hipótese não é usada diretamente. Em seu lugar, é formulada uma hipótese nula (H_0), que define o oposto da hipótese original (H). Neste caso, o objetivo do experimento é provar que a H_0 está incorreta e assim gerar indícios de que a H está correta. Normalmente a rejeição da H_0 não implica na confirmação da H, mas certamente aumenta seu suporte, aumentando a possibilidade da H ser verdadeira. (DUCHOWSKI, 2007; DIX et al., 1998).

As hipóteses costumam ser definidas em função de variáveis. Estas variáveis são divididas em duas categorias: as variáveis que queremos medir, chamadas de variáveis dependentes ou métricas; e as variáveis que modificamos durante o experimento, ou variáveis independentes. (DIX et al., 1998).

As variáveis independentes são as características do experimento que modificamos para obter variações nas variáveis que estão sendo medidas. Como exemplos de variáveis independentes estão o estilo da interface de teste, a quantidade de opções na interface, a quantidade de treinamento oferecida, e qualquer outro aspecto que possa influenciar a interação. Quanto mais complexo é o experimento, maior é o número de variáveis independentes. (DIX et al., 1998).

As variáveis dependentes, ou métricas, são as medidas registradas durante o experimento. Idealmente, as variáveis dependentes deveriam variar exclusivamente em função das variáveis independentes.

As métricas podem ser selecionadas para avaliar um produto em função da eficácia, eficiência e satisfação do usuário, como definido pela norma NBR 9421-11 (2002). Exemplos destas métricas são a taxa de conclusão da tarefa, o tempo para concluir a tarefa, e questionários medindo a satisfação do usuário.

Neste ponto as métricas obtidas com o rastreamento do olhar podem ser muito úteis (seção 3.3) permitindo a obtenção de informações sobre o processo sem interferir com o desempenho do usuário. A escolha destas métricas, entretanto, deve levar em conta as características do RO, como sua precisão e sua taxa de dados (seção 2.4).

3.4.2 Métodos experimentais

De acordo com Duchowski (2007), o método usado pelo teste depende de um conjunto de escolhas feitas pelos pesquisadores para atingir o objetivo do teste. Assim, o teste pode ser experimental ou observacional; no laboratório ou em campo; idiográfico ou nomotético; com uma amostra da população, um caso único, ou um estudo de caso; e pode ser realizado entre grupos ou no mesmo grupo.

Experimental ou observacional: O método de conduzir o teste é experimental quando o pesquisador deliberadamente modifica variáveis independentes esperando observar variações nas métricas. O método observacional, por outro lado, não manipula nenhuma variável, apenas observa os usuários durante a interação com o produto ou interface. (Ibid.).

Experimento no laboratório ou em campo: A execução do teste em um laboratório permite um maior controle das condições do teste e da manipulação das variáveis contribuindo para a sua confiabilidade, porém, também pode eliminar parte do contexto de uso no qual as tarefas são realizadas, o que levanta dúvidas sobre a sua validade. O teste em campo, por outro lado, preserva o ambiente de uso do sistema, mas torna difícil a execução de experimentos controlados devido à natureza incerta do ambiente. (Ibid.; DIX et al., 1998).

A decisão sobre o local do experimento deve levar em conta as características do RO*,* como tecnologia usada (seção 2.2) e forma de montagem (seção 2.3). Normalmente os experimentos com rastreamento do olhar são realizados em laboratórios especializados, mas com a redução do tamanho dos dispositivos já podemos encontrar exemplos de testes em campo com veículos instrumentados ou com o uso de dispositivos montados na cabeça do usuário.

Idiográfico ou nomotético: Como apresenta Duchowski (2007, p.160) a distinção entre estas categorias está no estudo de um indivíduo (idiográfico*)* ou de um grupo de indivíduos (nomotético). Com exceção de estudos clínicos, estudos com rastreamento do olhar procuram identificar similaridades nos comportamentos de grandes grupos de pessoas. A capacidade de generalização dos resultados dos testes para grandes populações é um dos pontos chave dos estudos nomotéticos.

Amostra da população, caso único ou estudo de caso: a utilização de uma amostra da população em um teste é realizada com objetivo claro de generalizar os resultados do teste para toda a população. O estudo de um caso único é comum em aplicações clínicas, onde muitas vezes a população alvo do teste é composta por apenas uma pessoa com uma lesão específica. Um estudo de caso é um experimento que não possui uma amostra representativa da população alvo.

Entre grupos ou no mesmo grupo: no método entre grupos os participantes do teste são separados em diferentes grupos, e cada grupo realizará o teste sob uma condição de uso diferente. No método no mesmo grupo, todos os participantes realizam o teste em todas as condições de uso. O primeiro método possui a vantagem de não sofrer com o efeito do aprendizado, enquanto o segundo método exige um menor número de participantes e apresenta maior imunidade às diferenças existentes entre os participantes.

Como apresentado na seção 3.2, os dados obtidos através do rastreamento do olhar são facilmente influenciados pelo efeito do aprendizado, mas também sofrem muita variação em razão das diferenças entre os participantes, sendo que esta decisão deve ser muito bem ponderada.

3.4.3 Escolha dos participantes

O passo seguinte é a escolha das pessoas que participarão do teste. A seleção de usuários deve levar em conta a quantidade de pessoas que realizarão o teste e a representatividade destes usuários em relação à população alvo. O ideal ocorre quando os usuários finais estão disponíveis para realizar os testes do sistema. Caso contrário, o pesquisador deve procurar pessoas com idade, conhecimentos, experiência no uso de computadores, e conhecimentos de domínio equivalentes aos usuários reais. (DIX et al., 1998; ROCHA; BARANAUSKAS, 2003).

Outro fator importante relacionado aos usuários é a quantidade de indivíduos que realizarão o teste. O número de usuários deve ser suficientemente grande de forma que possam representar a população alvo. Muitos autores, como Nielsen (2000) e Dix et al. (1998), indicam um número entre 5 e 10 usuários, mas este valor dependerá do tamanho da população alvo e da precisão desejada para os resultados do experimento.

Nem todos os usuários são gravados com sucesso pelos ROs (SHNIPKE; TODD, 2000; JACOB; KARN, 2003), fatores como etnia e problemas de visão podem afetar a robustez desta ferramenta, e a escolha dos usuários deve levar em conta estas características.

3.4.4 Identificação do aparato

Como visto nas seções anteriores, o RO exerce influência em diversas escolhas dos pesquisadores durante o planejamento do teste. Os equipamentos, ou aparato, usado durante o teste devem ser descritos em detalhes para permitir a reprodução dos experimentos.

Como apresentado por Duchowski (2007), os ROs normalmente são descritos em função de suas características, como a tecnologia usada no seu desenvolvimento (Seção 2.2, ex.: EOG, VOG...), tipo de montagem (seção 2.3, ex.: montado na cabeça ou no desktop), precisão (seção 2.4, ex.: 1 grau), freqüência dos dados (ex.: 50 Hz), faixa operacional (ex.: distância da cabeça até RO = 50 cm) e dispositivos de auxílio como descansos de cabeça, iluminação especial, e etc.

A descrição do aparato não deve ser restrita ao RO. Características dos computadores usados, como tamanho da tela e resolução usada, são muito importantes, e as características dos estímulos gerados, como algoritmos de geração de imagens automáticos, arranjo das páginas, posição de imagens e textos, entre outros também devem ser identificados com algum detalhe para permitir a reprodução dos experimentos.

3.4.5 Seleção das tarefas

As tarefas que farão parte do teste devem ser selecionadas de forma a representar o uso real do sistema. É pouco provável que uma sessão de teste seja capaz de verificar todas as peculiaridades de uma interface, dessa forma, a escolha das tarefas é fundamental para o resultado do teste seja realmente significativo. Maneiras interessantes de selecionar as tarefas podem levar em consideração a freqüência na qual ela é necessária e a sua criticidade. (ROCHA; BARANAUSKAS, 2003).

A escolha das tarefas é ainda mais importante quando o rastreamento do olhar é utilizado. Os movimentos dos olhos podem ser influenciados por estímulos visuais ou pelos objetivos gerais do usuário ao realizar uma tarefa, como apresentado no Capítulo 2. Dessa forma, a natureza da tarefa pode alterar drasticamente os movimentos dos olhos, precisando ser definida com cuidado.

> *"A seleção de tarefas depende de qualquer que seja a atividade humana sendo estudada. Geralmente, os movimentos dos olhos terão relação com qualquer ação em que o participante esteja envolvido, e, portanto, a tarefa visual pode ser bastante específica, e distinta de outras tarefas como, por exemplo 'a visualização livre' de uma obra de arte". [tradução do autor]. (DUCHOWSKI, 2007, p.177).*

Devido à importância para o teste e sua influência sobre as medidas, é importante garantir que os usuários saibam exatamente o que deverão fazer quando interagirem com o sistema, sendo uma boa idéia registrar as tarefas por escrito de maneira clara aos participantes. É interessante, também, oferecer um cenário de uso para a tarefa de forma a inserir o usuário em um contexto de uso real. (DUCHOWSKI, 2007; ROCHA; BARANAUSKAS, 2003).

Como indicado na seção anterior, os estímulos visuais que farão parte da tarefa devem ser bem documentados para permitir a reprodução do teste. Estes estímulos muitas vezes são imagens estáticas, vídeos, páginas WEB, tarefas naturais, etc.

Além destes cuidados, um bom princípio a ser seguido durante a escolha das tarefas, apresentado por Duchowski (2007, p. 178), é o KISS: "*Keep It Short and Simple"*, que em português pode ser traduzido para: mantenha o experimento simples e com curta duração.

Seguindo este princípio, tarefas longas devem ser divididas em diversas tarefas pequenas de poucos minutos. Dessa forma podemos inserir períodos de verificação ou re-calibração do RO entre as tarefas (Seção 2.2.5) e assim contribuir para a validade dos dados. Com experimentos curtos também reduzimos a quantidade de dados para serem analisados.

4 TV DIGITAL INTERATIVA

A TV Digital (TVD) pode ser considerada como uma evolução da TV tradicional na qual as imagens e sons são transmitidos na forma de sinais digitais. O Fórum do SBTVD, responsável pela implantação a TV Digital no Brasil, apresenta a TVD como:

> *"Uma nova tecnologia de transmissão de sinais de televisão, que proporcionará gratuitamente ao telespectador melhor qualidade de imagens e sons e uma série de novos benefícios, tais como ver televisão quando em deslocamento e interagir com os programas". (FORUM SBTVD, 2009a).*

Um dos novos benefícios da TV Digital, conforme expresso acima, é a possibilidade de interagir com os programas de TV. Esta interação é realizada através da TV Interativa (TVi), que também é definida pelo Fórum do SBTVD como:

> *"A televisão interativa é uma forma de televisão onde a participação do usuário pode afetar diretamente o conteúdo que já se encontra disponível ou será transmitido" (FORUM SBTVD, 2009b).*

Na TV Digital Interativa, a participação do usuário é realizada através de aplicações (ou softwares) que são transmitidas junto com o conteúdo de áudio e vídeo da televisão tradicional. Como apresentado na seção 1.1 deste trabalho, o objetivo desta pesquisa de mestrado é aplicar as técnicas de rastreamento do olhar para avaliar a usabilidade deste tipo de aplicação.

Desta forma, este capítulo apresenta brevemente a TV Digital interativa. Para isso é descrita de maneira simplificada a arquitetura funcional do TVD, na seção 4.1. Em seguida, na seção 4.2, são apresentadas algumas características do ambiente de uso da TVi, ressaltando algumas diferenças entre este ambiente e o ambiente de uso do computador pessoal (PC). A seção 4.3 apresenta algumas formas de classificar as aplicações interativas para TVi, utilizando algumas de suas características principais. Por fim, a seção 4.4 apresenta algumas recomendações criadas para orientar o trabalho de quem desenvolve aplicações para TVi.

4.1 ARQUITETURA FUNCIONAL DA TV DIGITAL

De acordo com Kutiishi e Piccolo (2006), os três principais papéis que compõem a arquitetura funcional de uma plataforma de TV digital terrestre são representados pela Figura 17.

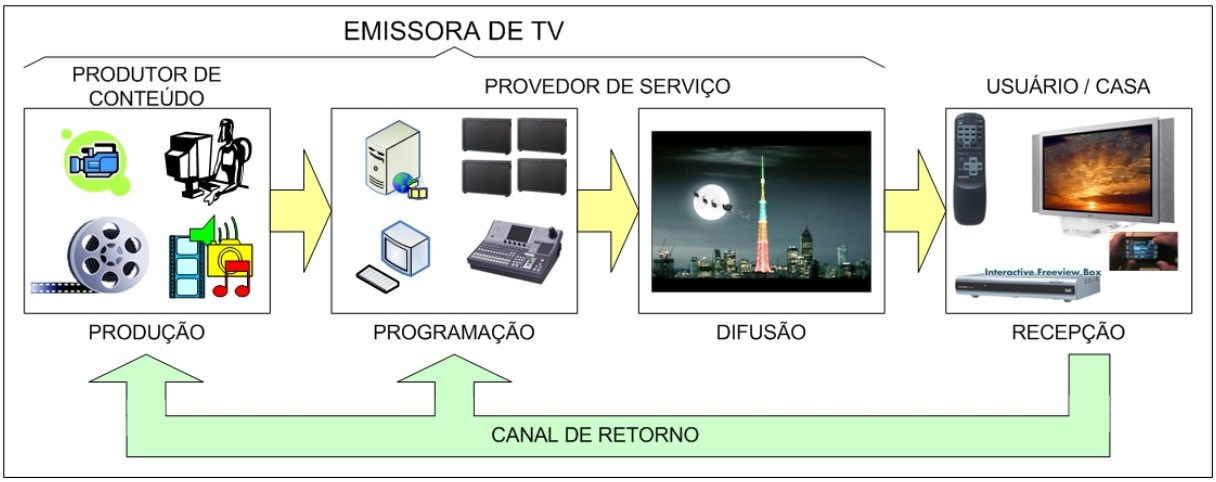


Figura 17 – Arquitetura funcional de uma plataforma de TV Digital terrestre (baseada em KUTIISHI; PICCOLO, 2006)

Como ocorre na TV tradicional, o Produtor de Conteúdo produz programas de TV compostos por sinais de áudio e vídeo. Na TVD, o produtor de conteúdo também é responsável pela criação das aplicações que serão transmitidas junto com o programa de TV permitindo a participação dos telespectadores.

O próximo papel apresentado na Figura 17 é o Provedor de Serviço. Nesta fase, os programas de TV e as aplicações são armazenados em um repositório de dados. Em seguida é definida a ordem de exibição dos programas, chamada de grade de programação. Nesta grade, é indicado o horário de início e fim de cada programa e quais aplicações serão transmitidas junto com ele. Observe que atualmente existem muitos programas ‘ao vivo’ como transmissões esportivas e programas de auditório. Nestes casos, apesar do conteúdo audiovisual não estar gravado no repositório do Provedor de Serviço, a grade de programação indica os horários de exibição e pode vincular uma aplicação interativa existente no repositório com o programa.

Finalmente, na difusão o Provedor de Serviço transmite os programas de TV e as aplicações interativas. Note que, no Brasil, os papéis de Produtor de Conteúdo e Provedor de Serviços são freqüentemente assumidos pelas emissoras de TV.

O último papel é realizado pelo próprio Usuário do serviço e marcado pela Recepção dos conteúdos transmitidos pelo Provedor de Serviço. Nesta etapa, os sinais digitais são recebidos através de um terminal de acesso, também conhecido como conversor digital ou *set-top box,* que pode estar embutido na própria TV.

O conteúdo audiovisual é decodificado pelo *set-top Box* e exibido na TV. E as aplicações interativas recebidas são executadas, permitindo que, além de assistir este conteúdo tradicional, os usuários possam interagir com o programa através do controle remoto.

As aplicações interativas podem até mesmo mandar informações de volta ao Provedor de Serviço ou mesmo ao Produtor de Conteúdo através do Canal de Retorno.

Para os fins desta dissertação, o foco é depositado no último papel apresentado, já que o ambiente e uso de um sistema, neste caso a TV, é um fator conhecido que pode influenciar o resultado das avaliações, como apresentado na seção 3.4.2. Este ambiente é detalhado na próxima seção.

4.2 AMBIENTE DE USO DA TV

A forma mais simples de mudar da TV analógica para a TV Digital consiste na inclusão do terminal de acesso na casa dos telespectadores. A Figura 18 mostra um destes equipamentos, fabricado pela empresa Positivo que converte os sinais digitais da TVD e os apresenta em TVs convencionais

Figura 18 – Terminal de acesso da empresa POSITIVO. Imagem reproduzida de www.submarino.com.br.

Dessa forma, o ambiente de uso da TVi é herdado da TV tradicional, ou seja, um ou mais telespectadores se sentam em um sofá confortável a cerca de dois ou três metros de uma televisão com uma tela grande, e apenas um usuário utiliza um controle remoto para ligar o aparelho, selecionar canais, ajustar o volume ou outra característica disponível. Após esta interação inicial, os telespectadores podem passar horas assistindo a um mesmo programa sem interrupção e com pouca interação adicional com o equipamento.

As aplicações de TVi trazem recursos típicos do ambiente de uso do computador para o ambiente de TV. Dessa forma espera-se intensificar a experiência deste tele-usuário tornando-a muito mais significativa e estimulante.

A Tabela 8 apresenta o resultado de um estudo comparativo entre o ambiente de uso da TV tradicional e do computador pessoal, realizado por Nielsen (1997) no final da década de 90. Note que existem diferenças em diversas dimensões, não só relacionadas com o equipamento (distância/tamanho/resolução da tela e dispositivo de entrada), mas também com a atitude do usuário em relação ao uso do equipamento.

Tabela 8 – Comparação entre o ambiente de uso da televisão e dos computadores [tradução do autor] (NIELSEN, 1997).

	TELEVISÃO	COMPUTADOR
Resolução da tela (quantidade de informação apresentada)	Relativamente pobre	Varia de telas de tamanho médio até potencialmente telas muito grandes
Dispositivos de entrada	Controle remoto e opcionalmente teclados sem fio que são mais adequados para pequena entrada de dados e comandos do usuário	Mouse e teclado posicionados sobre uma mesa numa posição fixa levando a um tempo curto de acesso pelas mãos.
Distância de visualização	Vários metros	Poucas polegadas
Postura do usuário	Relaxado, reclinado	Ereto
Sala	Sala de estar, quarto de dormir (ambientes que tradicionalmente implicam em relaxamento)	Escritório (ambiente que implica trabalho)
Oportunidades de integração com outras coisas no mesmo dispositivo	Vários shows transmitidos	Aplicações de produtividade, dados pessoais do usuário, dados do trabalho.
Número de usuários	Social: muitas pessoas podem ver a tela (freqüentemente, várias pessoas irão estar em na sala quando a TV está ligada)	Solitário: poucas pessoas podem ver a tela (normalmente os usuários estão sozinhos quando usando o computador)
Compromisso do usuário (expectativa)	Passivo: o telespectador recebe o que quer que seja que os executivos do canal decidem por no ar	Ativo: O usuário realiza comandos e o computador obedece

Algumas destas diferenças podem causar um grande impacto no processo de avaliação, sobretudo quando consideramos a utilização de um RO, já que os experimentos com rastreamento do olhar costumam ser realizados em PCs. Algumas destas diferenças são discutidas abaixo, considerando seu impacto em uma avaliação de usabilidade com rastreamento do olhar.

Distância em relação à tela: A primeira diferença notada entre os ambientes de uso é a distância existente entre o usuário e a tela do equipamento. (NIELSEN, 1997; KUTIISHI; PICCOLO, 2006). No PC o usuário costuma ficar entre 50 e 70 cm da tela do computador. Já em relação à TV, esta distância pode variar de 1,5 metros até mais de 3 metros. A precisão do RO costuma ser indicada em graus, representando o erro obtido no cálculo da rotação do olho (seção 2.4), e por esta razão, quanto maior a distância do usuário para a superfície observada, maior será o erro medido

na tela. Entretanto, a gravidade deste erro pode ser minimizada ao utilizar uma TV de tela grande, como pode ser visto na Tabela 9.

Tabela 9 – Cálculo aproximado do erro em pixels para um RO com 1º de precisão e para tela com a resolução de 1280x720 pixels.

TAMANHO DO MONITOR	DISTÂNCIA DE USO	ERRO EM MILIMETROS	ERRO EM PIXELS
19'' WIDESCREEN	60 cm	10,5 mm	33 pixels
19'' WIDESCREEN	2 m	34,9 mm	109 pixels
42'' WIDESCREEN	2 m	34,9 mm	48 pixels
42'' WIDESCREEN	3 m	52,4 mm	72 pixels

Cálculos:

Erro em mm = distância de uso em mm * tan(1 grau)

Erro em pixels = 1280 / tamanho horizontal da tela * erro em mm

(19''→410mm e 42'' → 930mm, medidos em um monitor Samsung SyncMaster 932 BW e em uma TV AOC D42H831)

Postura e assento do usuário: usuários de computador costumam se posicionar de maneira ereta, permanecendo concentrados na tarefa que executam por todo o tempo, mesmo quando envolvidos em atividades de entretenimento. O PC também costuma estar em escritórios ou em salas separadas que sugerem trabalho. Já a TV normalmente é colocada em ambientes que sugerem relaxamento, como salas de estar ou mesmo nos quartos de dormir. O telespectador se posiciona de maneira relaxada, reclinada e muitas vezes deitado, enquanto utiliza os serviços.

A postura do usuário é um fator importante na utilização de RO, já que a movimentação de cabeça freqüentemente implica em erro nas medidas. Ainda assim, é desejável a utilização nos experimentos de um sofá ou poltrona para preservar o ambiente de uso real.

Expectativa do usuário e tipo de interação: A expectativa do usuário ao usar a TV é bem diferente de quando usa o computador, como apontam Nielsen (1997), Kutiishi e Piccolo (2006). O uso do computador é uma atividade individual, na qual o usuário participa ativamente da iteração. Ele requisita freqüentemente novas informações através de poderosos dispositivos de entrada, como teclados e mouses; e as informações são recebidas por demanda e apresentadas em uma tela com alta

resolução com exclusividade ao usuário. O computador pode ser usado tanto para trabalho quanto para lazer, mas o usuário tem a expectativa de sempre iniciar a iteração, ou diálogo, com a aplicação.

Ao usar a TV, por outro lado, o usuário se comporta de maneira predominantemente passiva, ou seja, o equipamento recebe continuamente o que quer que o produtor de conteúdo decida e o telespectador se limita a assistir o que a mídia recebe, sendo muito usada para entretenimento e informação. A necessidade de interação é eventual e quando ocorre é baseada no uso do controle remoto, um dispositivo de entrada considerado pobre. Sobretudo, a experiência de assistir televisão comumente é coletiva, ou seja, diversas pessoas utilizam o equipamento ao mesmo tempo, embora apenas uma possa interagir com ele.

A TVi permite a disponibilização de conteúdo individualizado sob demanda em um ambiente tradicionalmente coletivo e contínuo, originando um outro tipo de conteúdo.

Conteúdo: Nas aplicações usadas no PC, o conteúdo comporta-se de maneira relativamente estática, sendo composto principalmente de textos e fotos, e o usuário possui grande controle sobre o que é exibido. O conteúdo da TV tradicional é basicamente de natureza dinâmica e o usuário não possui nenhum controle sobre ele. A TVi por outro lado promete juntar estes dois modelos de oferta de conteúdo em uma abordagem única.

4.3 CLASSIFICAÇÃO DAS APLICAÇÕES INTERATIVAS

Durante a década de 90 nos Estados Unidos, a TVi tentou juntar TV, e-mail e navegação pela internet em um único aparelho, concorrendo diretamente com a WEB e com os computadores pessoais. Anos depois, a abordagem em relação à TVi sofreu uma grande transformação voltando seu objetivo a tornar a experiência do telespectador mais satisfatória e relevante, através da inclusão de aspectos controlados pelo telespectador. (BARROS, 2006, p.16; LOIZIDES, 2005, p.1).

O termo TVi utilizado neste trabalho se refere a incorporação de conteúdo adicional transmitido em conjunto com os programas de televisão, o que permite algum nível de interação por parte dos telespectadores com o conteúdo exibido, e como sugerido por Barros (2006, p.18), este termo deve ser considerado no seguinte contexto.

- "*seus usos principais são entretenimento e informação*"; (Ibid.)
- "*utiliza o paradigma atual da TV ao invés de tentar modificá-lo radicalmente";* (Ibid.)
- "*estende este paradigma de uma atitude exclusivamente passiva para uma atitude que inclui a possibilidade de escolha, ação e diálogo".* (Ibid.)

Este tipo de aplicação interativa pode ser classificado considerando o relacionamento que possuem com o conteúdo audiovisual, de acordo com a utilização que fazem do canal de retorno ou pela manipulação que realizam com o sinal de vídeo da TV.

4.3.1 Relação com o conteúdo audiovisual

Diversos autores apresentam formas de classificar para as aplicações de TVi em relação ao seu conteúdo e pelos serviços prestados por estas. (FREED, 2000; BARROS, 2006; FILGUEIRAS et al., 2006; BECKER, 2006). Este trabalho utiliza a classificação apresentada por Becker que separa as aplicações em três categorias, de acordo com o tipo de relação mantida com o programa de TV.

- As aplicações podem ser fortemente acopladas com o vídeo, se estiverem diretamente relacionadas com o conteúdo audiovisual. Na realidade, a aplicação torna-se uma expansão do conteúdo televisivo tradicional, reforçando o foco do usuário no programa de TV. Neste tipo de aplicação, também conhecida como TV Expandida (TVe) ou *Enhanced TV*, há um momento exato em que a aplicação precisa ser iniciada e outro em que ela deve ser finalizada. (BECKER, 2006, p.43).

- As aplicações podem ser relacionadas com o vídeo, quando apresentam conteúdo adicional sobre um programa de TV, mas não integram a dinâmica do programa. Elas podem ser iniciadas durante o programa de TV e permanecer disponíveis mesmo após o seu final. (Ibid.). Por exemplo, um programa de culinária pode manter as receitas disponíveis na TVi por todo o dia, ou uma enquete pode permanecer uma semana inteira no ar antes que seu resultado seja apresentado em um programa no fim de semana.

- Por fim, as aplicações podem ser desacopladas do vídeo, não possuindo qualquer relação com o conteúdo audiovisual transmitido pela TV. (Ibid., p.44). Estas aplicações podem ser jogos, e-mail, portais de compra online, etc.

4.3.2 Uso do canal de retorno

As aplicações também podem oferecer diversos níveis de interatividade de acordo com a utilização do canal de retorno. O canal de retorno, ou canal de interatividade, é um meio de comunicação utilizado para o envio de informações do terminal de acesso para a emissora de TV ou provedor de serviços[36]. (KUTIISHI; PICCOLO, 2006).

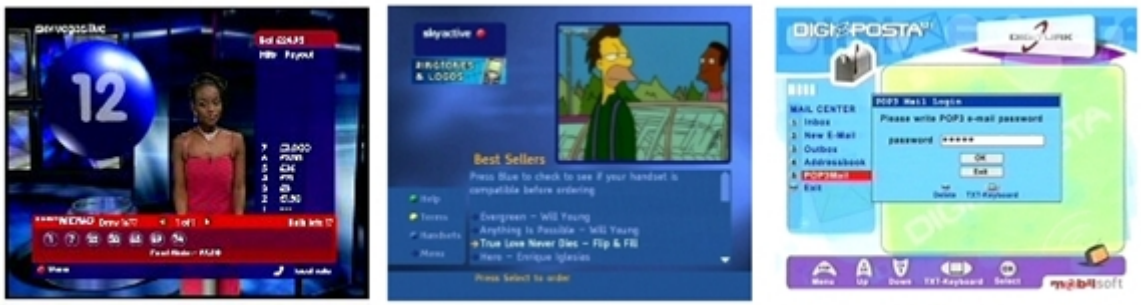
Uma aplicação que não utiliza o canal de retorno em nenhum momento costuma ser classificada como Interatividade Local. As aplicações com canal de retorno intermitente são caracterizadas por estabelecer a conexão apenas em horários pré-determinados (por exemplo: nas madrugadas); e as aplicações com canal de retorno permanente mantêm a conexão durante todo o período de uso. (Ibid., p.10).

---

[36] Em sua forma mais simples, a TV Digital é um meio de comunicação unidirecional, da mesma forma como ocorre com a TV analógica.

4.3.3 Manipulação do sinal de vídeo

Finalmente, é interessante classificar as aplicações de TVi de acordo com a forma com que são apresentadas em relação ao sinal de vídeo: uma aplicação pode ser apresentada sobre o sinal de vídeo diretamente, ocultando parte do vídeo, mas mantendo-o na tela inteira da TV; pode redimensionar ou reduzir o tamanho do sinal de vídeo, muitas vezes ocupando a maior parte da tela, mas preservando a exibição do sinal de vídeo sem sobreposição; ou então, pode ser apresentada em tela cheia, ocultando o sinal de vídeo completamente.



a b c

Figura 19 – a) aplicação inserida sobre o vídeo; b) aplicação redimensionando o vídeo; c) aplicação em tela cheia. (BROADBANDBANANAS, 2008).

A Figura 19 apresenta três exemplos de aplicações que manipulam o sinal de vídeo de acordo com esta classificação. Na Figura 19a, o vídeo é sobreposto à imagem, na Figura 19b o vídeo é reduzido enquanto a aplicação ocupa a maior parte da tela; e por fim na Figura 19c a aplicação remove completamente o vídeo utilizando a tela integralmente.

4.4 RECOMENDAÇÕES DE DESIGN PARA TVi

Apesar das aplicações para TVi serem basicamente softwares dedicados à interação, como apresentado no capítulo 1, existem algumas diferenças entre estas aplicações e as aplicações desenvolvidas para o PC. Dessa forma, autores como Gawlinski apud Piccolo e Baranauskas (2006) e emissoras de televisão como a BBC inglesa (BBC, 2005) definiram um série de recomendações que devem ser aplicadas no desenvolvimento de aplicações para TV sugerindo a utilização correta de cores, fontes, espaçamento na tela e mecanismos de navegação. Esta seção apresenta algumas destas recomendações que põem em evidência diferenças entre os ambientes de execução.

Alinhado com a definição de Barros (2006) para o termo TVi (V. seção 4.3), Chorianopoulos apud Piccolo e Baranauskas (2006) propôs uma série de princípios de design para este tipo de aplicação. Estes princípios são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Princípios de design de interface (PICCOLO; BARANAUSKAS, 2006)

PRINCÍPIO	DESCRIÇÃO
Interação oportunista	A interatividade não deve ser imposta ao usuário, mas deve ser convidativa e permitir ao usuário seu uso mais intenso sob demanda.
Navegação e Seleção de conteúdo	A busca por conteúdo não deve ser tratada como uma busca por informação, mas como uma atividade de exploração descontraída.
Agendamento de entrega de conteúdo	A interface de uma aplicação de agendamento de conteúdo deve sugerir ao usuário explorar novas origens de conteúdos (Internet).
Visão de grupo	A TV deve ser vista como uma mídia coletiva e as aplicações devem possibilitar a interação entre os grupos.
Múltiplos níveis de atenção	Assistir à TV não é uma tarefa que demanda concentração. As aplicações não podem exigir que o usuário esteja focado naquela atividade enquanto participa de uma interação.
Gramática e estética de TV	Elementos gráficos de PC devem ser evitados e elementos de TV como animações e efeitos dinâmicos devem ser preservados.
Conteúdo com contribuição do usuário	Nesse novo paradigma, o usuário também pode ser visto como um produtor de conteúdo e deverá poder realizar comentários, compartilhar e editar conteúdos.
Comunicação de conteúdo enriquecido	O usuário gosta de compartilhar com outros a experiência de um conteúdo assistido. Assim, aplicações devem permitir a comunicação entre grupos de usuários.

Estes princípios orientam o desenvolvedor de aplicações para TVi sobre como estas devem se comportar e sobre expectativas típicas dos usuários deste tipo de mídia.

Considerando a apresentação visual das aplicações, A BBC inglesa (BBC, 2005) propôs diversas recomendações para o desenvolvimento de aplicações interativas para o padrão DVB-T (*Digital Video Broadcasting – Terrestrial* – sistema de transmissão de TV digital europeu). Estas recomendações foram propostas considerando a imagens em definição padrão (PAL: 720 x 576 pixels), diferentemente do SBTVD que pode chegar a 1980x1080 pixels. Quatro destas recomendações são apresentadas a seguir:

Área de segurança: Os aparelhos de TV convencionais são construídos de maneira a priorizar a região central da tela. O tamanho real da tela pode variar ente modelos e fabricantes, de forma que informações colocadas próximas às bordas podem não ser visíveis a todos os usuários. Dessa forma, é comum a definição de linhas imaginárias, chamadas áreas de segurança, que definem a região útil da tela que pode ser vista na maioria dos televisores, como mostra a Figura 20.

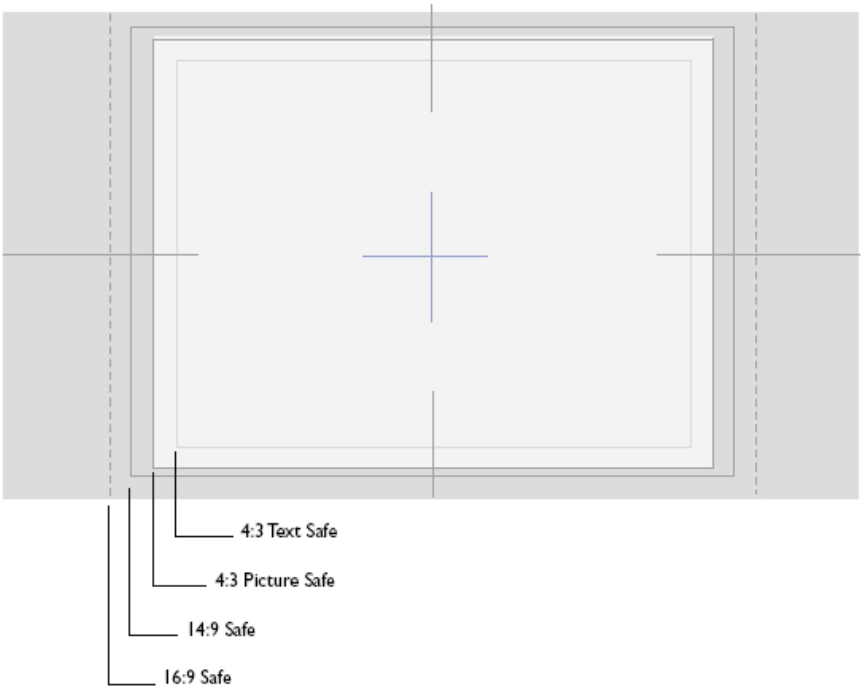
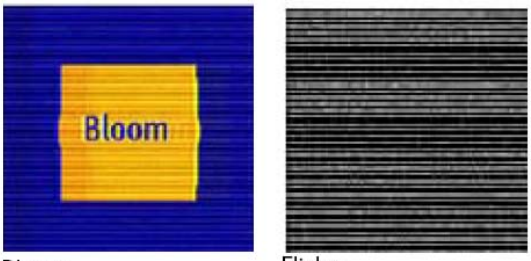


Figura 20 – Áreas de segurança da telas da TV.
Figura reproduzida de IBC (2005).

Televisores modernos, como televisores LCD e de plasma, já são capazes de exibir a tela inteira recebida pelas emissoras de TV, porém a existência de equipamentos antigos ainda exige a definição das áreas de segurança.

Tela: A atualização da tela da TV freqüentemente ocorre segundo o regime conhecido como Entrelaçado enquanto o PC costuma seguir o regime Progressivo. Para compreender o que isso significa vamos supor que para criar a ilusão de movimento[37] é necessário atualizar a imagem da tela pelo menos 50 vezes por segundo. Enquanto no regime progressivo, são atualizadas as 50 imagens inteiras (*frames*) por segundo para criar esta ilusão, no regime entrelaçado, cada uma das 50 imagens é dividida em dois *fields.* Um *field* contém as linhas impares da imagem e o outro contém as linhas pares. Ao invés de mandar as imagens inteiras, é enviado apenas um *field* por imagem, alternando os *fields* impares e pares, o que gera uma grande economia de banda na transmissão e obtém um efeito similar ao regime progressivo.

No regime Entrelaçado, a existência de linhas finas compostas por apenas um pixel irão causar o efeito conhecido como *flicker,* mostrado na Figura 21. O mesmo pode ocorre com caracteres pequenos ou com fontes que não sejam adequadas para TV.



Bloom Flicker

Figura 21 – Formato do pixel do PC e da TV (definição padrão).
Figura reproduzida de IBC (2005).

Outro problema relacionado com a tela da TV é o efeito chamado *Bloom,* visto comumente em transmissões analógicas. Neste caso, mudanças bruscas de contraste podem causar distorção em linhas verticais, como exemplificado na Figura 21.

---

[37] Considerando o olho humano.

Texto: Diversos fatores podem gerar dificuldade na leitura de textos na TV, desde problemas como *flicker* e o *bloom*, apresentados acima, até o próprio tamanho da tela da TV e a distância de uso para o usuário. Dessa forma, a IBC (2005, p.16) oferece uma série de recomendações para melhorar a legibilidade de textos, como por exemplo:

> *"O tamanho dos textos não deve nunca ser menor que 18"*
> *"Textos claros sobre fundo escuro é mais fácil de ler na TV"*
> *"Texto na TV precisa de um espaçamento entre linhas maior..."*
> (IBC, 2005, p.16)

Por fim, a fonte utilizada é fundamental para garantir a legibilidade dos textos. Fontes como Tiresias e Gill Sans são especialmente adaptadas para TV que precisam de fontes mais grossas. Fontes como da família Serif devem ser evitadas por não serem apresentadas adequadamente na TV. A Figura 22 apresenta dois exemplos de fontes: a primeira é uma fonte adequada para a TV e a segunda (abaixo) é um exemplo de fonte que deve ser evitada.

Figura 22 – Fonte adequada para TV (em cima) e de uma fonte que deve ser evitada (em baixo). Figura reproduzida de IBC (2005).

Outras recomendações podem ser consultadas em IBC (2005).

Embora estes princípios e recomendações possam ser usados para melhorar a qualidade das aplicações para TVi, ainda existe a necessidade de testar as aplicações através de avaliações de usabilidade para verificar se estas são adequadas para os usuários finais.

5 AVALIAÇÃO DE PROGRAMAS DE TVi COM RASTREAMENTO DO OLHAR

O objetivo desta pesquisa é estudar o uso da técnica de rastreamento do olhar e aplicá-las na avaliação de usabilidade de programas de TV Digital Interativa.

A partir da experiência profissional do autor na área de TV foram identificadas algumas questões típicas de TV que justificariam uma avaliação de usabilidade. Estas questões foram descritas na forma dos cenários apresentados na seção 5.1, descrevendo a aplicação de métricas obtidas com o rastreamento do olhar na avaliação de aplicações para TVi, e alguns cuidados envolvidos com a escolha destas métricas.

Considerando algumas das questões identificadas nos cenários, foi proposto um experimento para estudar a contribuição do rastreamento do olhar em avaliações de usabilidade em aplicações para TVi. Este experimento não foi criado visando a avaliação de usabilidade das aplicações para TVi, mas sim a comparação dos métodos convencionais de avaliação com métodos baseados no rastreamento do olhar.

Durante o experimento foram investigadas as adaptações necessárias no ambiente de uso da TV tradicional e nos procedimentos experimentais, comumente empregados em testes de usabilidade, para a inclusão do rastreamento do olhar em avaliações de usabilidade. Esta pesquisa resultou na proposta de um ambiente de teste que imita o arranjo de uma sala de estar e assim, procura preservar o ambiente de uso da TV, enquanto possibilita tanto a coleta de medidas proporcionadas pelo rastreamento do olhar como aquelas coletadas em avaliações de usabilidade convencionais.

Este capítulo descreve este experimento em detalhes, assim como o ambiente de teste e os procedimentos envolvidos na sua realização. Conforme exposto acima, na seção 5.1 são apresentados os cenários que motivaram a realização do experimento. Em seguida, na seção 5.2 são apresentadas as questões de pesquisa

que orientaram o planejamento do experimento. Na seção 5.3 são apresentados os materiais utilizados no experimento, e na seção 5.4 são apresentados os métodos empregados.

5.1 CENÁRIOS DE USO DO RASTREAMENTO DO OLHAR NA TVi

A maioria das avaliações de usabilidade realizadas com o rastreamento do olhar descritas na literatura é realizada sobre aplicações com conteúdo em sua maioria estático, como navegação em páginas WEB, avaliação da atratividade de figuras ou relacionadas com a leitura. Muitas destas métricas exigem que pelo menos uma AOI seja definida pelos pesquisadores. Em conteúdos de natureza dinâmica, como o vídeo da TV, a definição de AOIs é difícil já que a imagem apresentada muda constantemente. (SAWAHATA et al., 2008).

Sawahata et al. (2008) expressa esta preocupação em seu estudo que avaliou a compreensão de crianças que assistiam à um programa de TV tradicional (sem interatividade).

> *"A abordagem existente de uso da direção do olhar não pode ser efetivamente empregada para oferecer retorno para o produtor de programas de TV melhorar o conteúdo do programa de TV. Convencionalmente, a maioria das análises baseadas na direção do olhar requer a segmentação de algumas regiões específicas para contar o número de fixações, medir quanto tempo duram as fixações dos indivíduos na área, etc. A segmentação depende do investigador e algumas vezes a alteração da estratégia de segmentação altera os resultados da análise. Não é praticável definir estas regiões manualmente em todos os frames do conteúdo de vídeo, e também as intervenções humanas deveriam ser excluídas para se estabelecer um critério de avaliação objetivo [...]".* (Ibid., p. 1611).

A TVi não é constituída apenas de conteúdos dinâmicos como a TV tradicional. As aplicações interativas podem possuir grande quantidade de conteúdo estático, sendo que em alguns casos podem utilizar apenas este tipo de conteúdo. Desta forma, existe a possibilidade de que as métricas oferecidas pelo rastreamento do olhar propostas na literatura possam ser utilizadas para avaliar este tipo de aplicação.

Alguns exemplos de aplicação do rastreamento do olhar na avaliação de programas de TVi, são apresentados abaixo:

CENÁRIO 1

Dada uma aplicação de TV interativa, um pesquisador pode investigar qual é a importância do conteúdo tradicional[38] em relação ao conteúdo da aplicação interativa utilizando, por exemplo, o número de fixações sobre a janela de vídeo e fora desta (seção 3.3.1). Nesta mesma linha, o pesquisador poderia comparar o comportamento visual do usuário dominante (com o controle remoto) em relação ao passivo (sem o controle) através de uma análise qualitativa dos *scanpaths*.

Neste mesmo cenário, o pesquisador pode examinar se o aumento da janela de vídeo implica no aumento da importância deste conteúdo, ou mesmo estudar se existe diferença na forma em que o usuário utiliza uma aplicação quando esta é executada durante um jogo de futebol ou durante um programa jornalístico.

CENÁRIO 2

O segundo cenário considera um guia eletrônico de TV, no qual um pesquisador está interessado em estudar aspectos relacionados com a leitura da sinopse de um filme. Neste caso, métricas usadas em estudos sobre leitura, como o número de regressões (sacadas que voltam a um ponto recentemente visitado – seção 3.3.2), poderiam ser utilizadas para verificar a dificuldade na compreensão do texto, e assim identificar problemas de redação.

Neste mesmo cenário, se for criada uma AOI para cada palavra, torna-se possível usar a duração média das fixações na AOI, que costuma ser associada com dificuldade na extração de informações (seção 3.3.1), como indicador de dificuldade na leitura de palavras isoladas.

---

[38] Composto apenas pelo áudio e vídeo do programa.

CENÁRIO 3

O terceiro cenário supõe a existência de uma aplicação para busca de notícias que oferece acesso a diversos tipos de conteúdo. A utilização do rastreamento do olhar neste tipo de aplicação poderia ser realizada através do *scanpath* dos usuários ao navegar na aplicação. Dessa forma, o pesquisador poderia compreender melhor o comportamento dos usuários e assim obter dados para adequar a aplicação às suas expectativas.

CENÁRIO 4

Os conteúdos dinâmicos comuns em programas de TV podem dificultar as análises com rastreamento do olhar, como apresentado no início desta seção, entretanto, em alguns casos, é possível definir AOIs sobre este tipo de conteúdo sem exigir tanto trabalho para o pesquisador.

Por exemplo, em um telejornal tradicional, onde o apresentador é enquadrado na imagem da câmera em uma posição praticamente constante, poderia ser definida uma AOI para a face do apresentador, como pode ser visto na Figura 23 (as AOIs são representadas por retângulos vermelhos).

Figura 23 – Imagens de telejornais com AOI definidas sobre os apresentadores (adaptadas de YOUTUBE, 2006, 2007a, 2007b).

CENÁRIO 5

Outro exemplo interessante envolve as propagandas inseridas na imagem durante jogos de futebol, como apresentado na Figura 24. Estes anúncios costumam ser inseridos em momentos pré-definidos e em uma posição

conhecida da imagem, possibilitando a definição de uma AOI, que poderá ser usada para examinar a atratividade ou a visibilidade[39] das propagandas durante o jogo.

Figura 24 – Imagem de um jogo de futebol com patrocínio inserido sobre a imagem. (Adaptada de INTERMULTIMIDIA, 2008).

As métricas baseadas em fixações ou em sacadas são muito usadas para identificar dificuldade na busca de informações ou em sua compreensão, e podem ser consideradas em relação a toda a interface ou em análises de regiões específicas definidas como AOIs.

Os *scanpaths* possuem grande apelo no estudo das estratégias utilizadas pelos usuários ao realizar tarefas em uma aplicação, podendo identificar comportamentos repetitivos e oferecer indícios das expectativas dos usuários.

Outras métricas obtidas através do rastreamento do olhar, que são baseadas na fisiologia humana, como freqüência das piscadas do usuário e as variações no diâmetro da pupila costumam ser usadas como indicador do nível de stress ou da carga mental de trabalho do usuário.

Um fator importante a ser considerado na escolha das métricas é a tarefa realizada pelos participantes do teste. Como apresentado no início do capítulo 2, os olhos do usuário são comandados por processos cognitivos de alto nível, de forma que o objetivo do usuário influencia seu comportamento visual. Por exemplo, considerando a métrica duração da fixação em uma AOI e uma tarefa de navegação no guia

---

39 Visibilidade: Qualidade de visível; Visível: Que pode ser visto; que se vê; perceptível (MICHAELIS, 2009). Usado no contexto de medir a facilidade com que uma propaganda é vista pelos usuários.

eletrônico, poderíamos considerar que fixações longas representam dificuldade ou dúvida na escolha de uma opção do menu. Por outro lado, ao usar esta mesma métrica enquanto o usuário simplesmente assiste à TV, a duração das fixações poderia ser usada como indicador de quanto o usuário está envolvido ou concentrado no programa de TV.

Por fim, a escolha das métricas deve considerar as limitações do RO utilizado, como as apresentadas na seção 2.4, e exemplificada abaixo:

- Tipo de dados: os tipos de dados disponíveis oferecido pelo RO limitam de forma óbvia a escolha das métricas: se não é coletado o diâmetro da pupila, métricas derivadas desta medida não podem ser usadas. Se o RO não calcula a posição observada, apenas medidas que não utilizem AOIs tornam-se viáveis, e assim por diante;
- Taxa de dados: a freqüência com que o RO disponibiliza os dados influencia diretamente nos procedimentos para identificação de fixações em algoritmos baseados em características temporais (2.5.8). Nestes casos, quanto menor for a taxa de dados, maior deverá ser o tempo mínimo definido para a fixação. Por exemplo, assumindo que para verificar se a posição observada está praticamente constante sejam necessárias no mínimo duas medidas de POR sucessivas, um RO que opere na taxa de 30 Hz precisará de pelo menos 33 ms para identificar uma fixação. Já um RO que opere na taxa de 250 Hz consegue identificar fixações de cerca de 4 ms.
- Precisão: Algoritmos para identificação de fixações baseados na dispersão das posições observadas costumam definir a distância máxima entre as posições observadas de uma mesma fixação. Se a precisão do RO for menor do que a distância máxima definida, é provável que as fixações sejam identificadas erroneamente

Embora não afetem as medidas diretamente, as outras características do RO descritas na seção 2.4 também possuem influência nos experimentos. Por exemplo, um RO muito intrusivo, que causa desconforto excessivo nos usuários, pode prejudicar o resultado da avaliação de usabilidade, causando uma experiência negativa. ROs montados na cabeça com câmera de cena não costumam permitir o

mapeamento em função das coordenadas da tela da TV, dificultando o uso de métricas de dependam de AOIs. Por fim, ROs pouco robustos podem apresentar altas taxas de rejeição de usuários (que não podem ser rastreados), ou exigir re-calibrações freqüentes, limitando o tempo das sessões de uso.

5.2 QUESTÕES DE PESQUISA

O roteiro apresentado na seção 3.4 foi usado no planejamento do experimento apresentado neste capítulo, que foi criado em torno de três grandes questões de pesquisa, ou três grandes objetivos:

1) Determinar se o rastreamento do olhar pode ser usado para confirmar, refutar ou explicar hipóteses de usabilidade na avaliação de uma aplicação de TV interativa;
2) Determinar se o protocolo baseado em rastreamento do olhar pode ser usado para substituir métodos tradicionais de avaliação de usabilidade;
3) Determinar se as métricas originadas do protocolo baseado em rastreamento do olhar podem ser:
    a. Associadas com a percepção de atratividade de propagandas;
    b. Associadas com a importância de elementos da tela ou com a dificuldade de certa tarefa;
    c. Usadas para identificar tendências de navegação dos usuários.

O experimento não visa exatamente avaliar a usabilidade de uma aplicação em particular, mas sim compreender melhor o papel do rastreamento do olhar nesta tarefa.

Estas questões de pesquisa não podem ser testadas diretamente com as métricas convencionais ou do rastreamento do olhar, assim, foram propostas hipóteses ou questões de aplicação que possam ser verificadas pelos dados coletados através do teste, e dessa forma seja possível tirar conclusões que nos aproximam dos objetivos desta pesquisa.

Inicialmente foram propostas hipóteses que são importantes para quem desenvolve aplicações interativas para a TV. Estas hipóteses, apresentadas a seguir, possuem grande relação com o conteúdo tradicional da TV (principalmente com o vídeo) e com a colocação de anúncios e propagandas patrocinadas nestas aplicações, já que esta é uma das principais fontes de renda neste mercado. As hipóteses propostas são:

H-1-1) Ao usar uma aplicação interativa ao mesmo tempo em que assiste TV, o usuário perde informações presentes no vídeo da TV.

H-1-2) Ao usar uma aplicação interativa ao mesmo tempo em que assiste TV, o desempenho do usuário na execução de tarefas sobre a aplicação é degradado.

H-1-3) O usuário não notará propagandas inseridas no vídeo da TV enquanto estiver utilizando uma aplicação interativa que redimensiona o vídeo.

H-1-4) Uma propaganda inserida na aplicação interativa é mais atrativa[40] se possuir algum tipo de animação ou movimento, do que se for apresentada apenas como uma figura.

Em seguida, foram propostas hipóteses que possuem relação com o uso do rastreamento do olhar em avaliações de usabilidade realizadas no PC. Um dos objetivos destas hipóteses é estudar a possibilidade de transportar métricas derivadas do RO usadas para avaliar aplicações no PC e seus significados para o ambiente de TV. Estas hipóteses são:

H-2-1) O número de fixações em cada AOI pode ser usado para indicar a importância dos elementos de interação apresentados na tela da aplicação.

H-2-2) A duração média das fixações (total) pode ser usada para indicar a dificuldade na conclusão de uma tarefa.

H-2-3) É possível identificar tendências de navegação dos usuários através dos dados do RO.

---

[40] Atrativo: Atraente; Coisa que atrai (MICHAELIS, 2009).

Estas hipóteses são detalhadas em função de métricas convencionais e do rastreamento do olhar permitindo sua verificação por métodos quantitativos e a realização de uma comparação entre a avaliação de usabilidade convencional e a baseada no rastreamento do olhar. Este detalhamento é apresentado na seção 5.3.3.

5.3 MATERIAIS

Esta seção apresenta todos os recursos necessários para a realização do experimento. Ela inclui não só os recursos materiais, como computadores, equipamentos e documentos, criados ou utilizados para a realização do teste, mas também todos os recursos humanos necessários para a sua realização, como os papéis dos pesquisadores e perfil os participantes. Estes recursos são descritos um a um nas próximas seções.

5.3.1 Papéis dos pesquisadores no teste

Além dos participantes, dois profissionais atuam nos testes:

- Avaliador, que opera o software de coleta de dados e marca o tempo da conclusão de cada tarefa desempenhada pelo participante.
- Moderador, que recebe, informa e instrui o participante, além de propor os cenários e eventualmente dialogar com o participante durante o teste.

Ambos são pesquisadores com formação nas técnicas de usabilidade e devidamente treinados nos cenários de teste e em seus objetivos.

5.3.2 Participantes do teste

Como uma primeira avaliação do uso do RO em testes de usabilidade em TVi, considerou-se conveniente restringir o número de variáveis de perfil dos participantes (usuários), que podem afetar a forma de uso, ao invés de usar uma amostra representativa da população brasileira.

Assim, foram selecionadas pessoas com habilidade no uso de computadores e nível de escolaridade superior, completo ou incompleto, maiores de 18 anos e capazes do ponto de vista civil.

O grupo que participou dos testes foi composto por 30 pessoas, sendo 24 homens e 6 mulheres, com idades entre 19 e 47 anos (média de 25,3 anos de idade). Entre estes usuários 15 possuem nível superior completo de escolaridade enquanto os demais ainda estão em curso.

O grupo é formado por 25 usuários avançados de computador, 4 intermediários e apenas um usuário iniciante[41]. A grande maioria dos usuários (28) sabe o que é TV interativa, embora apenas cinco já a tenha utilizado pelo menos uma vez.

Informações sobre a etnia dos participantes, a cor de seus olhos e problemas de visão foram coletadas para cruzar com casos de mau funcionamento do RO, o que não foi constatado nos experimentos.

O perfil completo dos participantes é apresentado APÊNDICE 1.

---

[41] De acordo com a auto-avaliação dos usuários, presente no questionário pré-teste.

5.3.3 Detalhamento das hipóteses

Como pode ser visto na descrição das tarefas (V. seção 5.3.7), os participantes do experimento são divididos em dois grupos: grupo A desempenha o papel de grupo de controle do experimento e o Grupo B representa o grupo de teste. As tarefas desempenhadas por estes participantes são ligeiramente diferentes, sendo que as principais diferenças são:

- Na ETAPA 2 do teste, os usuários do Grupo B realizam diversas tarefas em uma aplicação interativa enquanto assistem a um jogo de futebol apresentado em uma pequena região da tela da TV. Já no Grupo A, primeiro são realizadas as tarefas e só então o vídeo do jogo é exibido.
- Na ETAPA 3 do teste, aos usuários do Grupo B são apresentadas três propagandas compostas por pequenas animações (seqüências de figuras) enquanto os usuários realizam algumas tarefas em outra aplicação para TVi. Os usuários do Grupo A foram expostos às mesmas propagandas, mas sem animações.

A Tabela 11 apresenta as hipóteses (seção 5.2) que orientaram o planejamento do teste descrito neste capítulo. Estas hipóteses foram detalhadas em função das métricas convencionais e do rastreamento do olhar coletadas no experimento, para facilitar as comparações realizadas durante a análise (Capítulo 6). Nesta tabela é indicado quando a hipótese pode ser verificada apenas por métodos convencionais (marcadas pelo código CONV), ou se depende de medidas obtidas através do rastreamento do olhar (marcadas pelo código RO).

Tabela 11 – Detalhamento das hipóteses testadas. (continua).

COD.	HIPÓTESES PROPOSTAS	MÉTODO
H-1-1	Ao usar uma aplicação interativa ao mesmo tempo em que assiste TV, o usuário perde informações presentes no vídeo da TV	-
H-1-1-a	O grupo de controle será capaz de responder corretamente um número de questões maior do que o grupo de teste	CONV.
H-1-1-b	O número de fixações sobre o vídeo tem correlação com o número de questões respondidas corretamente	RO

Tabela 11 – Detalhamento das hipóteses testadas. (conclusão).

H-1-1-c	A duração média das fixações sobre o vídeo tem correlação com o número de questões respondidas corretamente	RO
H-1-1-d	A freqüência com que o usuário alterna o foco de sua visão entre a aplicação e o vídeo possui correlação com o número de questões respondidas corretamente	RO
H-1-2	Ao usar uma aplicação interativa ao mesmo tempo em que assiste TV, o desempenho do usuário na execução de tarefas sobre aplicação é degradado.	-
H-1-2-a	O grupo de controle será capaz de realizar as tarefas mais rapidamente do que o grupo de teste	CONV
H-1-2-b	O grupo de controle será capaz de completar mais tarefas com maior taxa de sucesso do que o grupo de teste	CONV
H-1-2-c	O grupo de controle realizará menos erros com o controle remoto do que o grupo de teste	CONV
H-1-2-d	Existe correlação entre as métricas convencionais coletadas (número de erros no controle remoto, tempo para completar a tarefa, e a quantidade de tarefas completadas com sucesso), e as métricas do RO (número de fixações – total e a duração das fixações – total)	RO
H-1-3	O usuário não notará propagandas inseridas no vídeo da TV enquanto estiver utilizando uma aplicação interativa que redimensiona o vídeo	-
H-1-3-a	O número de pessoas do grupo de controle que se lembrará do anunciante que aparece no vídeo será maior do que o número de pessoas do grupo de teste que se lembrarão	CONV
H-1-3-b	Os participantes que viram a propaganda irão lembrar seu nome em seguida	RO
H-1-3-c	Usuários com fixações mais longas na propaganda serão capazes de lembrar o nome do anunciante	RO
H-1-4	Uma propaganda inserida na aplicação interativa é mais atrativa se possuir algum tipo de animação ou movimento, do que se for apresentada apenas como uma figura	-
H-1-4-a	O número de pessoas do grupo de teste que se lembrará dos anunciantes que aparecem na aplicação será maior do que o número de pessoas do grupo de controle	CONV
H-1-4-b	Os participantes que viram a propaganda irão lembrar seu nome em seguida	RO
H-1-4-c	As propagandas com animação atrairão mais atenção visual do que as propagandas sem animação	RO
H-2-1	O número de fixações em cada AOI pode ser usado para indicar a importância dos elementos de interação apresentados na tela da aplicação	RO
H-2-2	A duração média das fixações pode ser usada para indicar a dificuldade na conclusão de uma tarefa	RO
H-2-3	É possível identificar tendências de navegação dos usuários através dos dados do RO	RO

5.3.4 Rastreador do olhar

Durante o planejamento do experimento, foi cogitada a utilização de ROs gratuitos descritos na literatura de rastreamento do olhar. Assim, dois protótipos foram implementados pelo autor de acordo com as especificações de dois projetos disponibilizados com código fonte aberto: os projetos openEyes (2006a) e openGazer (2007a, 2007b).

Apesar do esforço, nenhum dos protótipos implementados foi considerado pelo autor como adequado para a realização do experimento. Entre os problemas apresentados, destacam-se baixa taxa de dados capturados, dificuldade de inicialização, restrições muito severas em relação à movimentação da cabeça do usuário e principalmente a baixa robustez no seu funcionamento. O primeiro protótipo (projeto openEyes) exigia freqüentemente o reinicio manual do rastreamento, e o segundo (projeto openGazer) exigia a repetição constante do procedimento de calibração. Detalhes da construção e testes destes protótipos são apresentados no APÊNDICE 9, como contribuição a pesquisadores que desejem implementar um equipamento de rastreamento de olhar.

Dessa forma, foi utilizado no experimento o rastreador do olhar EyeTech TM3 da empresa americana EyeTech Digital Systems (EYE TECH, 2008). Este equipamento é um RO remoto, baseado na técnica de VOG com o método PC/CR usando duas fontes de luz infravermelha para gerar apenas o efeito pupila escura (V. seção 2.2.4). O RO trabalha na taxa de 30 Hz, disponibiliza dados com 1 grau de precisão, e tolera cerca de 10 cm de movimentação da cabeça (V. seção 2.4).

O EyeTech TM3, mostrado na Figura 25, é composto por uma câmera de vídeo combinada com duas fontes de luz infravermelha nas laterais. O rastreamento do olhar é realizado pelo software Quick Glance, que deve ser instalado no mesmo computador em que as aplicações usadas no teste.

Figura 25 – Rastreador do olhar EyeTech TM3 utilizado no experimento. (EYE TECH, 2008).

Apesar de não fazer parte do RO, a posição da TV, o tamanho e a resolução de sua tela exercem grande influência nas medidas do RO. Assim, foi utilizada no experimento uma TV de 42'', posicionada a 2 metros do usuário, e a resolução foi definida em 1280 x 720 pixels, conforme descrito na próxima seção.

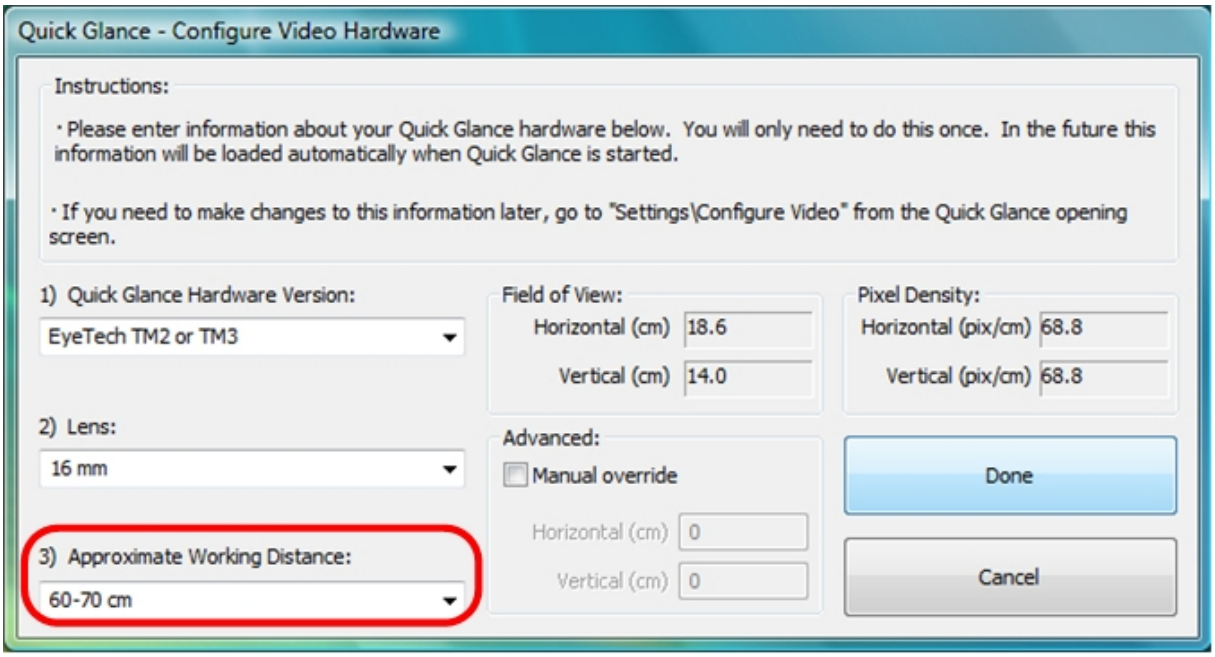


Figura 26 – Modificação da distância de uso para a faixa entre 60 e 70 cm.

Alguns parâmetros do software Quick Glance foram modificados para adequar seu uso ao experimento no ambiente de TV. Em primeiro lugar, a distância de uso foi alterada para um valor entre 60 e 70 cm, como mostrado na Figura 26, facilitando sua integração no ambiente de uso da TV ao permitir que o RO opere a uma distância maior do usuário[42].

[42] A distância de operação padrão do EyeTech TM3 é de 50 a 60 cm.

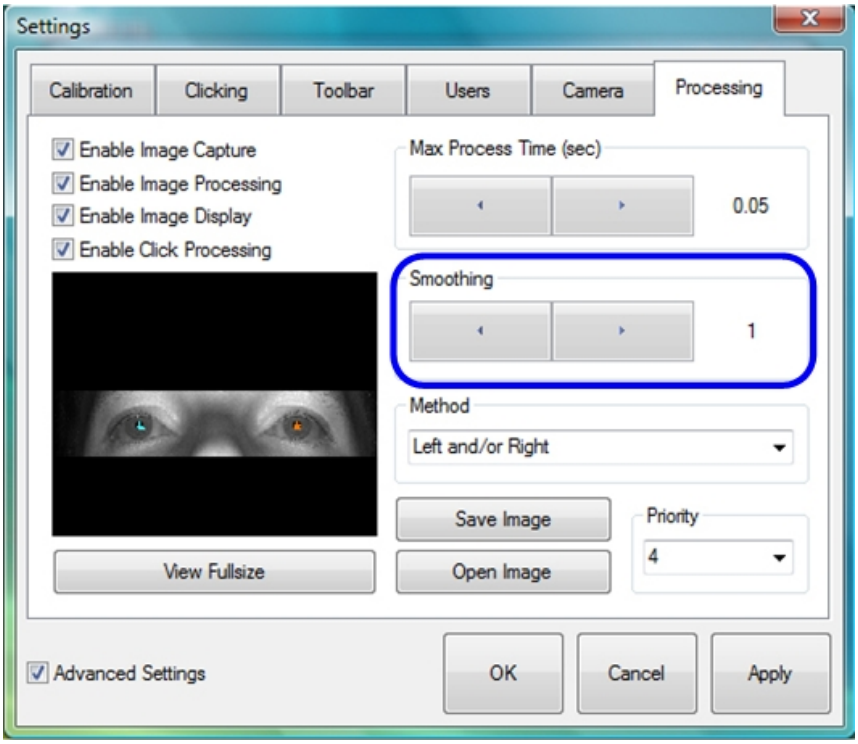


Figura 27 – Modificação do parâmetro *Smoothing* para 1.

A segunda modificação realizada foi alterar o parâmetro *Smoothing*[43] para 1, como pode ser visto na Figura 27. O software Quick Glance é um software voltado para interação que pode usar os dados do rastreamento do olhar para mover o cursor do mouse. Para reduzir o tremor do cursor e assim facilitar a seleção de ícones, o software utiliza o valor do parâmetro *Smoothing* para indicar quantas posições observadas são usadas no processo de amortização do movimento, dessa forma o valor atual da posição observada entregue pelo RO é formado pela média dos últimos *n* valores calculados. Isto reduz o tremor, mas também insere atraso na medida. Com o valor do *Smoothing* definido em um, cada valor obtido do RO representa uma única posição calculada.

O RO usado rastreia ambos os olhos do usuário, assim como dois *glints* por olho (um para cada fonte de iluminação do equipamento). Na Figura 28 o centro das pupilas é identificado com cruzes grandes enquanto os *glints* são marcados com cruzes pequenas (logo abaixo das pupilas). Um fator fundamental para a localização

[43] O valor padrão do parâmetro *Smoothing* é 30.

destas informações é o ajuste do foco da câmera, realizado manualmente. Uma dica sobre o ajuste do foco é se concentrar nos cílios do usuário ao invés dos seus olhos.

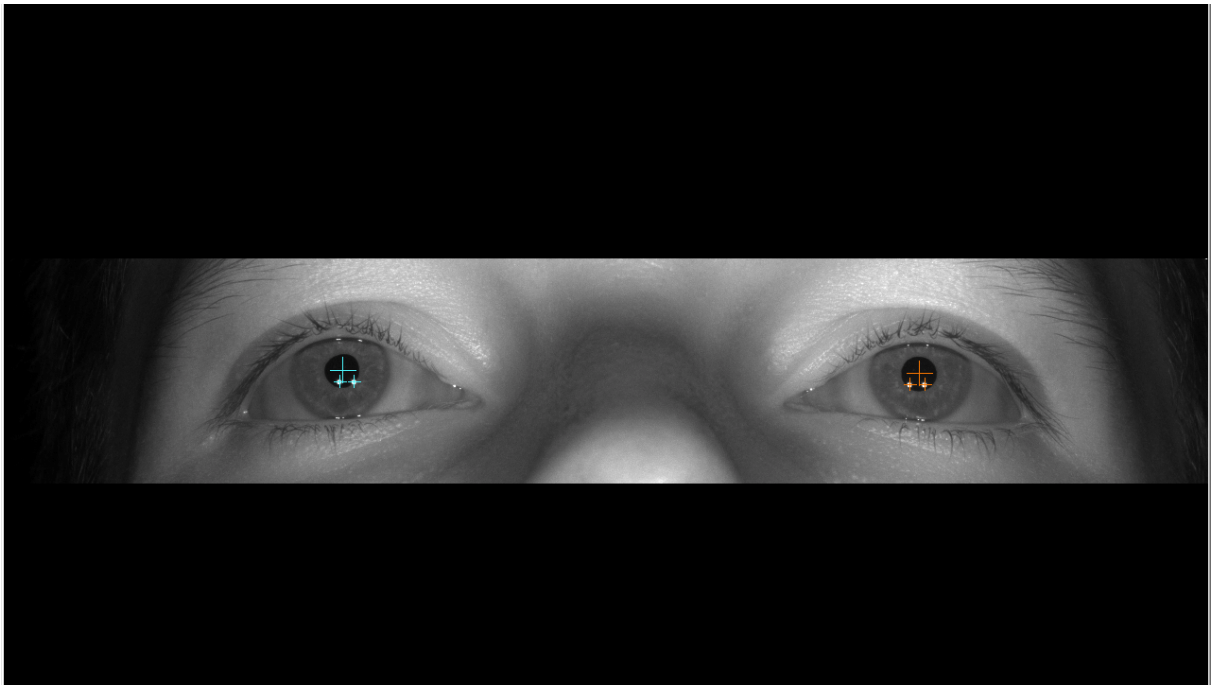


Figura 28 – Imagem da câmera do RO com as duas pupilas e os quatro *glints* localizados.

O EyeTech TM3 pode ser calibrado com 5, 9 ou 16 pontos, entretanto mesmo em testes no computador, apenas a calibração com 16 pontos, evidenciada em vermelho na Figura 29, se mostrou adequada. Neste equipamento, a redução dos pontos de calibração aumenta o erro da medida, fato constatado através do aumento da nota da calibração calculada pelo próprio equipamento. Duas notas (*scores*) são disponibilizadas pelo RO após a calibração, elas representam a qualidade da calibração realizada para o olho esquerdo e para o olho direito do usuário. Com estas notas é possível classificar a calibração do usuário, com base em dados do fabricante, em Excelente (entre 0 e 10), Boa (entre 10 e 20), Razoável (entre 20 e 30) e Pobre (acima de 30). (EYE TECH, 2008b). Nos experimentos realizados, a calibração externa do RO foi repetida até resultar em uma classificação que fosse pelo menos Boa. Uma classificação Excelente é ilustrada na Figura 29.

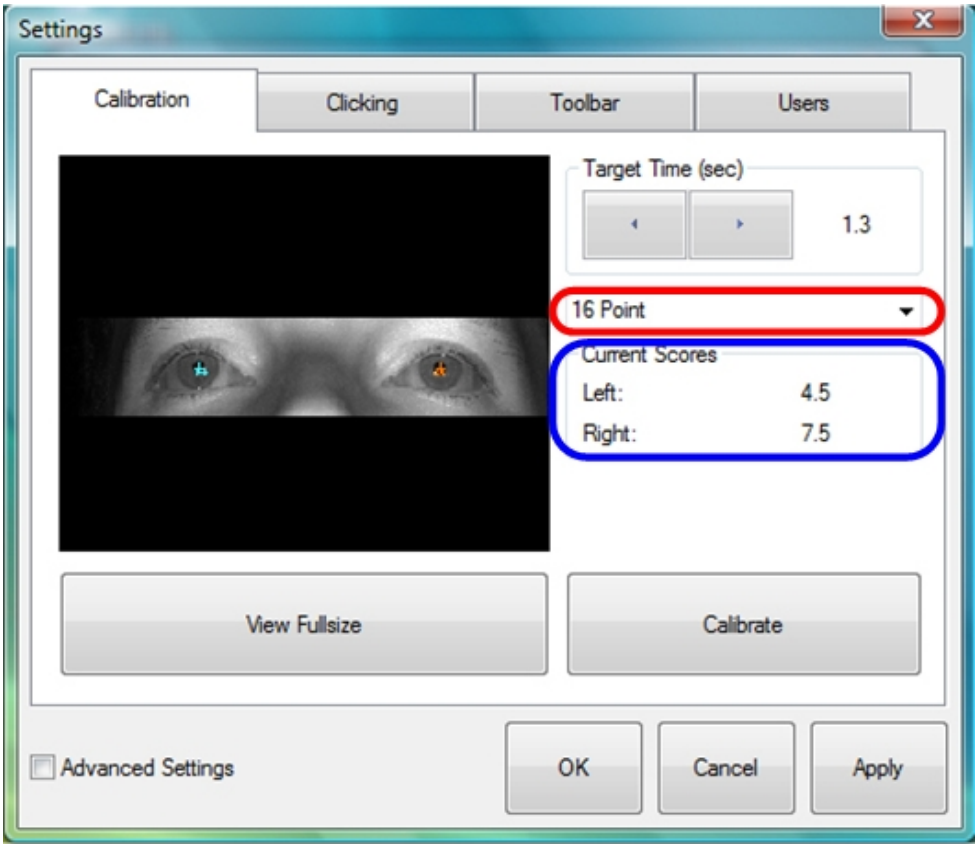


Figura 29 – Em vermelho, o número de pontos usados na calibração. Em azul, os *scores,* ou notas, dados pelo RO para a calibração do usuário.

O procedimento de calibração externa realizado pelo usuário deste RO é muito simples. Os 16 pontos divididos em 4 linhas com 4 pontos cada, e são apresentados um a um, como mostra a Figura 30, da esquerda para direita e de cima para baixo.

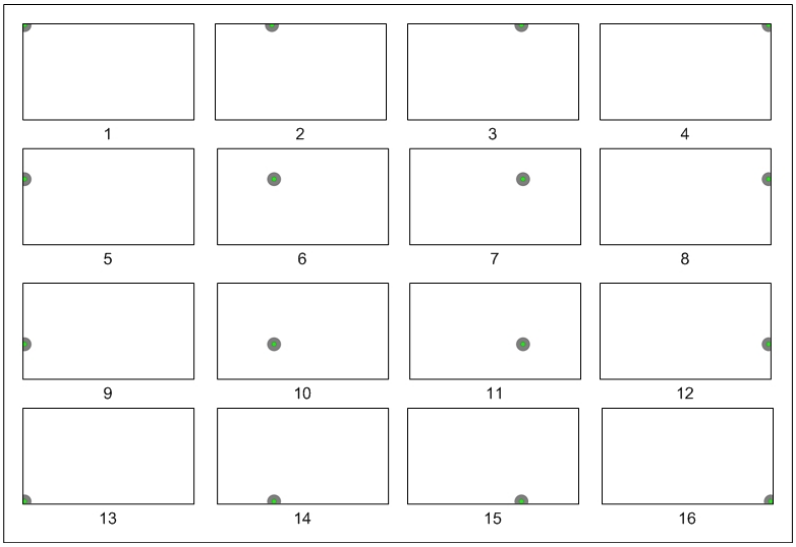


Figura 30 – Procedimento de calibração externa: 16 pontos mostrados ao usuário.

O algoritmo utilizado para identificação de fixações foi proposto por Bergstrand (2008), e, como o próprio autor explica, é um algoritmo baseado em "*velocidade*

sensível à duração da fixação". Este algoritmo utiliza características espaciais e temporais dos movimentos dos olhos, conforme apresentado na seção 2.5.8 e está representado na Tabela 12.

Tabela 12 – pseudo-código do algoritmo para identificar fixações.

```
Para todos os dados POR:
   1) Calcula-se a velocidade angular usando o ponto anterior e posterior
      ao ponto atual.
   2) Pontos com velocidade superior a um limiar arbitrário são marcados
      como sacadas. Assim, os demais pontos representam fixações.
   3) Pontos representando fixações são agrupados formando fixações
      únicas, contendo o tempo de início, tempo de término e posição média
      da fixação.
   4) A duração da fixação é, então, calculada, e as que tiverem a duração
      inferior a um limiar arbitrário são removidas.
```

Neste trabalho, o limiar de velocidade foi definido em 80º/segundo, enquanto o limiar de duração foi definido em 100ms. Estes parâmetros foram definidos com base nos dados do próprio autor ao realizar uma tarefa que envolvia a leitura de um texto nas aplicações alvo (descritas na seção 5.3.6), no ambiente de teste (descrito na seção 5.3.5). Os limiares foram ajustados de forma a identificar fixações curtas obtidas durante a leitura.

Uma grande vantagem deste algoritmo baseado na velocidade é que os limiares definidos podem ser mantidos sem alteração mesmo quando é modificado o tamanho da tela ou sua distância em relação ao usuário. Algoritmos comumente utilizados, baseados na dispersão da fixação, costumam definir o limiar em pixels. Com a mudança da distância ou do tamanho da tela, a relação pixel/área é alterada, tornando conveniente reavaliar os limiares.

Por fim, não foi utilizado nenhum dispositivo para restringir os movimentos dos usuários, mas foi solicitado que os usuários se recostassem no encosto da poltrona usada. Uma TV de 42'' com resolução 1280x720 foi posicionada a 2 metros do usuário, como explicado nas seções 5.3.5 e 5.3.6.

5.3.5 Ambiente de teste

O local onde o teste é realizado é um fator conhecido por exercer influência no resultado dos testes, como apresentado na seção 3.4.2. Assim, com o objetivo de reproduzir o ambiente de uso da televisão tradicional e ainda possibilitar a coleta de medidas da interação necessárias para o teste planejado, foi montado em laboratório o ambiente representado na Figura 31, baseado na proposta de Koller (apud FILGUEIRAS, 2007). Neste ambiente, o participante que realiza o teste, representado em laranja, se senta confortavelmente em uma poltrona posicionada distante[44] de uma TV de tela grande, procurando reproduzir o arranjo de uma sala de estar tradicional. Toda a interação com as aplicações usadas no teste, que são descritas nas próximas seções, é realizada através de um controle remoto adequado para o uso com a TVi. Os pesquisadores, representados em verde, se posicionam a certa distância do participante, também procurando deixar este confortável durante a sessão de teste.

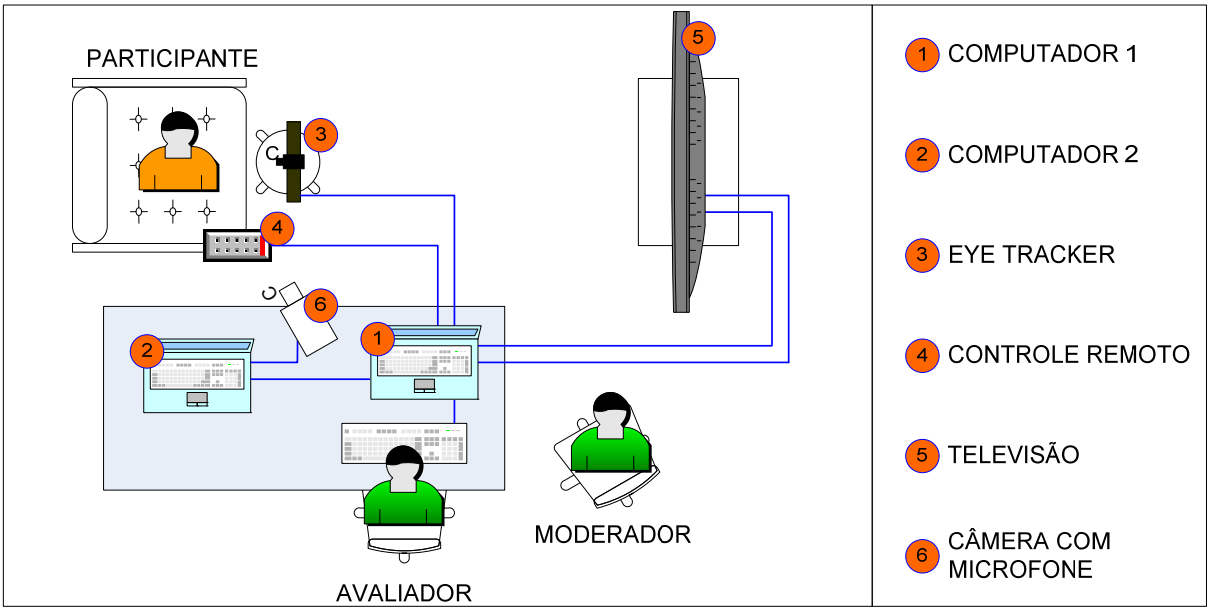


Figura 31 – Esquema do ambiente de teste usado no experimento.

[44] Cerca de 2 metros de distância.

Este ambiente é composto por uma TV de tela grande, um controle remoto, dois computadores, o RO e uma câmera com microfone, montados conforme mostra a Figura 31. O terminal de acesso (*set-top box*) foi substituído por um computador (Computador 1 da figura) rodando um software especialmente adaptado para mostrar as aplicações interativas usadas no teste. Este computador é conectado à TV através de cabos de áudio e de vídeo, mostrados na Figura 32. Neste computador também é conectado o receptor do controle remoto e o RO, e ele é responsável pelo controle das etapas do teste, e calibração do RO, sendo operado pelo pesquisador que realiza o papel de avaliador.

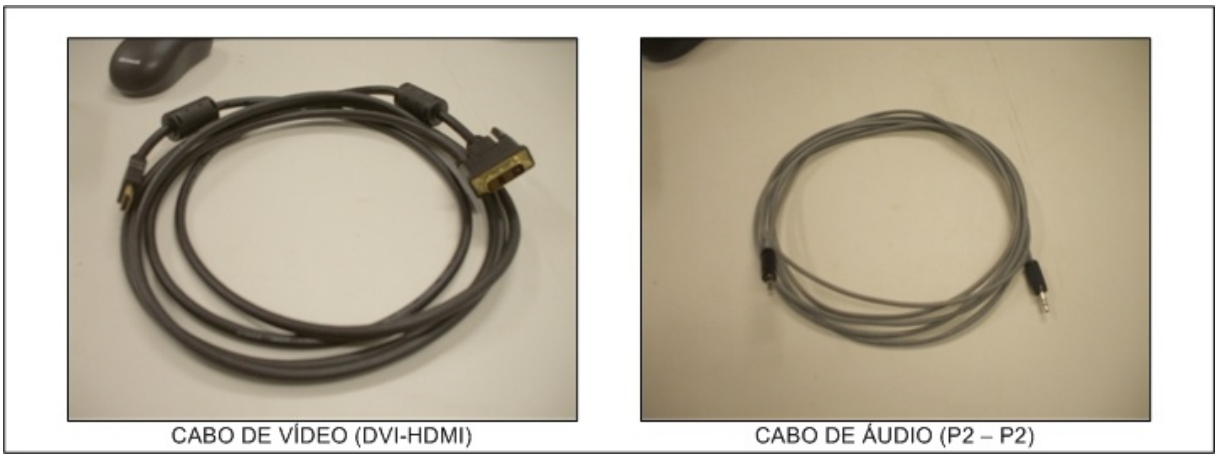


Figura 32 – Cabos de áudio e vídeo usados para conectar o computador na TV.

Durante os primeiros testes realizados, foi verificado que o computador utilizado não era capaz de executar a aplicação interativa e o software do RO, ao mesmo tempo em que gravava a tela do computador, já que os três softwares demandavam uma considerável capacidade de processamento do computador.

Dessa forma, um segundo computador foi adicionado ao ambiente[45], sendo responsável pela gravação da imagem e da voz do usuário em sincronia com a imagem da TV (recebida do primeiro computador via rede). Estas gravações podem ser empregadas para identificar expressões faciais e comentários dos usuários diante de eventos que ocorram durante o uso da aplicação.

---

[45] A utilização de dois computadores no ambiente de teste gerou dificuldades na sincronização das fontes de dados durante a análise dos dados do experimento, como apresentado no capítulo 6.

O RO foi instalado próximo ao usuário sobre uma pequena mesa, ficando a uma distância de 60 a 70 cm da face do usuário. Como indicado na Figura 33, a posição do RO não prejudica a visualização da tela da TV. Outra característica importante que exerce influência no funcionamento do RO utilizado é a altura da TV. Em testes preliminares, foi verificado que: se a tela da TV for posicionada muito alta, forçando o usuário a olhar ligeiramente para cima, o RO não conseguia realizar a calibração ou começa a calcular a posição observada incorretamente. No ambiente de teste a TV foi instalada sobre uma mesa baixa para evitar estes problemas.

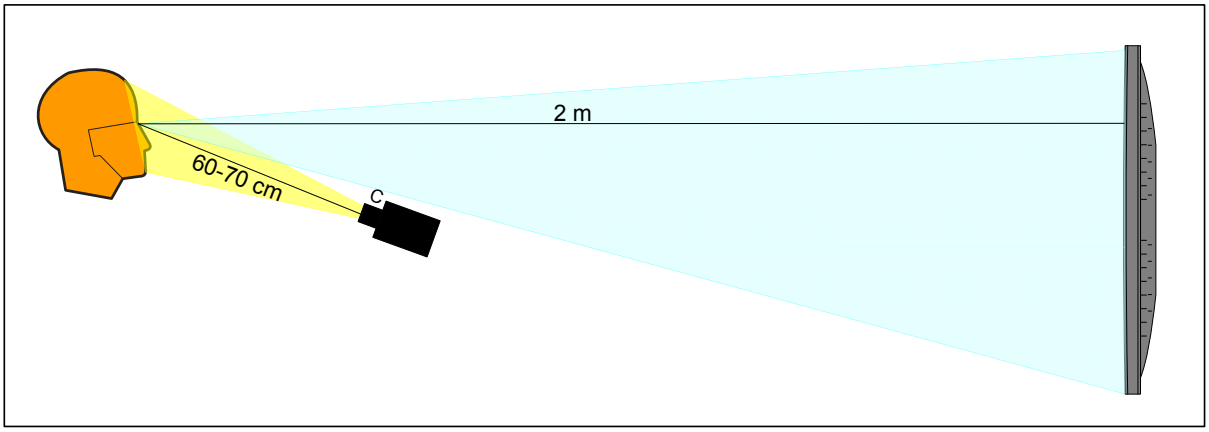


Figura 33 – Posição do rastreador do olhar para não prejudicar o uso da TV.

A inclusão do RO no ambiente de teste originou dois problemas: primeiro, a posição do equipamento bloqueia a linha de visada do controle remoto, prejudicando a recepção dos comandos do controle remoto quando o receptor é instalado próximo à TV. Em segundo lugar, por ser baseado na tecnologia VOG com PC/CR (seção 2.2.4), as fontes de luz infravermelha utilizadas pelo RO são refletidas pelo ambiente e captadas pelo receptor do controle remoto. Embora esta reflexão não seja reconhecida como comandos válidos, ela causa interferência nos comandos reais gerados através do controle remoto. Para solucionar estes problemas, a adaptação apresentada na Figura 34 foi implementada.

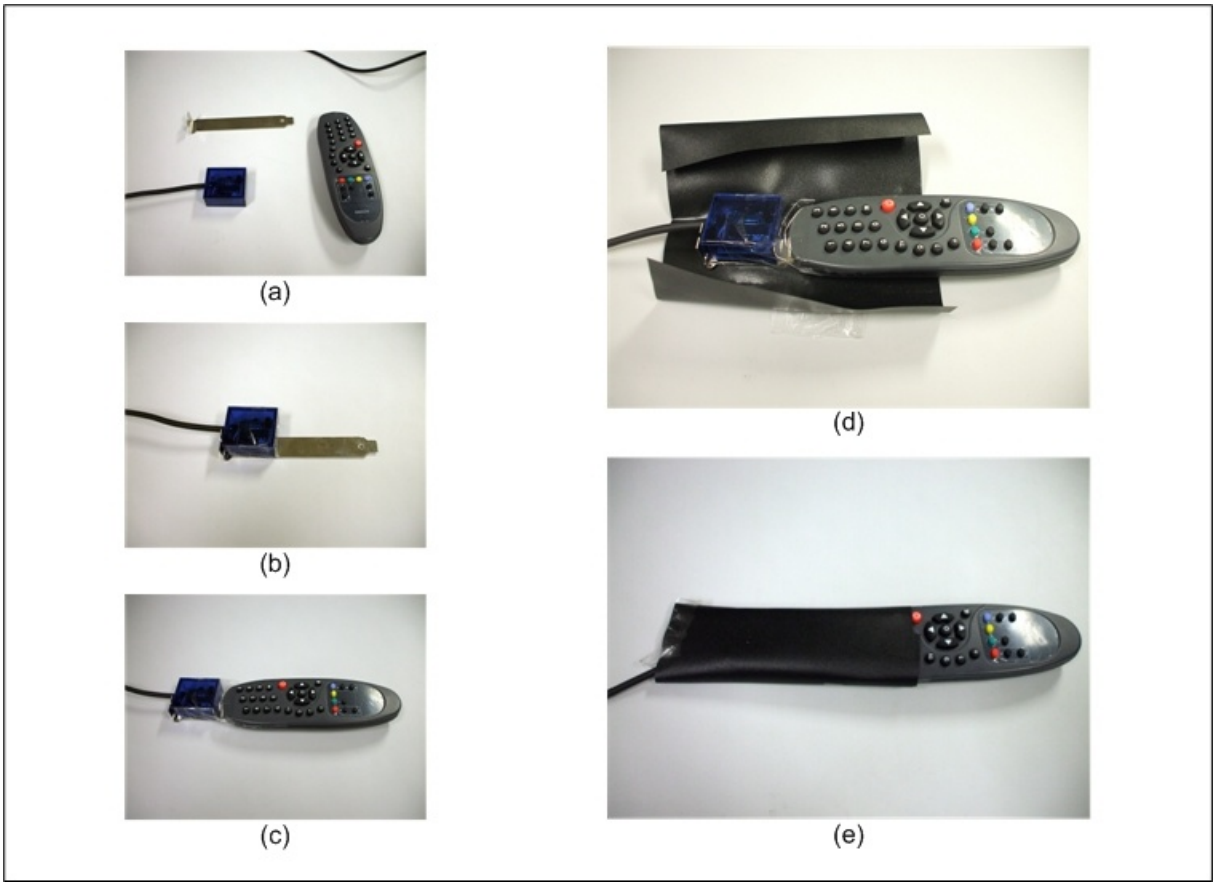


Figura 34 – Adaptação proposta para evitar que o rastreador do olhar interfira na recepção do controle remoto.

Nesta adaptação, o receptor infravermelho utilizado para receber os comandos do controle remoto é anexado ao controle remoto propriamente dito, como mostram os itens ‘a’, ‘b’ e ‘c’ da Figura 34. Em seguida, a adaptação é coberta por uma capa feita de plástico preto, evitando que os feixes de luz refletida do RO alcancem o receptor, como mostram os itens ‘d’ e ‘e’ da mesma figura. Para o teste pretendido, as teclas cobertas pela capa preta não são necessárias, mas, embora a adaptação solucione o problema de interferência, é recomendável que o controle remoto utilizado seja baseado em outra tecnologia de transmissão diferente de luz infravermelha, ou, que seja conectado diretamente via cabo.

A lista de softwares de terceiros e de equipamentos utilizados na montagem do ambiente de teste é apresentada nas Tabela 13 e Tabela 14.

Tabela 13 – Softwares de terceiros utilizados na montagem do ambiente de teste.

SOFTWARE	DESCRIÇÃO
Quick Glance 5.0 www.eyetechds.com	Software que acompanha o RO EyeTech TM3, instalado no computador 1 e utilizado para realizar a calibração externa do RO e determinar da posição observada pelo usuário.
PC Remote Control 4.0b www.pcremotecontrol.com	Software utilizado no computador 1 para decodificar os comandos do controle remoto e emular os comandos como se fossem teclas do teclado. Possui opção para gravar o log das teclas.
UltraVNC 1.0.5.1 www.uvnc.com	Software instalado no Computador 1 (VCN Server) e no Computador 2 (VCN Client) para replicar a tela da aplicação (computador 1) no segundo computador.
TechSmith MORAE 3.0 www.techsmith.com	Software para gravação de testes de usabilidade, instalado no Computador 2, capaz de gravar o desktop do computador em sincronia com o áudio e vídeo de uma câmera.

Tabela 14 – Equipamentos utilizados na montagem do ambiente de teste.

EQUIPAMENTOS	DESCRIÇÃO
Notebook DELL PRECISION M6300 com processador INTEL CORE 2 DUO 2,4 GHZ e 3,5 GB de memória RAM, com conexões DVI e Firewire	Computador utilizado nos testes para simular o set-top box. Além de da aplicação testada, descrita nas seções seguintes, roda os seguintes softwares de terceiros: QUICK GLANCE, PC REMOTE CONTROL e ULTRA VNC SERVER. Na Figura 31 é representado pelo nome computador 1.
Notebook AmazonPC HEL82 com processador INTEL CORE 2 DUO 2,0GHZ e 2 GB de memória RAM	Computador utilizado nos testes para gravar o áudio e o vídeo do participante do teste, além da tela da TV (recebida através do software ULTRA VNC CLIENT). Utiliza o software MORAE RECORDER para realizar as gravações. Na Figura 31 é representado pelo nome computador 2.
RO EyeTech TM3 da empresa EYETECH DIGITAL SYSTEMS	Rastreador do olhar utilizado nos testes, conforme descrito na seção 5.3.4.
TV LCD AOC D42H831 de 42” com resolução FULL HD (1080p)	TV de 42” utilizada pelos participantes durante as sessões de teste.
Controle remoto RAV225	Controle remoto com teclas customizadas para TV interativa.
Webcam USB Microsoft Lifecam VX-3000 com microfone embutido	Câmera utilizada para gravar a voz e a imagem dos participantes, conectada ao computador 2 (Figura 31).
Cabo de vídeo conversor de DVI para HDMI	Cabo conversor utilizado para colocar a imagem do computador 1 (Figura 31) na televisão.
Cabo de áudio (P2 para P2)	Cabo de áudio usado para que o áudio do computador um fosse reproduzido nas caixas de som da televisão
Receptor de controle remoto para PC com conexão USB	Equipamento conectado no computador 1 (Figura 31) para receber os comandos realizados no controle remoto

O ambiente descrito neste capítulo foi montado em uma sala de reunião da Escola Politécnica da USP. A sala de reunião antes da alteração é mostrada na Figura 35a. O primeiro passo na adaptação do ambiente foi cobrir as janelas com cortinas, já que a luz infravermelha presente no sol poderia interferir com o RO. Em seguida, os

móveis foram rearranjados de acordo com o esquema representado na Figura 31, obtendo o layout apresentado na Figura 35b.

Figura 35 – Montagem do ambiente de teste em uma sala de reunião (mudança de layout).

As distâncias entre o usuário e o RO, e entre o usuário e a TV, possuem grande importância para os procedimentos de calibração e identificação das fixações, de forma que a posição de cada peça de mobília da sala e da televisão foi demarcada com fita adesiva, como mostra a Figura 36a. No caso da poltrona, foi tomado cuidado adicional de fixar sua posição (Figura 36 b e c), também com fita adesiva, já que, por ser muito leve, a poltrona era movida pelos usuários com muita facilidade.

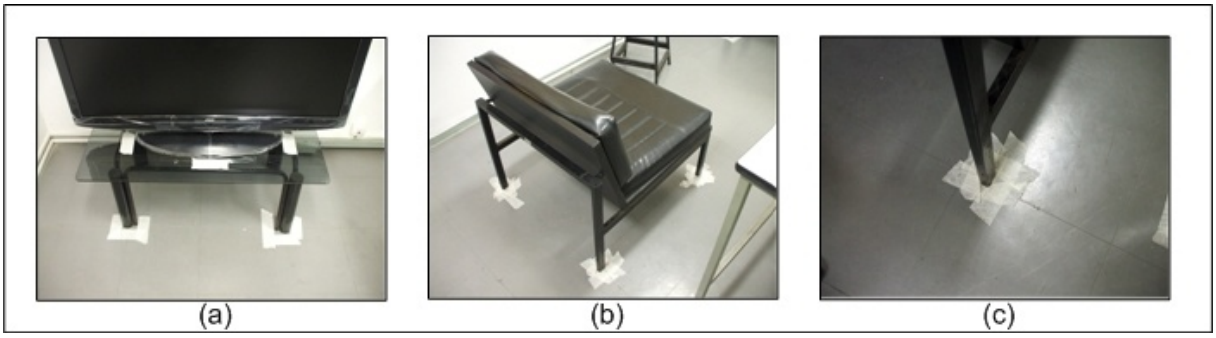


Figura 36 – Demarcação das peças de mobília e fixação da poltrona com fita adesiva.

A Figura 37 ilustra passo a passo a montagem do laboratório. Inicialmente são instalados a TV e os computadores nas posições adequadas. A TV é conectada ao computador da direita (c) pelos cabos de áudio e de vídeo mostrados na Figura 32. Os computadores são interligados via rede ethernet. Em seguida é instalada a câmera de vídeo que irá gravar o participante no computador da esquerda. O próximo passo é a instalação do RO (d) e do controle remoto (e) no computador da direita. Estes equipamentos são posicionados próximo à poltrona do participante.

Figura 37 – Seqüência de montagem do ambiente de teste.

A preparação do ambiente é concluída com a execução dos softwares usados no teste. No computador da direita (Figura 37f) são executados os softwares:

- Quick Glance: que acompanha o RO e é usado para realizar a calibração externa e a identificação das posições observadas pelo usuário;
- PC Remote Control, que decodifica os comandos do controle remoto e os emula como se fossem teclas do teclado do computador;
- Ultra VNC Server, que envia uma cópia da tela do computador pela rede;
- E a aplicação de teste, que será apresentada nas próximas seções, mas é usada para simular um terminal de acesso, enquanto registra os comandos realizados pelo controle remoto, o código da tela exibida ao usuário e os dados do RO de maneira sincronizada.

No computador da esquerda (Figura 37f) são executados os softwares:

- Ultra VNC Client, que recebe uma cópia da tela do computador da direita;
- Morae Recorder, que grava a tela do computador (que neste momento mostra a mesma tela do computador da direita), o áudio e o vídeo do usuário através da webcam conectada ao computador.

Como explicado acima, a posição do RO não prejudica a visualização da tela da TV, como pode ser visto na Figura 38a. A figura ao lado mostra a visão do avaliador, que operadora os computadores.

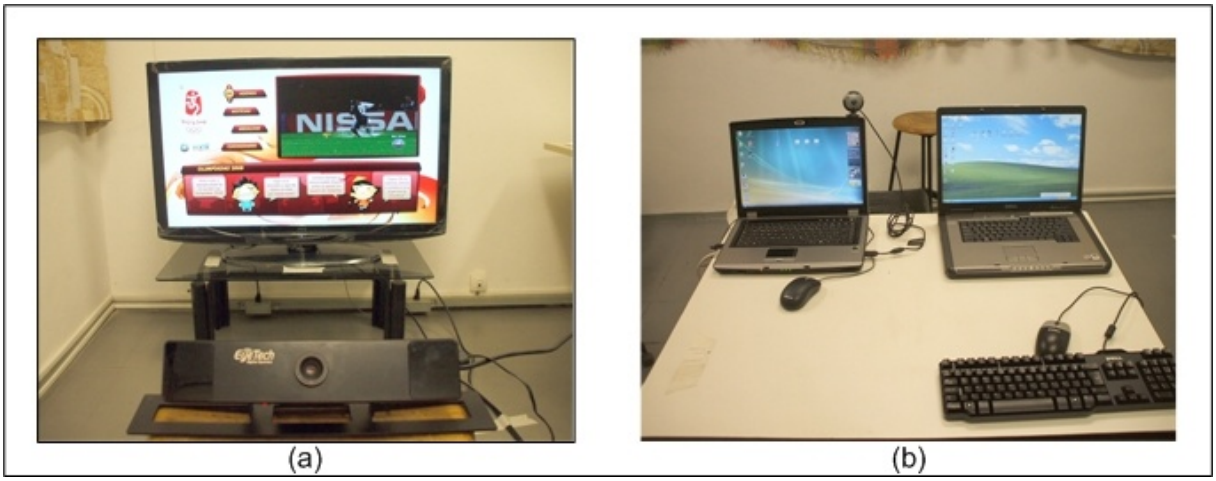


Figura 38 – a) Visão do participante; b) Visão do operador dos computadores.

O ambiente proposto permite que o participante tenha a impressão de estar usando uma aplicação interativa na TV, enquanto permite a gravação da imagem e da voz destes em sincronia com a tela da TV. O registro dos comandos do controle remoto, seqüência de telas navegadas e dos dados do RO são obtidos através da aplicação preparada para o teste que é descrita na seção 5.3.6.3.

5.3.6 Estímulo – Aplicações interativas

Como apresentado na seção 3.4.4, a descrição detalhada do estímulo mostrado aos usuários durante os testes possui importância especial em experimentos que utilizam o rastreamento do olhar, já que o comportamento visual dos usuários pode ser facilmente influenciado pelas características do estímulo. Do ponto de vista da avaliação de usabilidade convencional, esta descrição é fundamental para que o experimento possa ser repetido por outros pesquisadores, e assim confirmar ou questionar os resultados obtidos pelos testes.

Nos testes realizados foram utilizadas duas aplicações interativas para TV disponibilizadas pela TV Globo através do programa “Globo Universidade”. Ambas as aplicações utilizadas haviam sido transmitidas em caráter experimental como parte dos trabalhos de implantação da TV Digital brasileira. A primeira aplicação fornece conteúdos específicos sobre as olimpíadas de Pequim/2008 e foi transmitida durante os jogos olímpicos. A segunda aplicação possui conteúdo relacionado com o campeonato brasileiro de futebol, também em 2008, e foi transmitida em alguns jogos do campeonato brasileiro. As aplicações são descritas com detalhes nas seções 5.3.6.1 e 5.3.6.2 a seguir.

Ambas as aplicações possuem apenas Interatividade Local (seção 4.3.2), ou seja, não utilizam o canal de retorno para enviar informações ao provedor de conteúdo, e foram reescritas para serem executadas em um computador pessoal ao invés de um terminal de acesso. A resolução da TV para ambas as aplicações foi definida em 1280 x 720 pixels. Os detalhes da preparação da aplicação para os testes são apresentados na seção 5.3.6.3.

5.3.6.1 Aplicação 1 – Olimpíadas

A aplicação das olimpíadas foi transmitida em caráter experimental pela TV GLOBO em São Paulo entre 6 a 24 de agosto de 2008, durante os Jogos olímpicos de Pequim (China). O objetivo desta aplicação, apresentada pela Figura 39, é oferecer informações sobre os jogos olímpicos 24 horas por dia, independente do conteúdo audiovisual transmitido na janela de vídeo.

Figura 39 – Aplicação das olimpíadas: transmitida em caráter experimental durante as olimpíadas de Pequim.

Com ajuda das classificações apresentadas na seção 4.3, a aplicação das olimpíadas é relacionada com o vídeo, já que complementa a transmissão esportiva dos jogos olímpicos; ela utiliza redimensionamento de vídeo, reduzindo o conteúdo visual a apenas ¼ do tamanho original, e possui apenas interatividade local já que não utiliza o canal de retorno.

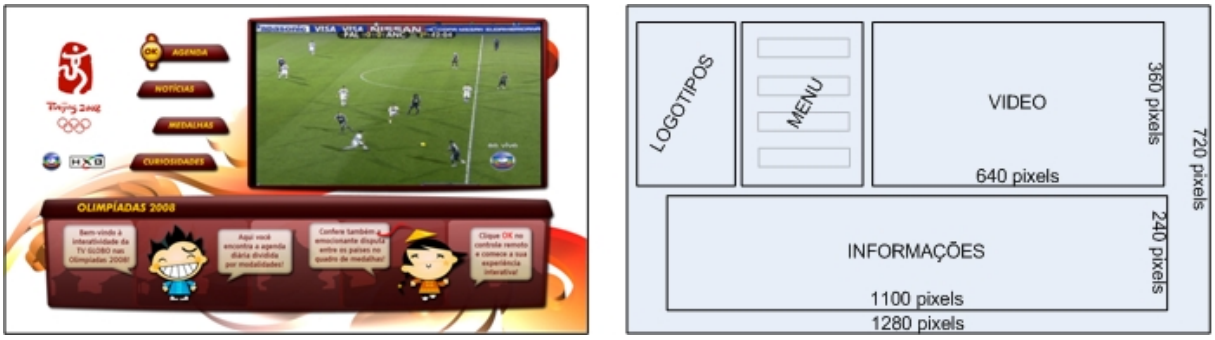


Figura 40 – Layout da aplicação das olimpíadas.

Esta aplicação é constituída por quatro regiões principais, conforme mostra a Figura 40: A primeira região é reservada para exibição de logotipos e propagandas, a segunda região apresenta um menu com quatro opções de conteúdo (‘Agenda’, ‘Notícias’, ‘Medalhas’ e ‘Curiosidades’), a terceira região mostra o vídeo da TV com o conteúdo tradicional, e por fim abaixo, na quarta região são apresentadas as informações sobre os jogos, conforme seleção no menu da região 2.

As quatro opções de conteúdo disponíveis nesta aplicação são (Figura 41):

Figura 41 – Opções de conteúdo da aplicação das olimpíadas.

- Agenda do dia: Esta opção apresenta o horário das competições esportivas, agrupados de acordo com a modalidade. Apesar do nome, são apresentadas informações sobre dia atual e também do próximo.

- Notícias: nesta opção são apresentadas notícias curtas sobre os jogos, minuto a minuto, como informações sobre as equipes brasileiras e outros fatos importantes relacionados com os jogos. As notícias possuem entre uma e quatro linhas de texto, e em cada tela existe apenas uma notícia.

- Quadro de medalhas: Apresenta o total de medalhas conquistadas pelos países, atualizado diariamente. As informações são organizadas em uma tabela, com colunas para os totais de medalhas de ouro, prata, bronze e pela sua soma. Os países estão ordenados primeiramente pelo número de medalhas de ouro, e em caso de empate, pelo número de medalhas de prata e em seguida de bronze.

- Curiosidades: apresenta fatos curiosos, dados históricos ou informações sobre esportes e atletas de edições anteriores dos jogos olímpicos.

O usuário desta aplicação navega entre os menus de acordo com o esquema apresentado pela Figura 42. Ele inicia a navegação no menu principal, com a opção Agenda selecionada. Com os botões CIMA e BAIXO do controle remoto, o usuário muda o item selecionado, o que fica evidenciado pela troca de posição de um pequeno ícone composto por uma bola amarela e algumas setas. Este ícone (apresentado em destaque na Figura 42) foi criado com objetivo imitar as teclas do controle remoto, e em cada etapa da navegação, ele representa os comandos disponíveis ao usuário. Após selecionar a opção desejada, o usuário pressiona o botão OK para selecionar o conteúdo.

Esta mudança de opções na mesma tela realizada através dos botões CIMA e BAIXO são representados na Figura 42 através das setas verdes. Já a mudança entre telas diferentes, realizadas com o botão OK e em alguns casos com os botões DIREITA e ESQUERDA são representados com setas laranja.

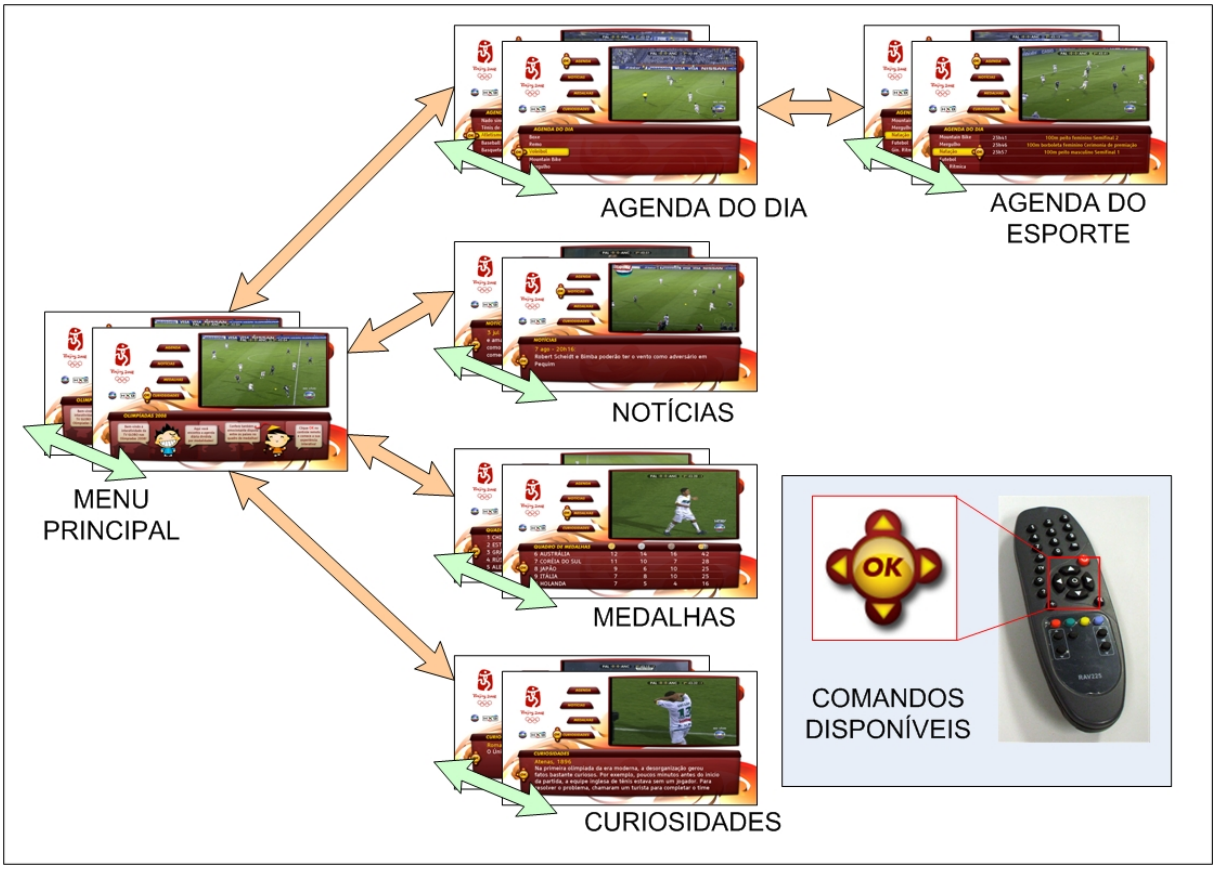


Figura 42 – Esquema de navegação da aplicação das olimpíadas.

Na opção ‘Notícias’, a navegação fica restrita a mudar para a próxima notícia ou voltar para a notícia anterior, através dos botões CIMA e BAIXO. O mesmo ocorre na opção ‘Curiosidades’. Em ambos os casos, para voltar ao menu principal, o usuário pode pressionar o botão OK ou o botão ESQUERDA. Na opção ‘Medalhas’, a navegação ocorre de maneira similar, com a diferença de que são apresentados cinco países por vez, e que ao pressionar os botões CIMA e BAIXO toda a página é substituída, apresentando os próximos cinco países ou os cinco anteriores, conforme o caso.

A opção ‘Agenda’ apresenta uma pequena variação deste esquema. Ao abrir a agenda, a região reservada para informações é dividida em duas partes. Na primeira parte (à esquerda), um sub-menu é apresentado contendo o nome de todos os esportes que possuem competições programadas. Cinco esportes são apresentados por vez, sendo que o esporte selecionado é apresentado em amarelo no meio dos

demais (Figura 43a). Com os botões CIMA e BAIXO o usuário muda um esporte por vez rolando a página (o esporte selecionado sempre fica no meio dos demais).

Figura 43 – a) Sub-menu da agenda do dia. b) programação esportiva do atletismo.

Ao encontrar o esporte desejado, o usuário pressiona o botão OK ou o botão DIREITA para abrir a programação esportiva, como mostra a Figura 43b. São apresentados cinco horários por vez, acompanhados da descrição do evento. À exemplo do que ocorre em 'Medalhas', pressionando os botões CIMA e BAIXO, a página inteira é trocada mostrando os próximos cinco horários ou os cinco anteriores. Para voltar ao sub-menu, o usuário deve pressionar o botão OK ou o botão ESQUERDA, e para voltar ao menu principal, o usuário deve pressionar o botão ESQUERDA novamente.

5.3.6.2 Aplicação 2 – Futebol

A aplicação do futebol foi transmitida em caráter experimental pela TV GLOBO em São Paulo em diversos jogos do campeonato brasileiro de 2008. O objetivo desta aplicação, apresentada pela Figura 44, é oferecer informação adicional sobre o jogo que está sendo exibido, como a escalação dos times e estatísticas do jogo, e informações sobre o campeonato, como próximos jogos e a tabela de classificação. Diferente da aplicação das olimpíadas, a aplicação do futebol só estava disponível durante os jogos.

Figura 44 – Aplicação do futebol: transmitida em caráter experimental durante diversos jogos do campeonato brasileiro de futebol.

De acordo com as classificações apresentadas na seção 4.3, a aplicação do futebol é fortemente acoplada com o vídeo, as informações presentes na aplicação complementam a transmissão ao adicionar conteúdos sob demanda, como as estatísticas do jogo em um dado momento, ou a escalação dos times que estão jogando. Esta aplicação é apresentada sobre o vídeo, preservando-o em seu tamanho original, e possui apenas interatividade local.

Figura 45 – Layout da aplicação das olimpíadas.

Esta aplicação é constituída por cinco regiões principais, conforme mostra a Figura 45: A primeira região apresenta um menu com seis opções de conteúdo (‘Escalação’, ‘Estatísticas’, ‘Jogos’, ‘Classificação’, ‘Regulamento’ e ‘Ajuda’), a

segunda região é reservada para o placar do jogo, a terceira região é reservada para apresentação das informações selecionadas no menu, a quarta região, localizada abaixo do menu, é reservada para exibição de propagandas, e por fim a quinta região compreende o vídeo da TV com o conteúdo tradicional.

Note que, mesmo que a resolução do vídeo utilizado por esta aplicação seja de 720x480 pixels, ao ser exibida, a aplicação e o vídeo são ampliadas de forma a utilizar toda a tela da TV (1280x720 pixels).

Esta aplicação foi projetada de modo a se misturar com o conteúdo tradicional da TV. Entre suas principais características estão: a existência de menus retráteis e o uso de transparência. Estas características serão explicadas a seguir.

MENUS RETRÁTEIS: os menus da aplicação futebol são iniciados escondidos no canto superior esquerdo da aplicação. Ao pressionar o botão DIREITA, a opção do menu que está selecionada se abre gradativamente, como mostram as Figura 46 e Figura 47. Pressionando o botão ESQUERDA o comportamento contrário é realizado, fechando o menu. Esta característica, que também ocorre com a janela de informações do lado direito da tela (Figura 48), tem como objetivo reduzir a área utilizada pela aplicação para o mínimo possível.

Figura 46 – Menus retráteis: abrindo e fechando o menu ‘Escalação’.

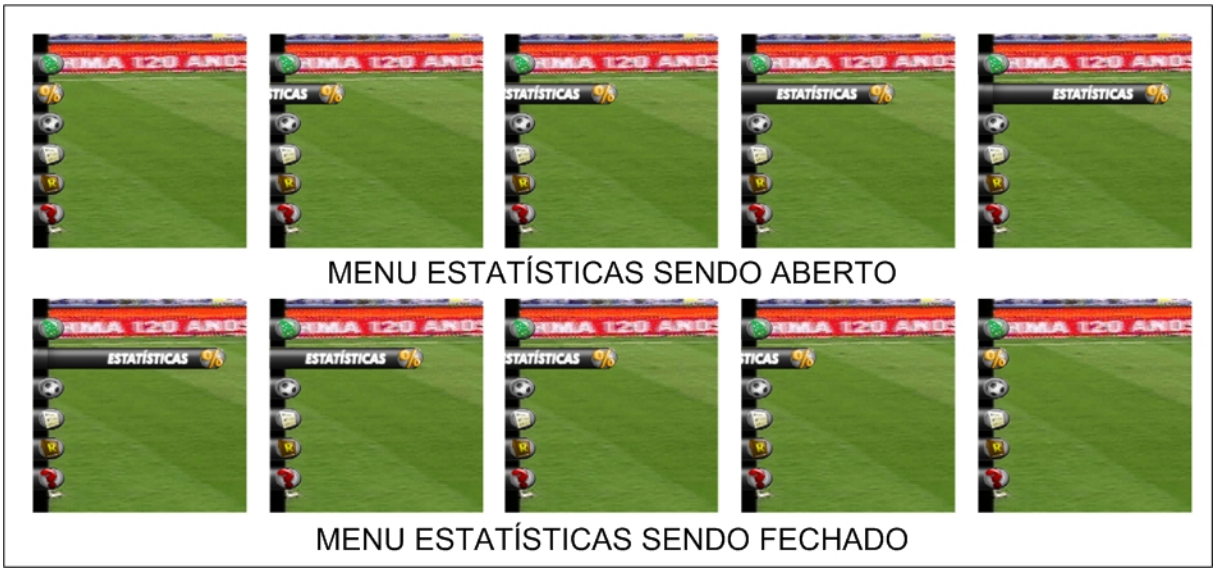


Figura 47 – Menus retráteis: abrindo e fechando o menu ‘Estatísticas’.

Figura 48 – Menus retráteis: abrindo e fechando a estatística ‘Cruzamentos’.

TRANSPARÊNCIA: outra característica importante desta aplicação está no uso de figuras parcialmente transparentes[46] nas regiões onde as informações eram apresentadas e nos sub menus. Esta característica, apesar de prejudicar a legibilidade das informações, permite que o usuário continue acompanhando o jogo mesmo quando a aplicação está cobrindo grandes partes do vídeo.

[46] Em alguns trechos da aplicação a opacidade das figuras chega a 65% (45% de transparência), permitindo que grande parte da informação do vídeo seja percebida pelos telespectadores.

A transparência é uma característica muito comum em aplicações para TVi, mas pode gerar dúvidas sobre a validade dos dados do rastreamento do olhar já que torna-se difícil saber se o usuário estava observando uma região da aplicação ou o programa de TV ao fundo.

As seis opções disponíveis no menu da aplicação do futebol são:

- Escalação: mostra a escalação dos dois times (nome dos 11 jogadores e do técnico) que estão jogando, do árbitro e seus assistentes.

- Estatísticas: mostra estatísticas do jogo atual. As opções disponíveis são: Posse de bola, Bola em jogo, Contra-ataques, Linha de fundo, Escanteios, Finalizações, Impedimentos, Faltas, (Cartões) Amarelos, (Cartões) Vermelhos, Passes, Desarmes e Cruzamentos.

- Jogos: mostra informações sobre os jogos da rodada atual, das duas rodadas anteriores e das próximas duas rodadas. As informações sobre os jogos são: os nomes dos times que irão se enfrentar, a data, o horário e o local onde a partida foi ou será realizada.

- Classificação: Dividida em duas opções: a primeira mostra a tabela de classificação reduzida, contendo apenas o nome, a posição do time no campeonato e o número de pontos conquistados. A segunda apresenta a tabela completa, contendo também o número de jogos disputados, número de vitórias, empates e derrotas, gols pró (a favor), gols contra e saldo de gols.

- Regulamento: mostra informações sobre as regras campeonato, incluindo os critérios de desempate.

- Ajuda: mostra um desenho explicando as teclas do controle remoto que são suportadas pela aplicação.

Inicialmente, o usuário desta aplicação encontra o menu fechado. Para abrir o menu ele deve pressionar o botão DIREITA ou OK do controle remoto, como mostrado no diagrama de estados da Figura 49. Será disparada a animação de abertura do menu conforme explicado acima (ver Figura 46).

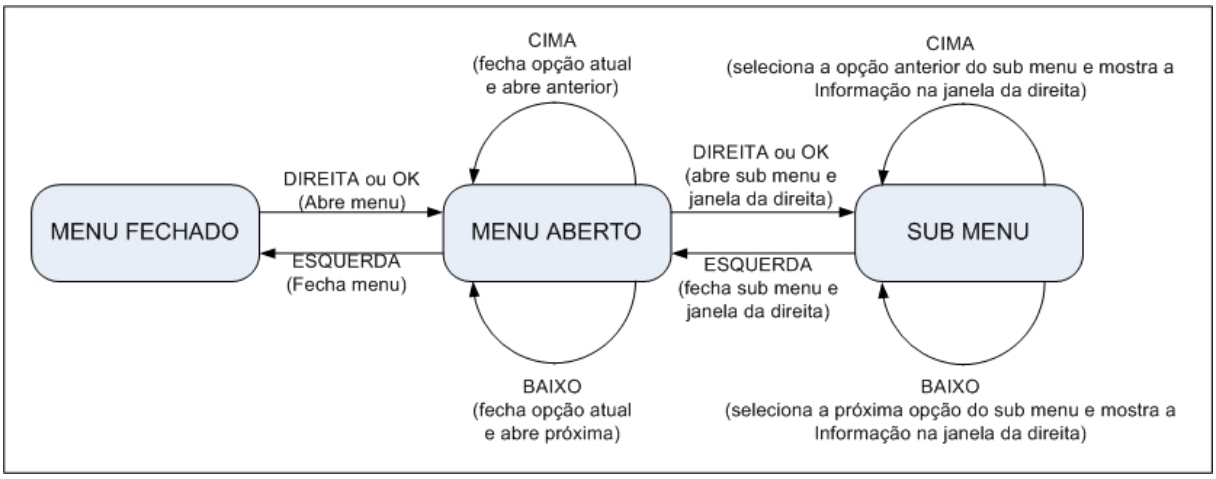


Figura 49 – Esquema simplificado de navegação da aplicação do futebol.

Com o menu aberto, o usuário pode: fechar o menu novamente, pressionando o botão ESQUERDA, mudar a opção do menu, pressionando os botões CIMA ou BAIXO, ou abrir o sub menu, pressionando os botões DIREITA ou OK. A primeira ação simplesmente dispara a animação que fecha o menu. A segunda ação também dispara a animação que fecha o menu, mas logo em seguida dispara a animação de abertura de outra opção. E por fim, a terceira ação dispara uma animação que abre a janela na direita (ver Figura 48), e mostra um sub menu logo abaixo do menu aberto.

Com o sub menu aberto, o usuário têm duas opções de ação: ele pode pressionar o botão ESQUERDA e voltar ao menu principal, fechando a janela da direita e o sub menu, ou, se o sub menu tiver mais do que uma opção, ele pode pressionar os botões CIMA ou BAIXO para mudar a informação apresentada na janela da direita. Esta última ação irá disparar a animação que fecha a janela da direita com as informações antigas e em seguida à reabrirá com as novas informações selecionadas pelos usuários.

5.3.6.3 Preparação das aplicações para os testes

As aplicações apresentadas nas seções anteriores foram desenvolvidas para rodar em terminais de acesso para TV Digital e por esta razão tiveram que ser modificadas para se adequarem ao ambiente de teste proposto na seção 5.3.5. Outras adaptações foram realizadas para agilizar os procedimentos envolvidos com o teste, como a inclusão de chamadas para os procedimentos de calibração externa e verificação da calibração, ou para incluir novas funcionalidades ao teste, como a coleta de dados do RO sincronizada com os registros dos botões pressionados no controle remoto e das telas acessadas. Estas adaptações são descritas no decorrer desta seção.

Inicialmente, a mudança mais drástica realizada foi reescrever as duas aplicações para rodarem em um computador pessoal comum. Estas aplicações, que originalmente foram desenvolvidas em NCL[47] (NBR 15606-2, 2007), foram refeitas em C++. As características visuais e de navegação das aplicações foram preservadas, com exceção do nível de transparência da aplicação do futebol que foi limitada a 10%. Esta modificação foi necessária para melhorar a legibilidade das informações sobre o vídeo utilizado (muito escuro) e para evitar que os usuários assistissem ao vídeo da TV através da aplicação com transparência.

A programação tradicional da TV foi substituída por dois vídeos gravados no próprio computador. Esta modificação permitiu controlar o vídeo apresentado aos usuários, garantindo que todos recebessem o mesmo estímulo.

Na aplicação das olimpíadas foi utilizado um trecho do jogo entre Palmeiras e Sport Áncash transmitido pela TV Globo em 1 de outubro de 2008 pela Copa Sul-americana. O áudio deste jogo foi modificado de forma a remover informações que seriam importantes para o teste, que é de natureza visual. (perguntas sobre o vídeo – seção 5.3.7.2). Os primeiros 3 minutos e 40 segundos do vídeo continha

---

[47] *Nested Context Language* – Linguagem declarativa escolhida pelo Sistema Brasileiro de TV Digital para a apresentação de aplicações.

informações importantes para o teste. Após este trecho, o vídeo continua sem mostrar informações importantes.

Na aplicação do futebol foi utilizado um trecho do jogo entre Palmeiras e São Paulo transmitido pela TV Globo em 19 de outubro de 2008 pelo 30ª rodada do Campeonato brasileiro de futebol de cerca de 20 minutos, mas as informações deste vídeo não são importantes para o teste realizado.

A característica de atualização automática de conteúdo de ambas as aplicações foi removida. Em seu lugar, o conteúdo apresentado foi mantido fixo de forma que todos os usuários obtivessem exatamente a mesma informação.

Na aplicação das olimpíadas foram disponibilizadas 7 curiosidades sobre os jogos, 9 notícias, o número de medalhas de 85 países (divididos em 17 páginas) e a agenda esportiva de 16 esportes com 120 horários programados (a quantidade de horários varia de esporte para esporte).

Na aplicação do futebol, foram apresentadas as escalações iniciais dos times do São Paulo, do Palmeiras e do trio de arbitragem, no jogo disputado em 19 de outubro pelo campeonato brasileiro de 2008. As estatísticas do jogo foram definidas aleatoriamente, os dados do menu ‘Jogos’ foram selecionados de forma a refletir a rodadas 28, 29, 30, 31, 32 do campeonato, sendo que a 30ª rodada era apresentada na aplicação como ‘Rodada Atual’. E os dados do menu ‘Classificação’ refletiam a situação deste campeonato após a 29ª rodada. Por fim, em momentos pré-determinados são inseridas três propagandas de anunciantes conhecidos logo abaixo do menu, conforme definido na seção anterior. A Figura 50 mostra estes anúncios, que podem ser inseridos como figuras ou na forma de uma animação curta.

Figura 50 – Propagandas inseridas na aplicação do futebol em momentos pré-determinados.

Para agilizar os procedimentos do teste, foram integradas nas aplicações algumas chamadas para rotinas do RO, como a chamada para iniciar a calibração externa e para iniciar/finalizar a coleta de dados. Com as aplicações adaptadas ao PC, foi simples adicionar funcionalidades para o registro de comandos realizados no controle remoto e das telas abertas durante a navegação na aplicação, em sincronia com os coletados dados pelo RO[48].

Uma informação muito importante, também registrada de forma síncrona com os dados da interação, é a marcação de conclusão das tarefas. Ao pressionar os números 1 a 9 do teclado alfanumérico, o avaliador registra o momento em que os participantes terminam cada tarefa. Esta função é de vital importância durante a análise dos dados, permitindo que os dados da interação sejam classificados de forma automatizada.

Outra modificação realizada para agilizar os procedimentos de teste foi combinar as duas aplicações e os procedimentos de calibração em um único software, de forma que a seqüência natural de operação refletisse a seqüência das atividades previstas pelo teste (que será apresentada mais adiante neste capítulo). A seqüência de operação da aplicação é ilustrada pela Figura 51.

O software utilizado no teste sempre é apresentado em tela cheia, ocultando as características do sistema operacional do PC, e a navegação entre as etapas do teste é realizada através das teclas de função do teclado. Na tela inicial do software, o operador digita o código do participante do teste, que será utilizado para identificar os arquivos de registro das telas, do controle remoto e dos dados do RO, e informa os parâmetros do algoritmo de identificação de fixações. Em seguida, pressiona F2, abrindo uma janela que permite iniciar o procedimento de calibração externa do RO, no qual o participante deve observar 16 pontos que são apresentados na tela: um de cada vez, da esquerda para a direita e de cima para baixo.

---

[48] A integração com o *eye tracker* e o registro de comandos poderiam ser realizados por softwares de análise profissionais, mas na ocasião dos testes o autor não teve acesso a este tipo de software, optando por desenvolver sua própria solução.

Pressionando F3, o operador abre uma tela que permite a realização de um procedimento de verificação da calibração, que, como apresentado na seção 2.2.5, se trata de um procedimento de teste que verifica se as posições observadas pelo usuário estão sendo detectadas corretamente.

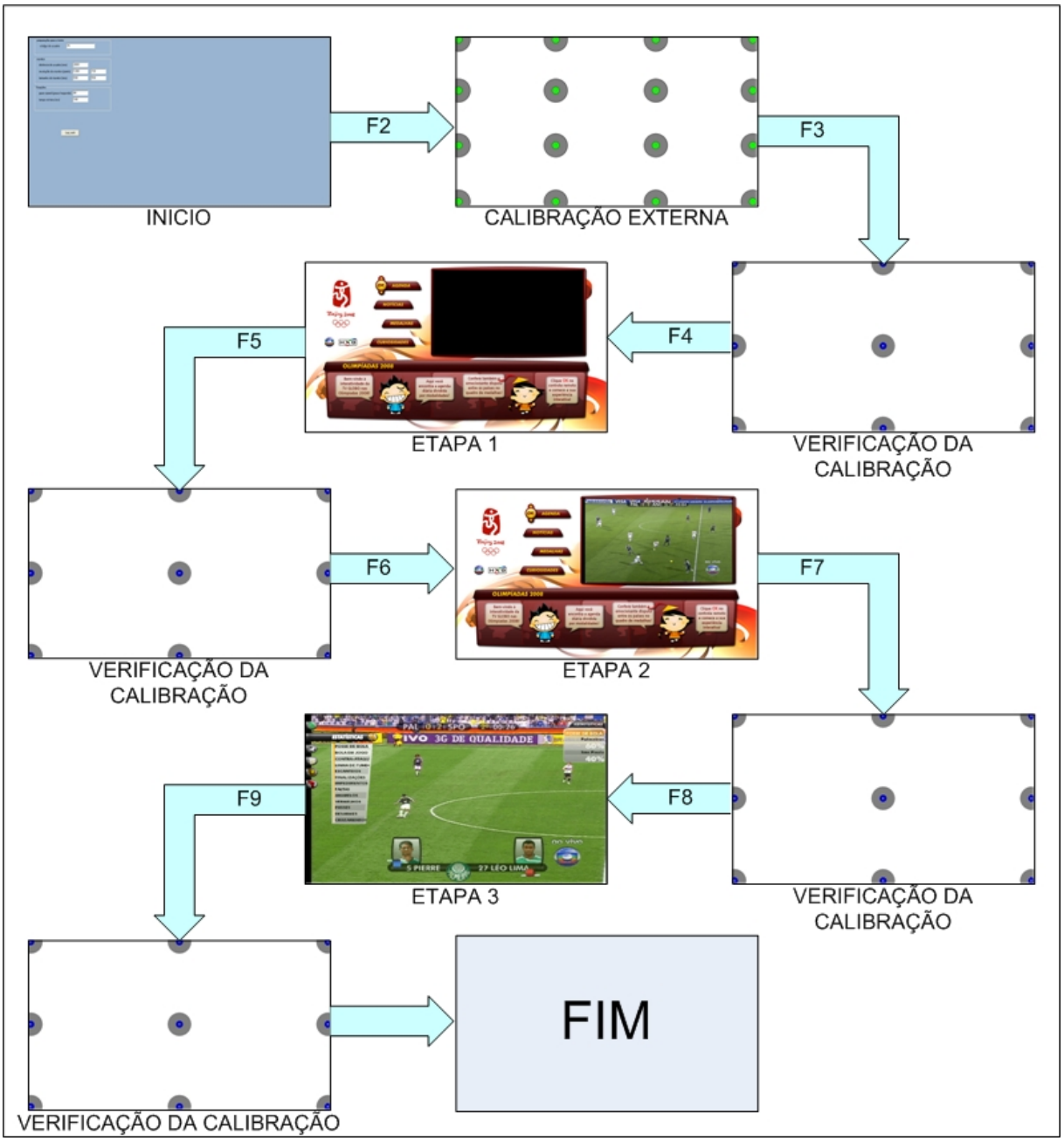


Figura 51 – Seqüência de operação da aplicação.

No software usado nos testes, o procedimento de verificação da calibração é muito semelhante ao procedimento de calibração externa, exceto por mostrar apenas 9 pontos. Após a execução do procedimento, o software automaticamente processa o

registro de posições observadas identificando as fixações do usuário. Estas fixações são desenhadas sobre uma figura que representa os pontos usados na calibração, como mostra a Figura 52. Assim, o operador realiza uma avaliação qualitativa nos dados e decide se os dados estão aceitáveis ou se o RO deve ser re-calibrado pelo procedimento externo.

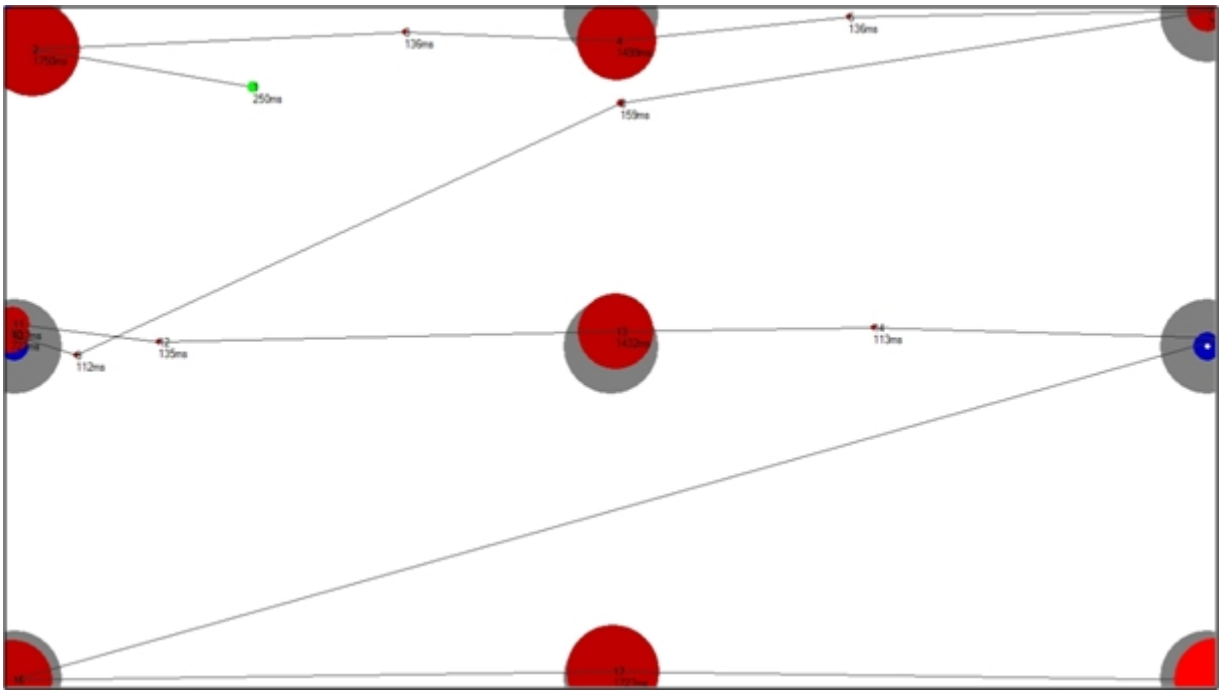


Figura 52 – Figura mostrando as fixações do usuário durante o procedimento de verificação da calibração.

Voltando a descrição da aplicação, a seqüência de operação do software avança conforme o operador pressiona as teclas de função, como mostra a Figura 51. Dessa forma o usuário desempenha as três etapas planejadas para o teste, repetindo antes e após cada uma o procedimento de verificação da calibração. Na primeira etapa, usando a aplicação das olimpíadas, nenhum vídeo é apresentado enquanto o usuário realiza as tarefas solicitadas. Na etapa 2, alguns usuários realizam as tarefas solicitadas enquanto assistem ao vídeo da partida entre Palmeiras e Sport Áncash, enquanto os outros realizam primeiro as tarefas e só então assistem ao vídeo. Por fim, na etapa 3, todos os usuários assistem ao vídeo da partida entre Palmeiras e São Paulo enquanto realizam as tarefas solicitadas. Nesta última etapa, para alguns usuários os anúncios aparecem como figuras, enquanto para os demais os anúncios são apresentados com uma animação simples.

Figura 53 – Na esquerda é apresentada a tela neutra que evita que o usuário tenha contato a aplicação antes de estar devidamente instruído. À direita mostra a aplicação depois que a tarefa é iniciada.

Por fim, para evitar que os usuários sofram influência pela exposição prematura da aplicação antes das sessões de uso (seção 3.2), ao pressionar as teclas F4, F6 ou F8 para avançar para as etapas de teste, uma tela neutra é apresentada (Figura 53 do lado esquerdo), permitindo que os usuários sejam instruídos sobre as tarefas que serão realizadas antes de qualquer contato com a aplicação. Apenas quando o usuário estiver pronto que a aplicação é apresentada, marcando também o inicio da gravação dos registros.

5.3.7 Tarefas e cenários de teste

O planejamento do teste prevê que os participantes do experimento executem uma série de tarefas ou atividades em uma ordem pré-determinada, enquanto o ambiente de teste coleta as medidas da interação. Esta seção apresenta estas tarefas. Em alguns casos, estas tarefas são apresentadas em conjunto com um cenário, que são histórias relatadas ao participante para colocá-lo numa situação na qual ele realmente precise utilizar as interfaces propostas, ou que oriente seu comportamento ao realizar as tarefas.

Os cenários são apresentados da seguinte forma:

a. Texto do cenário, que será lido pelo moderador ao participante e esclarecido quando necessário
b. Objetivos do cenário, que expressa a relação do cenário com o propósito do teste.
c. Tempo máximo estipulado para a realização do cenário (calculado como 5 vezes o tempo que o autor precisou para realizar as tarefas).

Para organizar a execução do teste, as tarefas estão divididas em três etapas:

A primeira etapa utiliza a aplicação das olimpíadas, apresentada na seção 5.3.6.1, e possui apenas propósito de treinamento dos usuários na aplicação. A segunda etapa também utiliza a aplicação das olimpíadas, mas agora os participantes são divididos em dois grupos que realizam as mesmas tarefas com algumas diferenças na forma em que a aplicação apresenta as informações. Por fim, na terceira etapa é utilizada a aplicação do futebol apresentada na seção 5.3.6.2. Nesta etapa os usuários continuam divididos em grupos e realizam as mesmas tarefas, enquanto o estímulo sofre ligeiras alterações. Estas três etapas são apresentadas nas seções seguintes.

5.3.7.1 ETAPA 1

A primeira etapa do experimento é uma etapa de treinamento onde o usuário deve encontrar quatro informações na aplicação das olimpíadas (seção 5.3.6.1), para se ambientar na aplicação e se acostumar com o controle remoto usado. Nenhum vídeo é apresentado junto com a aplicação, assim, o participante encontra uma tela como a da Figura 54 ao iniciar a atividade.

Figura 54 – Tela inicial da primeira etapa do experimento.

As informações que o participante deve encontrar na aplicação são apresentadas na Tabela 15. O participante deve falar em voz alta a informação ao encontrá-la.

Tabela 15 – Informações que o participante deve encontrar na ETAPA 1 do experimento.

COD.	ATIVIDADES
E1-1	A posição da Etiópia no quadro de medalhas
E1-2	O horário do jogo da seleção feminina brasileira de vôlei
E1-3	Uma notícia sobre a equipe de ping pong do Brasil
E1-4	O horário da última prova de natação do dia

O tempo máximo esperado para a conclusão do cenário é de 6 minutos.

5.3.7.2 ETAPA 2

Na segunda etapa do experimento, a aplicação das olimpíadas (seção 5.3.6.1) continua sendo utilizada, porém neste caso o vídeo de um jogo de futebol entre Palmeiras e Sport Áncash é apresentado na região reservada para o vídeo na aplicação, como explicado na seção 5.3.6.3.

Nesta etapa, os participantes são divididos em dois grupos, chamados de Grupo A e Grupo B, e cada grupo realiza um cenário de teste ligeiramente diferente.

Os participantes do grupo A são instruídos pelo Moderador conforme o seguinte texto de cenário:

> "Você é um telespectador fanático por esportes, e deseja encontrar algumas informações sobre os jogos olímpicos em um programa de TV interativa"

O participante deve encontrar oito informações na aplicação, apresentadas na Tabela 16. Da mesma forma como ocorre na ETAPA 1 do teste, os participantes utilizam a aplicação sem que nenhum vídeo seja apresentado junto com a aplicação e devem expressar em voz alta a informação ao encontrá-la.

Tabela 16 – Informações que o participante deve encontrar na ETAPA 2 do experimento.

COD.	ATIVIDADES
E2-1	O horário do próximo jogo da seleção brasileira de handball masculino.
E2-2	A posição do Brasil no quadro de medalhas.
E2-3	Quantidade de medalhas que o Brasil tem a menos que Cuba.
E2-4	Uma curiosidade sobre o esporte chamado Badminton.
E2-5	Uma notícia sobre a equipe brasileira de vôlei feminino.
E2-6	O horário da corrida de revezamento 4x400 feminino (atletismo).
E2-7	O ano da primeira medalha do judô brasileiro.
E2-8	Quantas partidas de hóquei estão programadas para hoje e amanhã.

O tempo esperado para a conclusão do cenário é de 10 minutos.

Após encontrar a última informação, o participante é solicitado a assistir ao jogo e é informado que serão feitas perguntas sobre coisas que acontecem no jogo.

O grupo A é considerado como um grupo de controle, realizando duas atividades distintas (procurar informações na aplicação e assistir ao jogo), uma de cada vez.

Já os participantes do grupo B são instruídos conforme o texto de cenário:

> "Você é um telespectador fanático por esportes. Durante a exibição de um jogo de futebol, além de assistir o jogo, você deseja encontrar algumas informações sobre os jogos olímpicos em um programa de TV interativa."
> "Para você, o mais importante é acompanhar todos os lances do jogo, mas você ainda quer obter as informações do programa interativo."

Os participantes devem procurar as mesmas informações que o grupo A (Tabela 16), mas realizam esta tarefa ao mesmo tempo em que assistem ao jogo de futebol, encontrando uma tela semelhante à da Figura 55 ao iniciar a atividade.

Figura 55 – Tela inicial encontrada pelos participantes do grupo B na primeira etapa do experimento.

O participante deste grupo também é informado que serão feitas perguntas sobre o jogo de futebol.

As perguntas são feitas ao participante após a sessão de teste são apresentadas na Tabela 17. A tabela também mostra a resposta correta e uma figura retirada do vídeo mostrando a informação.

Tabela 17 – Perguntas sobre o vídeo exibido na ETAPA 2.(continua)

COD.	PERGUNTA	RESPOSTA	VÍDEO
P2-1	Quando ocorreu o jogo: de dia ou de noite?	NOITE	
P2-2	Qual era o estado do gramado: seco ou molhado?	MOLHADO	
P2-3	Quais as cores das camisas dos times? Time 1	VERDE	
P2-4	Time2	BRANCA	
P2-5	Qual a cor da camisa do juiz?	AMARELA	
P2-6	Qual a cor da bola?	AMARELA	
P2-7	Qual o nome ou número do jogador que foi expulso?	UBILLUS (13)	

Tabela 17 – Perguntas sobre o vídeo exibido na ETAPA 2.(conclusão)

P2-8	De que time ele era (nome ou cor da camisa)?	ANCASH / BRANCA	
P2-9	Qual o nome ou número do jogador que fez o gol?	JUMAR (13)	
P2-10	Você consegue apontar o jogador que fez o gol nesta foto?[49]	3	
P2-11	Qual o nome do anunciante que apareceu no canto superior esquerdo do vídeo?	BRAHMA	

O objetivo destes cenários é permitir o estudo da queda do desempenho dos participantes ao executar tarefas simultâneas na aplicação.

5.3.7.3 ETAPA 3

Na terceira e última etapa do experimento, o participante utiliza a aplicação do futebol (seção 5.3.6.2) que é apresentada sobre as imagens do jogo entre Palmeiras e São Paulo, conforme descrito na seção 5.3.6.3.

---

[49] O Participante deve identificar o jogador que fez o gol entre quatro fotos de atletas do Palmeiras. As quatro fotos estão na Planilha do moderador, disponível no APÊNDICE 7.

Nesta etapa, os participantes continuam divididos em dois grupos, Grupo A e Grupo B. Ambos os grupos realizam exatamente a mesma tarefa, porém para o grupo A, a propaganda inserida na aplicação é estática, composta por uma simples figura, e para o grupo B a propaganda inserida é animada, composta por uma seqüência de figuras. A Figura 56 mostra a aplicação do futebol com uma propaganda inserida.

Figura 56 – Aplicação do futebol.

Os participantes são instruídos pelo Moderador conforme o seguinte texto de cenário:

> "Você é um torcedor do Fluminense. Durante a exibição do último jogo da rodada, entre Palmeiras e São Paulo, você deseja descobrir algumas informações sobre o seu time e sobre o jogo atual, utilizando uma aplicação de TV Interativa."

Como nas etapas anteriores, os participantes devem procurar informações na aplicação. Estas informações são apresentadas na Tabela 18. Contudo, antes de iniciar a sessão de teste, o moderador informa ao usuário que, para abrir o menu da aplicação, o participante deve pressionar o botão DIREITA do controle remoto, já que esta função não é facilmente reconhecida com o menu fechado.

Tabela 18 – Informações que o participante deve encontrar na ETAPA 3 do experimento.

COD.	ATIVIDADES
E3-1	O próximo adversário do Fluminense
E3-2	A posição do Fluminense na tabela
E3-3	O número de pontos conquistados pelo Fluminense
E3-4	O saldo de gols do Fluminense
E3-5	Time com maior posse de bola
E3-6	Time com maior número de finalizações
E3-7	O nome do árbitro.
E3-8	O nome do jogador do São Paulo com a camisa 8

O tempo esperado para a conclusão das atividades propostas é de 8 minutos, e após a conclusão das atividades, o Moderador faz a seguinte pergunta, anotando a resposta:

> "Algumas propagandas apareceram no programa interativo, na posição indicada na figura[50]. Você consegue lembrar quais eram?"

A Tabela 19 mostra os três anunciantes que são exibidos durante o uso da aplicação do futebol.

[50] A figura está presente na planilha do moderador (APÊNDICE 7).

Tabela 19 - Perguntas sobre os anúncios exibidos na ETAPA 3.

COD.	PERGUNTA	RESPOSTA	VÍDEO
P3-1	Qual o nome do primeiro anunciante?	FANTA	
P3-2	Qual o nome do segundo anunciante?	SKOL	
P3-3	Qual o nome do terceiro anunciante?	VOLKS	

Esta etapa tem como objetivo permitir o estudo das preferências de navegação dos participantes em uma aplicação exibida sobre o vídeo. Outro objetivo deste cenário é verificar se propagandas inseridas com animação chamam mais atenção dos participantes do que as propagandas compostas por imagens estáticas.

5.3.8 Métricas ou variáveis dependentes

Conforme apresenta a seção 3.4, diversas métricas ou variáveis dependentes são usadas para provar ou refutar as hipóteses propostas durante o planejamento do experimento (citadas no início deste capítulo). Outros dados são coletados para avaliar o ambiente de teste e a satisfação do participante. Esta seção apresenta estas métricas, que serão coletadas através da análise do registro do vídeo do usuário, dos questionários preenchidos pelos participantes, ou pelo software de análise desenvolvido pelo autor (apresentado na seção 5.3.10), conforme o caso.

As métricas coletadas através de métodos convencionais de avaliar a usabilidade de uma aplicação estão expostas na Tabela 20.

Tabela 20 – Métricas convencionais utilizadas nos experimentos.

MÉTRICA	DESCRIÇÃO
Tempo para conclusão da tarefa	Mede o tempo que o usuário levou até conseguir completar a tarefa que ele estava fazendo. Foi baseada na métrica "Tempo da tarefa" do relatório técnico de elementos de métrica de qualidade ISO/IEC 25021 (ISO, 2007).
Número de tarefas concluídas com sucesso	Mede a eficácia do usuário em concluir as tarefas solicitadas durante o experimento.
Número de acertos nas perguntas após a etapa.	Mede o número de acertos dos participantes nas perguntas realizadas sobre o vídeo realizadas após a ETAPA 2 (seção 5.3.7.2) do experimento, ou o número de acertos dos participantes nas perguntas sobre as propagandas apresentadas durante a ETAPA 3 (seção 5.3.7.3) do experimento.
Número de erros no controle remoto	Número de erros executados pelos usuários no cumprimento da tarefa. Será considerado como erro qualquer desvio da seqüência de comandos prevista para a tarefa. Esta métrica será calculada subtraindo do total de comandos realizados pelo participante, o número de comandos necessários para executar a seqüência de uso prevista para a tarefa.
Índice de dificuldade da tarefa	Mede a dificuldade para concluir as tarefas em cada etapa do teste. É atribuída pelos usuários através de uma escala colocada no questionário pós teste (APÊNDICE 4), é graduada de 1 (muito fácil) a 5 (muito difícil).
Importância das regiões para a realização das atividades propostas	Mede a importância dos elementos da interface para a conclusão das tarefas propostas em cada etapa do teste. É atribuída pelos usuários através de escalas colocadas no questionário pós teste (APÊNDICE 4), é graduada de 1 (pouco importante) a 5 (muito importante).
Índices de Satisfação e de desconforto	Coletada através de perguntas e escalas colocadas no questionário pós teste (APÊNDICE 4). Visa descobrir se os participantes sentiram algum tipo de desconforto durante os testes, e se estes se sentiram satisfeitos com as aplicações e com o teste de maneira geral.
Adequação do ambiente de teste	Coletada através de perguntas sobre o ambiente de teste, colocadas no questionário pós teste (APÊNDICE 4). São questões sobre o controle remoto usado, arranjo dos móveis, tamanho e distância da tela da TV, e etc.
Adequação dos procedimentos de teste	Coletada através de perguntas colocadas no questionário pós teste (APÊNDICE 4). Visa descobrir se os participantes realizariam as tarefas propostas em casa, e se os procedimentos empregados durante o teste prejudicaram seu resultado (especialmente se a constante repetição da calibração prejudica o resultado do teste)
Adequação das aplicações testadas	Coletada através de perguntas colocadas no questionário pós teste (APÊNDICE 4). Procura verificar a opinião dos participantes sobre o layout das aplicações, tamanho das fontes e cores usadas.

Muitas destas métricas não foram usadas diretamente para verificar as hipóteses, mas foram coletadas assim mesmo para assegurar a validade do teste. Por exemplo: se todos os usuários informarem que a fonte usada nas aplicações é muito pequena e não pode ser vista, podemos tentar explicar, por exemplo, a razão de um número baixo de tarefas completadas com sucesso.

Cinco métricas foram obtidas através do rastreamento do olhar. As métricas utilizadas são apresentadas na Tabela 21 e são todas baseadas em fixações, conforme descrito na seção 3.3.1.

Tabela 21 – Métricas obtidas através do RO e utilizadas nos experimentos.

MÉTRICA	DESCRIÇÃO
Número de fixações (total)	Métrica descrita na Tabela 5, apresentada por Poole e Ball (2005) e Jacob e Karn (2003). Costuma ser usada para verificar a eficiência em tarefas envolvendo busca de informações.
Duração média da fixação (total)	Métrica descrita na Tabela 5, apresentada por Poole e Ball (2005) e Jacob e Karn (2003). Costuma ser usada para indicar dificuldade na extração de informações.
Número de fixações em uma AOI	Métrica descrita na Tabela 5, apresentada por Poole e Ball (2005) e Jacob e Karn (2003). Costuma associar o número de fixações em cada AOI com a sua importância para a conclusão das tarefas.
Duração da fixação em uma AOI	Métrica descrita na Tabela 5, apresentada por Poole e Ball (2005) e Jacob e Karn (2003). Costuma ser usada para indicar dificuldade na extração de informações em uma região específica da interface com usuários.
Mudanças de foco entre aplicação e vídeo	Métrica baseada na 'Mudanças de AOI focadas pela *gaze'* descrita na Tabela 5, apresentada por Poole e Ball (2005). Costuma ser usada para indicar a dinâmica de alocação da atenção do usuário sobre uma ou mais AOIs. Neste experimento é medido o número de mudanças de foco por minuto entre o vídeo e a aplicação na ETAPA 2 (seção 5.3.7.2).

As métricas da Tabela 21 são comparadas com métricas convencionais (Tabela 20) com o objetivo de compreender e verificar a sua relação com as métricas convencionais de avaliação de usabilidade.

5.3.9 Instrumentos usados na pesquisa

Os instrumentos de pesquisa criados e utilizados no teste são apresentados na Tabela 22, e estão disponíveis nos apêndices deste trabalho.

Tabela 22 – Instrumentos usados na pesquisa.

DOCUMENTO	DESCRIÇÃO	REFERÊNCIA
Projeto de pesquisa	Documento apresentado ao Comitê de Ética do Hospital Universitário da USP, contendo a descrição detalhada do experimento com seres humanos pretendido, para o estudo sobre seus riscos e dos métodos de avaliação adotados. Após a aprovação do CEP foram realizadas pequenas mudanças no projeto de pesquisa para melhorar a dinâmica do teste e não são significativas do ponto de vista metodológico.	
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)	Redigido de acordo com as exigências da Resolução CNS 196/96, é o documento que expressa e memoriza que o participante foi informado plenamente e concordou livremente em participar da pesquisa. O TCLE documenta ainda o compromisso da equipe de pesquisa com a privacidade do participante e a confidencialidade dos dados coletados. O TCLE é acompanhado por uma carta que explica a pesquisa ao participante dos testes.	APÊNDICE 2
Questionário pré-teste	Questionário aplicado para coletar informações sobre o perfil dos participantes antes da sessão de teste.	APÊNDICE 3
Questionário pós-teste	Questionário aplicado na forma de entrevista para coletar a opinião do participante sobre os sistemas, sobre os procedimentos e o ambiente de teste	APÊNDICE 4
Ficha do usuário	Ficha entregue aos usuários apresentando os cenários e tarefas que deverão ser realizadas em cada etapa do teste.	APÊNDICE 5
Roteiro do moderador	Roteiro explicando as atividades do moderador, desde como receber o usuário e como aplicar o TCLE, até como conduzir as sessões de teste. É utilizado para o treinamento do moderador e do avaliador.	APÊNDICE 6
Planilha do moderador	Planilha contendo informações sobre os cenários e tarefas que serão realizadas pelos participantes, e as perguntas que deverão ser feitas a estes após a realização dos cenários. Contém lugares adequados para registrar as respostas e comentários sobre as sessões de uso.	APÊNDICE 7
Roteiro do avaliador	Roteiros que auxiliam o avaliador na operação dos equipamentos, indicando a seqüência planejada para o teste. Contém espaço para registrar informações sobre a calibração do sistema.	APÊNDICE 8

Os instrumentos apresentados na Tabela 22 são formulários ou roteiros impressos em papel, criados para orientar a sessão de teste e registrar eventos que ocorram durante esta.

5.3.10 Softwares de análise

O processo de análise e extração de parâmetros com base nos dados gravados durante as sessões de teste é um trabalho extremamente lento e cansativo. Para simplificar este trabalho, foi desenvolvido um software que processa os registros gravados, também chamados de *logs* nesta dissertação, e os exporta em formato compatível com a planilha eletrônica Excel da Microsoft. Este software, em seguida, foi expandido para permitir que os *logs* sejam apresentados com sincronismo, reproduzindo a navegação dos usuários entre as telas da aplicação, mostrando os botões pressionados no controle remoto e a posição que os usuários estavam observando ao interagir com as aplicações do teste. A função de extração de parâmetros deste software é apresentada na seção 5.3.10.1, enquanto a função de reprodução dos *logs* é apresentada na seção 5.3.10.2. Por fim, na seção 5.3.10.3, são apresentados outros softwares, usados para tabular as informações e realizar os testes estatísticos necessários durante a análise.

5.3.10.1 Extração de parâmetros

A primeira função do software de análise implementado nesta pesquisa é extrair os parâmetros que são utilizados na avaliação quantitativa, para verificar a validade das hipóteses propostas no planejamento do experimento. A Figura 57 mostra este software.

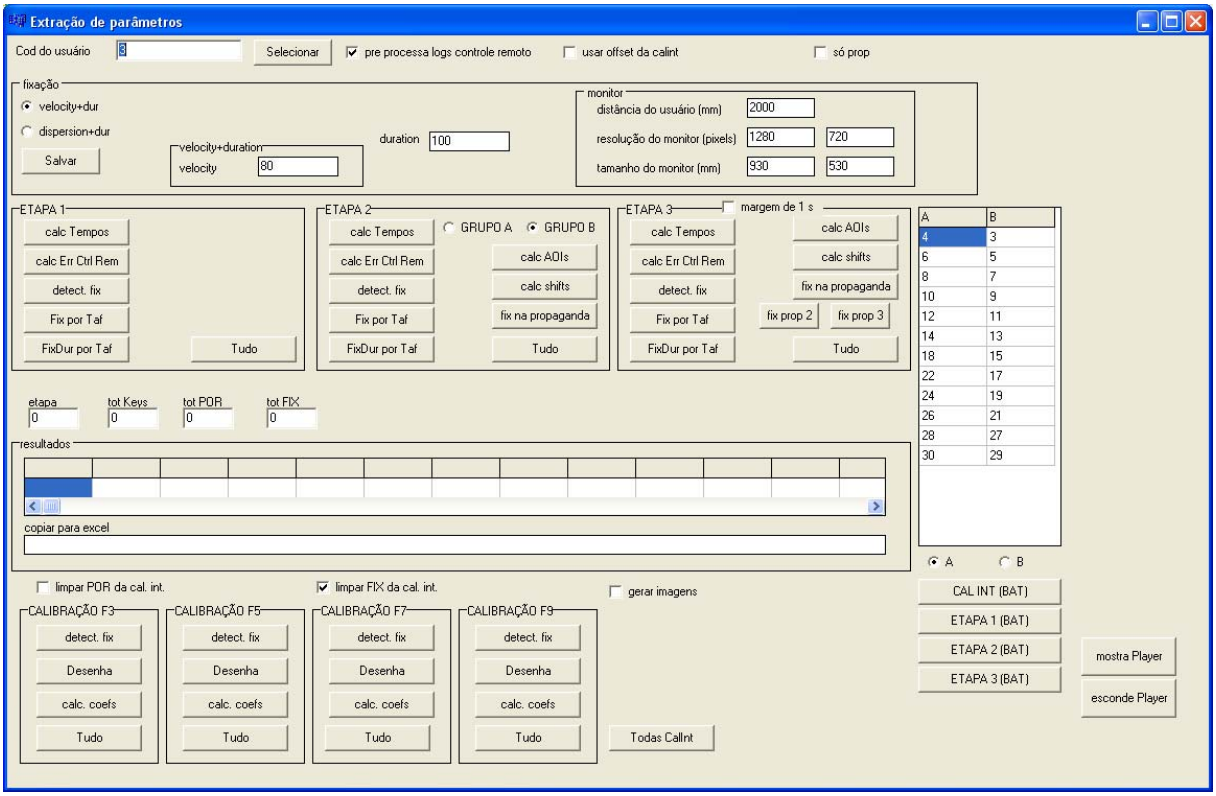


Figura 57 – Interface da aplicação para extração de parâmetros dos *logs* gravados.

A extração de parâmetros é realizada de acordo com as etapas do teste, utilizando os *logs* adequados, bastando para isso selecionar o código do usuário desejado na região superior da janela (em destaque na Figura 58).

Figura 58 – Seleção do usuário que será processado.

Os parâmetros extraídos são colocados na tabela que fica no centro da interface. Logo abaixo da tabela, são colocados os mesmos dados em um formato que possa ser copiado para a planilha eletrônica. (Figura 59).

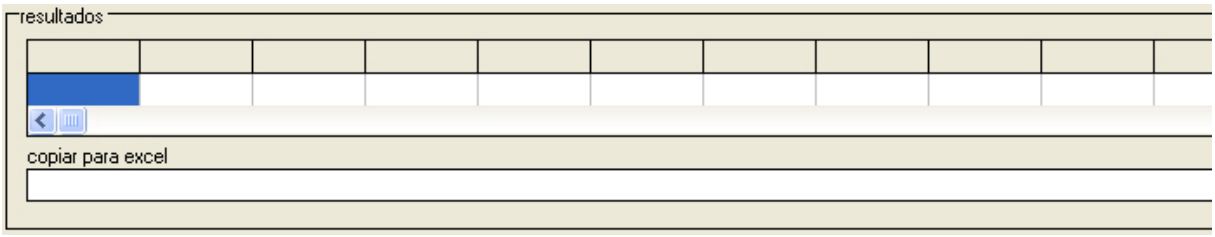


Figura 59 – Tabela de resultados e exportação para planilha eletrônica.

A extração de parâmetros é iniciada com o processamento dos *logs* das verificações da calibração realizadas pelo participante. Como apresentado na Figura 60, desenhando as fixações de alguns usuários sobre uma grade representando os pontos utilizados na calibração, é possível notar que conforme o teste avança os pontos observados são sistematicamente deslocados vertical e horizontalmente. Este deslocamento recebe o nome de escorregamento, e ocorre freqüentemente em experimentos com rastreamento do olhar, conforme esclarece Poole (2005).

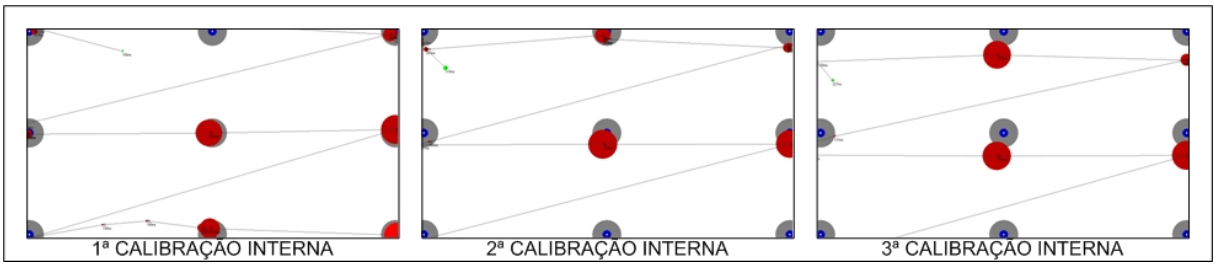


Figura 60 – Verificações da calibração do usuário de código 30.

Em uma análise qualitativa, um pesquisador treinado consegue identificar rapidamente este escorregamento, porém nos procedimentos automatizados ele pode gerar problemas na extração de parâmetros.

O software de análise utiliza os dados registrados durante as calibrações antes e após cada etapa para tentar corrigir, ou pelo menos amenizar, o problema do escorregamento, mas antes prepara os dados de calibração da seguinte forma:

1) Primeiro são calculadas as fixações dos usuários com base no log de dados brutos (POR) coletados durante a verificação da calibração.

2) As fixações identificadas são filtradas da seguinte forma: Durante a verificação da calibração, cada ponto do procedimento é exibido inicialmente em preto por 1 segundo, e em seguida em azul por 800ms. Já que no início da exibição de cada ponto muitos usuários ainda estão deslocando seu foco de visão, só são consideradas as fixações que ocorreram quando o ponto é apresentado em azul, como ilustra a Figura 61.

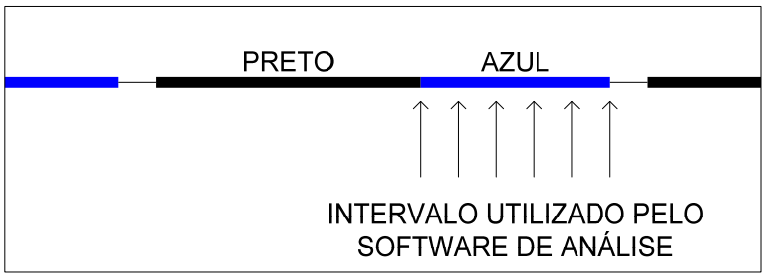


Figura 61 – Filtro aplicado às fixações da verificação da calibração. Só são usadas as fixações que ocorreram no final da exibição do ponto de calibração.

3) O instante de exibição do ponto também é usado para associar as fixações com os pontos da calibração.
4) Para cada ponto, é definida uma fixação única, calculando a média ponderada das fixações associadas ao ponto, utilizando a duração da fixação como peso, como mostra a equação abaixo: eq. (1).

$$X = \frac{\sum_{i=1}^{n} \mathrm{x_i} * \mathrm{duração_i}}{\sum_{i=1}^{n} \mathrm{duração_i}};\ Y = \frac{\sum_{i=1}^{n} \mathrm{y_i} * \mathrm{duração_i}}{\sum_{i=1}^{n} \mathrm{duração_i}} \qquad (1)$$

5) Para cada ponto, são calculados dois coeficientes (coef_X e coef_Y) de forma que: somando o coeficiente X à coordenada X da fixação, e somando o coeficiente Y à coordenada Y da fixação, o ponto de calibração e a fixação sejam sobrepostos.
6) Por fim, é calculada a média simples dos coeficientes X e Y dos nove pontos, resultando em dois coeficientes únicos para cada calibração (um para o eixo X e outro para o eixo Y).

Não é possível identificar o momento exato no qual o coeficiente deve ser aplicado para corrigir os dados coletados, sendo possível que o escorregamento aumente de maneira gradual[51]. Mesmo assim, a correção do escorregamento é necessária para melhorar o desempenho do algoritmo de extração de parâmetros[52].

---

[51] Durante os testes qualitativos, onde o autor inspecionou os dados de todos os usuários, não foi detectado nenhum ponto de ruptura que mostrasse ser a causa do escorregamento.

[52] Outra opção para este solucionar este problema identificado pelo autor é aumentar o tamanho as áreas de interesse. Porém, em alguns casos esta solução causa a sobreposição de AOIs dificultando a interpretação dos resultados.

No software de análise, o autor optou por adicionar a todas as fixações coletadas na etapa, o valor médio dos coeficientes obtidos das verificações da calibração realizadas antes e depois da respectiva etapa. Assim, durante a extração de parâmetros explicada a seguir, são usados os valores das fixações corrigidos.

A próxima função deste software envolve a extração de parâmetros das sessões de uso propriamente ditas. Cada etapa é processada de maneira ligeiramente diferente, como mostram os painéis de operação representados na Figura 62.

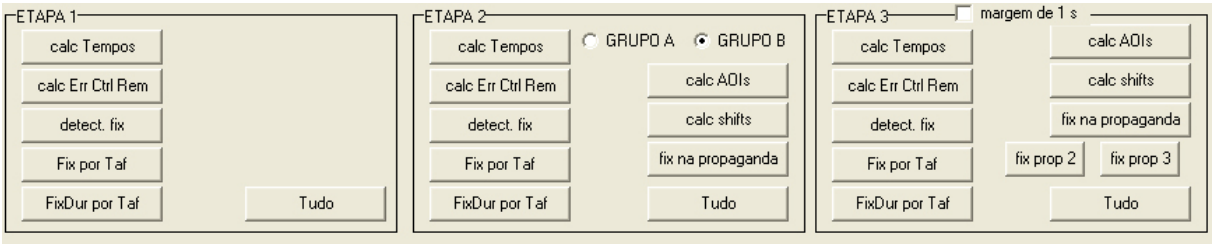


Figura 62 – Painéis de operação para extração de parâmetros das etapas de teste.

A primeira etapa é processada conforme mostra a Figura 63. Inicialmente é calculado o tempo que o participante gastou para encontrar cada informação solicitada. Para tanto são utilizadas as marcações de conclusão das tarefas, registradas pelo Avaliador durante as sessões de teste no software preparado, como indicado na seção 5.3.6.3. Em seguida, o *log* de comandos no controle remoto é processado: o total de comandos realizados pelo usuário é subtraído do número de comandos esperado para a tarefa, resultando no número de erros no controle remoto, como explicado nas métricas usadas (seção 5.3.8).

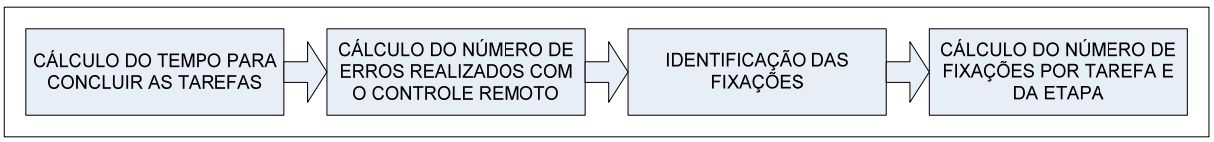


Figura 63 – Processamento realizado com os dados da ETAPA 1 do experimento.

Em seguida os dados das posições observadas são processados. Primeiro, as fixações do usuário são identificadas conforme o método apresentado em 5.3.4. A

Figura 64 mostra o painel onde são definidos os limiares e outras informações sobre o ambiente de teste utilizado pelo algoritmo de identificação de fixações, como a distância que o usuário para a tela, a sua resolução e o seu tamanho da tela (em milímetros).

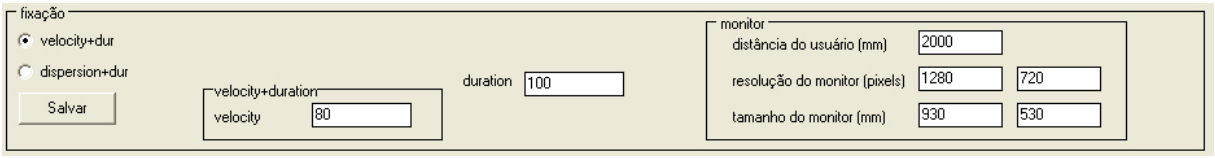


Figura 64 – Configuração do algoritmo para identificação de fixações.

Por fim, é calculado o número de fixações e a duração média das fixações por tarefa e da etapa. Os dados são disponibilizados na tabela e em seguida copiados para a planilha eletrônica finalizando o processamento da primeira etapa.

A segunda etapa do teste é processada de acordo com o diagrama da Figura 65. Os quatro primeiros processos são realizados como descrito para a etapa 1 do experimento, entretanto, os dados desta etapa são submetidos a quatro novos procedimentos.

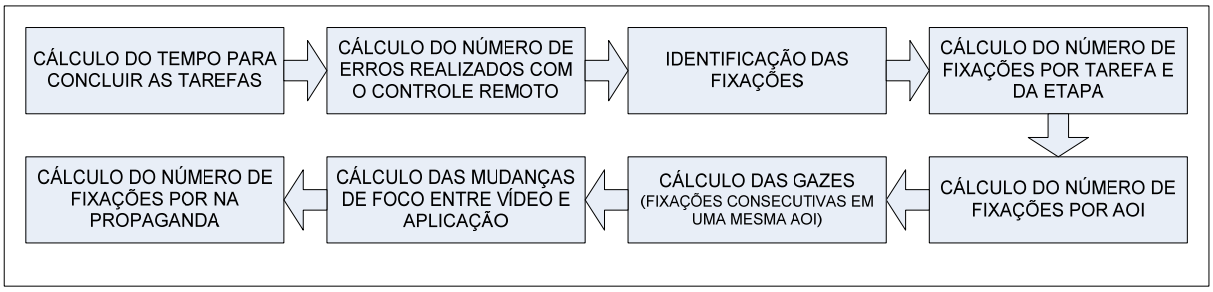


Figura 65 – Processamento realizado com os dados da ETAPA 2 do experimento.

Após a quarta etapa de processamento, é calculado o número de fixações e a duração média das fixações por área de interesse. As áreas de interesse da aplicação das olimpíadas foram definidas como representado na Figura 66 (à esquerda).

Figura 66 – Áreas de interesse das aplicações utilizadas nos testes.

O processo descrito acima também registra o número da área de interesse na própria fixação, facilitando o cálculo das *gazes* (seção 3.3), que são fixações consecutivas que ocorrem sobre uma mesma AOI. Depois de calculadas, as *gazes* são inspecionadas procurando momentos em que o usuário estava observando o vídeo (AOI 1 da Figura 66) e em seguida passou a observar a aplicação (qualquer outra AOI da aplicação) e vice versa. O parâmetro extraído é a métrica mudanças de foco entre aplicação e vídeo (V. seção 5.3.8).

Para finalizar o processamento da segunda etapa, é calculado o número de fixações que ocorreram sobre o anúncio que aparece no vídeo. Para tanto é definida uma pequena área de interesse na região em que a propaganda é inserida, mas só são contadas as fixações que ocorrem nesta região no período de tempo marcado pela exibição do anúncio propriamente dito.

É importante ressaltar que os participantes do grupo A e do grupo B realizam cenários de uso diferentes, como apresentado em 5.3.7.2. Assim, é necessário indicar no software de análise o grupo certo para que os parâmetros sejam calculados corretamente.

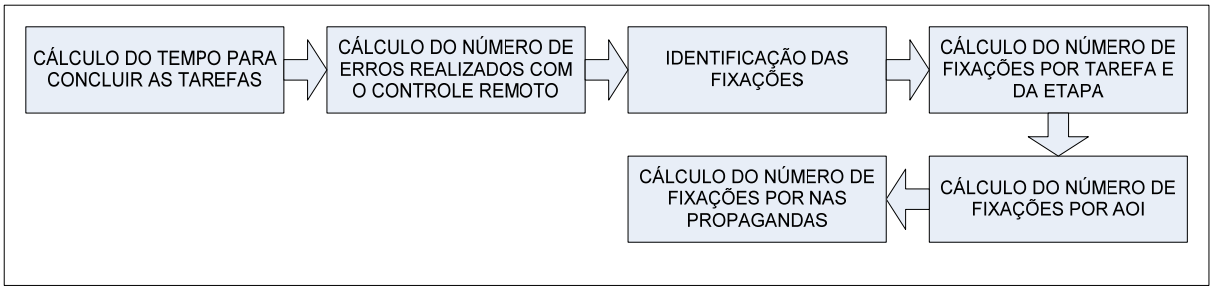


Figura 67 – Processamento realizado com os dados da ETAPA 3 do experimento.

Enfim, na terceira etapa os quatro primeiros processos apresentados na etapa 1 são novamente utilizados.

O cálculo de fixações por AOI é similar ao descrito para o processamento da etapa 2 com uma diferença. As fixações das áreas de interesse 1, 2, 3 e 4 (Figura 66 à direita) são somadas, e as fixações que ocorrem sobre o vídeo, representado como AOI 5, são calculadas como o número total de fixações menos o número de fixações nas outras AOIs.

Por fim, são calculadas as fixações que ocorrem nas três propagandas, como realizado no processamento da etapa 2.

O diagrama representando o processamento da etapa 3 do experimento é apresentado na Figura 67.

Uma última característica deste software é que, além de processar um usuário por vez, ele pode processar listas de usuários agilizando a extração das informações necessárias pela análise.

5.3.10.2 Reprodução de registros

A segunda função do software de análise é a reprodução dos registros coletados durante as sessões de teste. Esta função é acessada a partir da interface descrita na seção anterior, como mostra a Figura 68a. Esta função utiliza os registros (*logs)* de telas acessadas, comandos do controle remoto, marcações de fim de tarefa e das posições observadas pelos usuários.

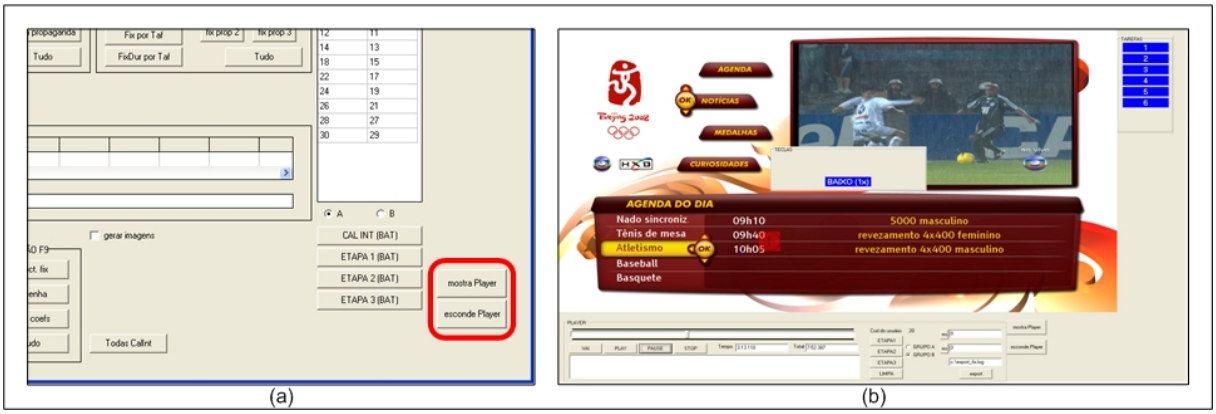


Figura 68 – a) Botões de acesso da função de reprodução de *logs;* b) Interface desta função.

As características da interface criada para reprodução dos *logs* são destacadas na Figura 69. Nesta figura podemos observar na parte inferior da janela, indicada com o número 1, os controles de reprodução da sessão. A região marcada com o número 2 apresenta as tarefas concluídas até este ponto da reprodução. A região marcada com o número 3 apresenta o último botão do controle remoto pressionado pelo usuário, e as regiões marcadas em 4 e 5 destacam as fixações do usuário neste momento da reprodução. A região 4 mostra a fixação mais recente como um quadrado vermelho parcialmente transparente. A região 5 mostra as duas fixações anteriores em azul, para facilitar a compreensão do comportamento do usuário.

Figura 69 – Características da função de reprodução de *logs.*

A seleção do código do usuário é realizada como na 5.3.10.1, os comandos necessários para a reprodução dos *logs* são realizados no painel apresentado na Figura 70. Com estes controles é possível selecionar a etapa do teste que será vista, carregando a aplicação das olimpíadas ou do futebol, conforme o caso[53]. É mostrado no local adequado o tempo total da sessão gravada, e o momento atual da reprodução. Este momento também pode ser visto em uma linha do tempo, colocada logo acima dos tempos.

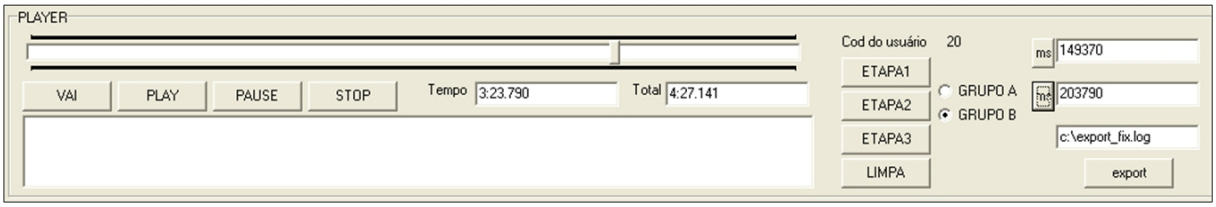


Figura 70 – Controles de reprodução dos *logs.*

O software de análise permite que a sessão de uso seja executada (com o botão PLAY), pare no ponto atual quando estiver sendo reproduzida (PAUSE), ou volte ao início (STOP). Para ir para outro ponto sem precisar assistir todo o vídeo, o pesquisador deve mover o cursor da linha de tempo para a posição desejada e pressionar o botão VAI. Assim o pesquisador pode controlar facilmente a reprodução de todos os registros de forma sincronizada.

Para finalizar, o software de análise criado possui duas outras funções, também vistas na Figura 70. A primeira é uma simples caixa de texto localizada abaixo dos controles de reprodução, criada para permitir que o pesquisador registre suas anotações rapidamente sem precisar recorrer a outro software. A segunda, localizada à direita, permite que pequenos trechos do registro de fixações sejam gravados em arquivos separados. Estes pequenos trechos podem ser desenhados sobre as telas do software e usados para ilustrar comportamentos específicos dos usuários identificados durante uma análise qualitativa da interação.

---

[53] Como explicado na seção anterior, é importante indicar a que grupo o usuário pertence já que, na etapa 2 do experimento, os cenários de uso executados são diferentes.

5.3.10.3 Softwares para tabular e analisar os dados

Para tabular os dados coletados através dos questionários pré e pós-teste, da planilha do moderador, do roteiro do avaliador e do software descrito na seção 5.3.10.1, foi utilizada a planilha eletrônica Excel da Microsoft.

Durante a análise dos dados foram usados os seguintes testes estatísticos:

- TESTE-T: usado para verificar se há diferença significativa entre os dados do grupo A e B. A calculadora online GraphPad QuickCalcs (GRAPHPAD, 2008) foi utilizada para realizar este teste.

> *"Um teste-t compara as médias de dois grupos. […] O teste t compara uma variável (como a pressão sanguínea) entre dois grupos. […] Use o teste t para comparar apenas uma variável contínua" [tradução do autor] (GRAPHPAD, 2008).*

- TESTE DE GRUBB: usado para detectar um *outlier*, ou seja, usado para identificar dados que não devam ser classificados junto com os demais dados do grupo. A calculadora online GraphPad QuickCalcs (GRAPHPAD, 2008b) foi utilizada para realizar este teste.

> *"Outliers tornam a análise estatística difícil. […] Teste de Grubb, também conhecido como método ESD (extreme studentized deviate), determina quando um dos valores de uma lista é considerado um outlier significante" [tradução do autor] (GRAPHPAD, 2008b).*

- COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON: usado para verificar a correlação entre os dados do rastreamento do olhar e os dados obtidos de maneira convencional. A planilha eletrônica Excel foi utilizada para calcular este coeficiente.

> *"O coeficiente de correlação de Pearson, também chamado de 'coeficiente de correlação produto-momento' ou simplesmente de 'r de Pearson' mede o grau da correlação (e a direção dessa correlação - se positiva ou negativa) entre duas variáveis de escala métrica.*
>
> *Este coeficiente, normalmente representado por r assume apenas valores entre -1 e 1.*
>
> *r = 1 Significa uma correlação perfeita positiva entre as duas variáveis.*
>
> *r = − 1 Significa uma correlação negativa perfeita entre as duas variáveis - Isto é, se uma aumenta, a outra sempre diminui.*
>
> *r = 0 Significa que as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra. No entanto, pode existir uma dependência não linear. Assim, o resultado r = 0 deve ser investigado por outros meios." (WIKIPEDIA, 2009a).*

5.4 MÉTODOS

Durante o planejamento e a execução do experimento realizado nesta pesquisa, foram adotados diversos métodos comumente empregados em avaliações de usabilidade convencionais. Entretanto, como pode ser visto na seção 3.4, e nos materiais descritos na seção anterior, diversos cuidados foram tomados para incluir o rastreamento do olhar no ambiente de teste. Estes cuidados variam desde a escolha da posição do RO no ambiente e do uso de cortinas nas janelas, até a inclusão procedimentos de calibração durante a sessão de teste e na escolha das tarefas realizadas.

Na seção 3.4.2 são apresentados diversos métodos experimentais utilizados em testes de usabilidade que dão forma ao experimento. De acordo com esta seção, o teste realizado nesta pesquisa pode ser classificado como:

- Um estudo de caso, no qual, ao invés de utilizar uma amostra representativa da população alvo (toda população brasileira), foi decidido escolher um conjunto de usuários com perfil semelhante (seção 5.3.2) para amenizar o efeito das diferenças entre indivíduos.

- Como apresentado acima, um conjunto de usuários é estudado (estudo *nomotético)* procurando identificar comportamentos similares que possam ser generalizados.
- Os usuários são divididos em dois grupos (A e B) e cada grupo realiza tarefas ligeiramente diferentes, como apresentado na seção 5.3.7. Desta forma o teste está de acordo com o método entre grupos.
- Já que as tarefas dos usuários foram manipuladas, o teste assume a forma de um experimento.
- Este experimento é realizado em laboratório onde as condições ambientais podem ser mais facilmente controladas, porém são tomadas diversas ações no sentido de simular um ambiente real de uso da TV na tentativa de assegurar a validade do teste, como apresentado na seção 5.3.5.

O resultado deste experimento não pode ser diretamente generalizado para toda população alvo, principalmente devido à decisão sobre a escolha dos participantes, entretanto, o teste realizado ensaia com sucesso o método de análise, que pode ser repetido para outras amostras da população e outras aplicações para TVi.

Por se tratar de um experimento envolvendo seres humanos, torna-se necessário a apreciação do projeto de pesquisa por um Comitê de Ética para avaliação dos riscos envolvidos, como descrito na seção 5.4.1. Como afirmado no início desta seção, a execução do experimento segue as práticas convencionais de avaliação de usabilidade, conforme apresentado na seção 5.4.2. Por fim, são apresentados brevemente os procedimentos de análise planejados.

5.4.1 Submissão ao comitê de ética em pesquisa

Todo experimento envolvendo seres humanos deve ser submetido a um Comitê de Ética em Pesquisa para assegurar que os participantes não sejam expostos a riscos excessivos ou incompatíveis com os propósitos da pesquisa.

Diferentemente do que ocorre em avaliações de usabilidade convencionais, onde os riscos mais comuns envolvidos são os riscos de constrangimento e da exposição da imagem ou dados dos participantes, a inclusão de um RO baseado no uso de luz infravermelha, adiciona a preocupação sobre a segurança dos participantes, em especial, sobre a exposição dos olhos dos usuários a este tipo de luz, que, em excesso, pode causar queimaduras (FIOCRUZ, 2008) e até o surgimento de catarata (FIOCRUZ, 2008; SBO, 2008).

Dessa forma, o Projeto de Pesquisa foi elaborado de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde e encaminhado para avaliação ao Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário da USP, sendo aprovado, assim como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE 2), em 7 de novembro de 2009 (Registro CEP-HU/USO: 850/08 – SISNEP CAAE: 3392.0.000.198-08).

Após a aprovação do CEP foram realizadas pequenas mudanças no Projeto de Pesquisa para melhorar a dinâmica do teste e não são significativas do ponto de vista metodológico. As mudanças realizadas foram aumentar o número de tarefas previsto na ETAPA 2 do teste, a divisão das tarefas em três etapas diferentes e correções nos questionários para facilitar a coleta das medidas planejadas. Nenhuma das mudanças realizadas aumentou o tempo de exposição do usuário à luz infravermelha, portanto não houve necessidade de nova submissão ao CEP.

No Projeto de Pesquisa são apresentadas as medidas tomadas para eliminar ou reduzir os riscos. Nas próximas seções estas medidas são brevemente apresentadas.

5.4.1.1 Riscos à integridade física

A inclusão do RO, ferramenta usada para realizar o rastreamento do olhar, ao método de avaliação de usabilidade tradicional, adiciona a preocupação com o uso de fontes de luz infravermelha direcionadas à face do usuário. Estas fontes de luz devem ser cuidadosamente controladas para evitar dano físico ao usuário, em especial aos seus olhos.

Foi utilizado o RO EyeTech TM3 da empresa EYE TECH DIGITAL SYSTEMS, que, de acordo com o fabricante, é seguro para o uso com seres conforme apresentado no manual de instalação do hardware (EYETECH, 2007). Neste manual, a empresa esclarece que o tipo de fonte de luz utilizado nos equipamentos (LED com comprimento de onda de 880 nm) está presente naturalmente na luz solar e na luz gerada por lâmpadas incandescentes. A potência consumida pela fonte de luz componente do equipamento TM3 é de aproximadamente 2 Watts e a iluminância medida na região dos olhos do usuário é inferior a 0,5 mW/cm^2. Os fabricantes afirmam que este valor é muito inferior ao estipulado nas regras de segurança apresentadas no livro TLVs and BELs: Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents : Biological Exposure Indices (1996) da American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH apud EYETECH, 2007).

5.4.1.2 Riscos de constrangimento

Do ponto de vista emocional, dependendo do perfil de usuário, uma avaliação de usabilidade pode causar constrangimento, medo, insegurança e frustração no usuário, principalmente quando a aplicação tem muitos problemas de usabilidade e levam o usuário a freqüentes insucessos.

Os experimentos são susceptíveis a esta componente emocional, já que os protótipos utilizados podem vir a falhar, ou gerarem situações que impeçam os usuários de concluir os testes.

Durante a realização do experimento, sentimentos negativos foram minimizados pelas seguintes estratégias:

- Esclarecimento prévio ao participante da necessidade do uso da aplicação para realizar o teste;
- Afirmação de que o participante poderá desistir a qualquer momento da sessão de teste ou de cada um dos cenários, se assim desejar, sem precisar declarar o motivo;
- Esclarecimento de que haverá um treinamento prévio;
- Esclarecimento de que o participante tem o tempo que quiser para realizar cada cenário, eliminando a pressão de tempo e desempenho e incentivando a exploração;
- Reforço da idéia de que o teste tem a intenção de melhorar o entendimento sobre a utilização do rastreamento do olhar como ferramenta de avaliação. O usuário não está sendo avaliado, mas sua participação é fundamental na compreensão da técnica de rastreamento do olhar e de seu potencial para avaliações de usabilidade situadas no ambiente da TV Interativa.

5.4.1.3 Riscos de exposição da imagem e dados

Os riscos de exposição da imagem e dos dados dos participantes dos testes coletados durante os experimentos são minimizados através das seguintes práticas e cuidados:

Dados coletados de forma eletrônica foram organizados em pastas eletrônicas identificadas com o código do participante. Estes dados foram consolidados em planilhas e outros formatos eletrônicos que também foram armazenados em pastas eletrônicas.

Dados coletados em papel foram armazenados em pastas identificadas com o código do participante.

O TCLE assinado pelo participante é a única peça que permite a associação do código com a identificação do participante, e encontra-se armazenado em pasta separada dos demais dados.

Os dados serão armazenados por 2 (dois) anos após o depósito da dissertação de mestrado, após o que serão descaracterizados e descartados.

5.4.2 Execução do teste

A execução do experimento é realizada de acordo com as práticas convencionais de avaliação de usabilidade. A forma em que um teste com usuários é realizado não costuma apresentar grandes variações sendo praticamente independente do método ou dos recursos empregados. (ROCHA e BARANAUSKAS, 2003).

A execução do teste costuma ser precedida de um teste piloto, que consiste na execução do teste planejado com um pequeno grupo de participantes. O resultado deste teste é usado para validar os procedimentos planejados, assim como o ambiente de teste, os cenários de uso e até os processos de análise, e costuma ser descartado após este uso. (FILGUEIRAS et al., 2007).

Foi realizado um teste piloto com três participantes na semana anterior a coleta dos dados em larga escala. Os dados coletados foram usados para evidenciar problemas de sincronismo nos registros da aplicação, problemas com o procedimento de marcação da conclusão das tarefas e com os métodos

automatizados de extração de parâmetros, e embora os dados obtidos não tenham sido descartados sumariamente, dois entre os três usuários tiveram seus dados excluídos da análise por apresentar problemas na coleta. Os problemas detectados foram corrigidos antes dos testes seguintes.

Na execução do teste, os usuários são chamados e realizam as tarefas planejadas enquanto as medidas pretendidas são coletadas. Os procedimentos envolvidos nesta etapa costumam ser divididos em quatro partes principais: a preparação do ambiente, uma Introdução, a sessão de uso propriamente dita e o encerramento.

Estas partes podem ser facilmente identificadas no Roteiro do Moderador (APÊNDICE 6), e devem ser realizadas para cada participante[54]. As quatro partes são apresentadas nas próximas seções.

5.4.2.1 Preparação do Ambiente

A preparação do teste visa garantir que o sistema em teste esteja no estado inicial previsto pelo teste. As alterações realizadas durante sessões de uso anteriores podem fornecer pistas ou impedir a conclusão de tarefas pelo usuário atual. (ROCHA e BARANAUSKAS, 2006).

A preparação do ambiente usado neste experimento foi muito simplificada pelas marcações de posição da mobília descritas na seção 5.3.5, e pela preparação das aplicações descrita na seção 5.3.6.3. Mesmo assim, atividades como iniciar a gravação do vídeo do usuário, re-configurar a aplicação para grupo correto (mudanças entre grupo A e B) e informar o código do usuário foram realizadas durante esta etapa.

---

[54] O Roteiro do Moderador é dividido em sete etapas: A preparação do ambiente não consta neste documento, sendo uma atividade do Avaliador. A Introdução é realizada através dos itens 1, 2, 3 e 4 do roteiro. A sessão de uso é vista no item 5, e o encerramento é apresentado pelos itens 6 e 7.

5.4.2.2 Introdução

A primeira fase envolvendo os participantes é chamada Introdução. Nesta fase os participantes são recebidos pelo Moderador do teste, que se apresenta, apresenta o Avaliador e apresenta o ambiente onde será realizado o teste.

O participante é esclarecido sobre os propósitos e riscos da pesquisa, sendo aplicado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, apresentado na seção 5.3.9, e disponível no APÊNDICE 2.

Esse documento é aplicado em duas vias, sendo que uma fica com o participante e a outra, assinada pelo participante, é arquivada pelo pesquisador.

A aplicação do termo de consentimento livre e esclarecido é realizada de acordo com os seguintes passos.

O esclarecimento ao indivíduo quanto à pesquisa, realizado pelo moderador do teste Todos os participantes recebem, desde o primeiro contato com a pesquisa, informações completas e pormenorizadas sobre as razões da pesquisa e sobre as atividades das quais participarão. Os participantes são informados dos benefícios que resultarão da pesquisa e do potencial incômodo que possa resultar da participação.

Em seguida, os participantes são informados que:

a. Não precisam responder a qualquer questão que não desejem;
b. Podem desistir a qualquer momento de participar da pesquisa, sem precisar declarar o motivo;
c. Sua participação nos testes é registrada em formato de áudio e vídeo, e que essas informações e outros dados de teste serão tratados de forma a não revelar a sua identidade;

d. As imagens, sons e dados coletados podem ser veiculados apenas em relatórios técnicos, eventos didáticos e científicos, e nunca em meios de comunicação de massa;
e. Não recebem nenhuma remuneração pela participação, a menos de eventual ressarcimento de despesas.
f. Os pesquisadores podem ser contatados a qualquer momento nos endereços e telefones fornecidos, para questões relacionadas ao desenvolvimento da pesquisa.

Estas informações são dadas verbalmente aos participantes pelo moderador do teste, que devem seguir o texto da carta de apresentação e do TCLE (APÊNDICE 2).

g. O moderador deverá perguntar ao participante se este entendeu cada item do termo e deverá esclarecer melhor o participante caso ele não tenha entendido alguma parte.
h. O moderador perguntará ao indivíduo se ele concorda em participar da pesquisa e em assinar o TCLE.
i. Se o participante não desejar participar da pesquisa, o moderador agradece e encerra o protocolo.
j. Se o indivíduo declarar que concorda em participar da pesquisa e puder ler e assinar o TCLE, em tinta, oferece-se o documento em duas vias, aguarda-se o tempo necessário para a leitura e assinatura. O moderador entrega uma cópia para o participante e retém a outra para arquivo.

Após a assinatura do TCLE, o participante é solicitado a preencher um questionário para coleta de seu perfil, apresentado na seção 5.3.9 como Questionário Pré-teste (disponível no APÊNDICE 3).

Com esta etapa concluída, o participante é levado à poltrona onde será realizado o teste e é iniciada a sessão de uso, descrita na próxima seção.

5.4.2.3 Sessão de uso

Após a etapa de Introdução, são iniciadas as sessões de uso que permitirão que os pesquisadores coletem os dados desejados sobre a interação. Durante as sessões de uso, apenas o moderador deve falar com o usuário, evitando comentários sobre o seu desempenho ou sua atitude. O Moderador também deve evitar ajudar o usuário, a não ser que este se encontre com dificuldades extremas. (ROCHA e BARANAUSKAS, 2006).

O experimento desta pesquisa foi dividido em três etapas, como apresentado na seção 5.3.7. As tarefas solicitadas aos participantes foram informadas antes de cada etapa.

A instrução dos participantes sobre as tarefas é realizada da seguinte forma: o participante recebe uma ficha (APÊNDICE 5) contendo a descrição das tarefas e do cenário que deverá realizar na aplicação. O Moderador lê junto com o participante estas tarefas e informa que este deve informar quando finaliza cada tarefa, verbalmente, em voz alta, falando a informação solicitada pela tarefa.

Uma sessão de uso típica pode ser exemplificada da seguinte forma: a sessão de uso é iniciada. O participante começa a procurar uma informação na aplicação. Quando a encontra, ele diz em voz alta a informação solicitada. O Moderador, que acompanha a interação, marca a resposta do usuário em sua planilha (APÊNDICE 7), que já contém as respostas corretas. O Avaliador, que também acompanha a interação, registra na aplicação que o usuário concluiu uma tarefa usando o teclado numérico (como apresentado em 5.3.6.3). O participante continua procurando as informações até encontrar a última, quando a etapa é encerrada.

Após a conclusão das etapas 2 e 3 do teste, o Moderador faz as perguntas relacionadas à compreensão do vídeo aos usuários, e as registra em sua planilha.

Durante a sessão de uso, são registradas automaticamente a seqüência de telas usadas na navegação, botões do controle remoto pressionados, marcações de

conclusão de tarefa, posições observadas pelos usuários na tela da TV, gravação da voz e da imagem do usuário e da tela da TV.

Antes e depois de cada etapa são realizados procedimentos de verificação da calibração para conferir o funcionamento do RO. O Avaliador também registra informações sobre as calibrações em seu roteiro (APÊNDICE 8).

É importante ressaltar que nenhum usuário foi instruído a restringir seus movimentos de cabeça.

5.4.2.4 Encerramento

Após a realização da sessão de uso, os participantes são convidados a responder a uma entrevista, na qual fazem comentários sobre o ambiente de teste, as aplicações usadas e sua satisfação com o teste em geral. A entrevista fica registrada no Questionário Pós-teste, apresentado na seção 5.3.9 e reproduzido no APÊNDICE 4.

Após a entrevista, o Moderador agradece a participação do usuário, se despede, e o acompanha até a saída da sala, encerrando o teste.

5.4.3 Análise

Os dados obtidos durante o experimento foram utilizados para duas análises:

A primeira análise visa a avaliação da usabilidade das aplicações para TVi, utilizando para isso os dados coletados de maneira convencional e através do RO. Esta análise foi realizada de duas formas:

A primeira utilizou uma abordagem quantitativa, procurando atingir os objetivos do experimento (seção 5.2) avaliando os dados através de métodos estatísticos. Para

tanto, os dados obtidos através de questionários e planilhas impressas em papel foram tabulados em uma planilha eletrônica. Em seguida, os registros da interação coletados automaticamente foram processados através do software de análise apresentado na seção 5.3.10.1, e os parâmetros extraídos também foram disponibilizados em uma planilha eletrônica. Por fim, foram realizadas as comparações estatísticas entre os dados das planilhas com ajuda dos softwares descritos na seção 5.3.10.3.

A segunda forma de análise utilizada seguiu uma abordagem qualitativa. Os dados da interação dos participantes foram estudados com ajuda do software de análise apresentado na seção 5.3.10.2. Esta análise procura identificar comportamentos similares entre os usuários, e identificar a causa de problemas encontrados pelos usuários ou justificar os resultados obtidos pelos métodos quantitativos.

A segunda análise realizada avalia o ambiente de teste proposto, verificando sua adequação para realizações de avaliações de usabilidade em aplicações para TVi com rastreamento do olhar.

Os resultados destas análises são apresentados no próximo capítulo.

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados das análises realizadas sobre os dados coletados através do experimento descrito no capítulo anterior. Ele encontra-se dividido em Três partes: A primeira (seção 6.1) apresenta os resultados da análise feita sobre as aplicações interativas usando principalmente os dados obtidos com o rastreamento do olhar. A segunda parte deste capítulo, apresentada na seção 6.2, mostra os resultados de uma análise sobre o ambiente de teste proposto, da inclusão do RO neste ambiente e dos procedimentos de teste adotados. Por fim, na seção 6.3 é apresentada uma discussão sobre os resultados.

6.1 ANÁLISE SOBRE APLICAÇÕES INTERATIVAS

A principal justificativa para a utilização das técnicas de rastreamento do olhar na avaliação de usabilidade é obter informações adicionais sobre o uso de um sistema interativo e, dessa forma, conseguir algum diferencial durante a análise das aplicações que permita encontrar problemas de interação e estabelecer novos requisitos de projeto que melhorem a qualidade das aplicações desenvolvidas no futuro.

Esta seção apresenta uma análise sobre os dados coletados no experimento descrito no capítulo anterior. Dessa forma, esta análise é orientada nos objetivos e hipóteses propostos na seção 5.2. Embora tenha sido utilizada apenas uma pequena parte dos métodos, medidas e procedimentos oferecidos pelo rastreamento do olhar (Capítulo 3), podemos perceber como a aplicação desta técnica pode melhorar os resultados da avaliação de usabilidade.

6.1.1 Método de análise

A análise foi conduzida da seguinte forma: as hipóteses apresentadas na seção 5.2 são analisadas uma a uma tanto por métodos convencionais de avaliação de usabilidade, quanto por métodos baseados no rastreamento do olhar. Os resultados desta análise (seção 6.1.2) são, então, utilizados para verificar se os objetivos do experimento foram atendidos (seção 6.3).

Foram empregadas duas abordagens diferentes durante a análise dos dados: uma quantitativa e outra qualitativa.

A abordagem quantitativa procura confirmar ou refutar as hipóteses do experimento através de comparações realizadas com os dados obtidos no experimento. Estes dados provêm de duas fontes:

- Dos questionários e planilhas impressas em papel utilizadas durante o experimento (seção 5.3.9), que foram tabulados em uma planilha eletrônica.
- Dos registros da interação coletados automaticamente (seção 5.3.6.3), que foram processados (seção 5.3.10.1) para extrair métricas previstas pelo experimento (seção 5.3.8). Estas métricas também foram tabuladas em uma planilha eletrônica.

Quando possível, as comparações foram realizadas através de testes estatísticos como o Teste-T, o Coeficiente de Correlação de Pearson e o Teste de Grubb, conforme apresentado na Seção 5.3.10.3.

A abordagem qualitativa realizada foi baseada principalmente no software descrito na seção 5.3.10.2. Desta forma, os dados coletados durante as sessões de uso foram reproduzidos, permitindo que o autor assistisse às sessões de uso sobrepostas pelas fixações dos usuários. Outras fontes de dados utilizadas nesta análise foram os comentários, gravações da voz e imagem dos usuários.

A análise qualitativa foi fundamentada em dados objetivos fornecidos pelo rastreamento do olhar e outros métodos coletados pelo ambiente de teste. Esta análise foi realizada com o objetivo de identificar comportamentos similares entre os usuários, encontrar as causas de alguns problemas recorrentes encontrados por estes ou justificar os resultados obtidos pelas análises quantitativas.

Por fim, o resultado da avaliação das hipóteses é usado para o exame dos objetivos do experimento, apresentado na seção 6.3.

6.1.2 Avaliação das Hipóteses

Os resultados das análises realizadas são apresentados nesta seção, organizados de acordo com as hipóteses propostas no planejamento do experimento (seção 5.2).

À exemplo do que ocorre no detalhamento das hipóteses (seção 5.3.3), em muitos momentos os termos ‘grupo de controle’ e ‘grupo de teste’ são utilizados para referenciar o grupo A e o grupo B do teste, respectivamente.

Como já apresentado em diversos pontos desse trabalho (como nas seções 5.3.7 e 5.3.3), as principais diferenças entre o Grupo A e B são:

- Na ETAPA 2, os usuários do Grupo B realizam as tarefas enquanto assistem ao jogo de futebol. Já no Grupo A, primeiro são realizadas as tarefas e só então o vídeo do jogo é exibido.
- Na ETAPA 3, aos usuários do Grupo B são apresentadas três propagandas compostas por pequenas animações (seqüências de figuras). Os usuários do Grupo A foram expostos às mesmas propagandas, mas sem animações.

Em 6 casos, os dados dos usuários coletados automaticamente foram excluídos das análises quantitativas:

- Os usuários 1 e 2 (usuários do teste piloto) foram excluídos por apresentar erros na marcação do tempo de conclusão das tarefas.

- O software de análise apresentou um problema não identificado ao processar os dados do usuário 16.
- O usuário 20 realizou as tarefas fora de ordem.
- O RO perdeu a calibração durante a sessão de teste do usuário 23. Este usuário utilizava óculos, e as lentes dos óculos criavam um reflexo sobre a imagem dos olhos vista pela câmera do RO.
- O usuário 25 não executou as tarefas conforme planejado no experimento. Ao invés disso, este usuário utilizou grande parte do tempo inspecionado às aplicações interativas livremente.

Como apresentado na seção 5.3.10.1, os dados obtidos durante as verificações da calibração foram utilizados para compensar erros de escorregamento nas medidas do RO antes de extrair as medidas pretendidas para a análise. A Tabela 23 mostra os valores que devem ser somados à medida para compensar os erros de escorregamento de cada usuário.

Tabela 23 – Valor do erro de escorregamento calculado a partir das verificações da calibração.

GRUPO A								
	CAL1		CAL2		CAL3		CAL4	
USR.	H	V	H	V	H	V	H	V
4	3	-13	14	11	0	-3	7	-8
6	-12	-6	1	-10	-9	-59	10	-39
8	1	-9	6	-13	13	-26	14	-4
10	4	-13	2	-20	-10	-11	4	-2
12	-10	0	-20	-9	-21	-23	14	-7
14	-3	-15	5	-4	28	-18	6	-13
18	13	3	25	5	18	16	11	8
22	4	-9	0	0	0	18	-18	-21
24	0	8	-53	-31	8	18	-11	15
26	0	21	26	8	9	-9	12	-11
28	12	14	0	0	-2	-25	-17	-29
30	1	1	0	-27	3	-8	-16	-41

GRUPO B								
	CAL1		CAL2		CAL3		CAL4	
USR.	H	V	H	V	H	V	H	V
3	4	-7	-8	4	3	-10	-18	-40
5	16	4	-13	-11	25	2	-15	-17
7	12	0	13	3	7	21	4	-9
9	-20	-17	-28	-33	9	-5	8	-41
11	-3	-6	7	-29	7	-31	5	-41
13	-6	1	0	-29	16	-31	6	-27
15	-12	2	-10	0	5	17	7	-6
17	0	8	-15	14	-17	-10	-26	-23
19	7	-6	-8	1	8	-33	-9	-34
21	4	0	31	-11	17	-8	0	1
27	15	-1	27	0	24	-7	5	-5
29	2	-4	18	-18	18	-39	1	-35

USR: código do usuário
CAL#: ver. da calibração
H: erro de escorregamento horizontal
V: erro de escorregamento vertical

Note que o maior escorregamento medido, em módulo, foi 59 pixels (na terceira calibração do usuário 6). Considerando que o ambiente de teste é composto por uma TV de 42'' posicionada a 2 metros do usuário e que a resolução utilizada nos teste foi de 1280x720 pixels (Figura 71), obtemos que o escorregamento medido representa aproximadamente 1,2 graus, valor muito próximo da precisão nominal do RO utilizado (1 grau).

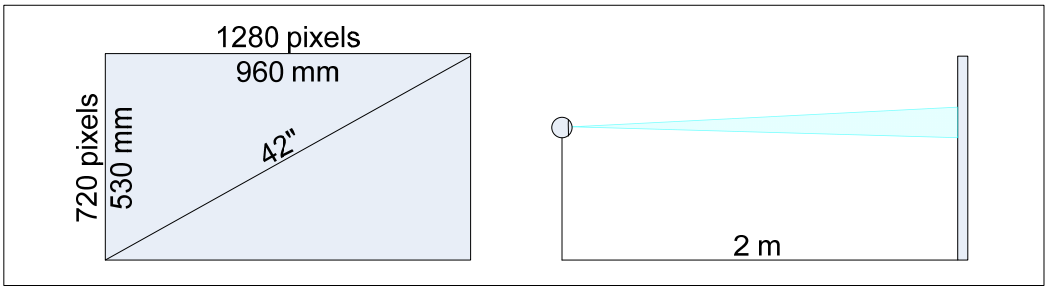


Figura 71 – Representação simplificada do ambiente de teste usada no cálculo do erro em graus medido na verificação da calibração, mostrando o tamanho da TV e a distância do usuário.

Para os testes estatísticos, foi assumido um nível de significância de 0,05 (α=0,05), ou seja, quando uma hipótese é confirmada, foi aceito que existem 5% de chance deste resultado estar errado, causando um falso positivo (Erro do tipo I). Falsos negativos (Erro do tipo II) não foram estudados.

É importante notar que para realizar um tratamento estatístico adequado e assim obter alta confiabilidade nos resultados é necessário um grande número de amostras. O número de amostras usadas nesta pesquisa (30) é insuficiente para um tratamento estatístico adequado, porém decidiu-se aplicar este tratamento para indicar o que pode ser feito com os dados, numa futura expansão do experimento e o que pode ser concluído a partir deles.

Na seqüência são apresentados os resultados das análises realizadas.

H-1-1) Ao usar uma aplicação interativa ao mesmo tempo em que assiste TV, o usuário perde informações presentes no vídeo da TV

Esta hipótese pode ser examinada por métodos convencionais de avaliação, ao comparar as respostas dos grupos de teste e de controle nas perguntas sobre o vídeo da ETAPA 2, como expressa a sub-hipótese H-1-1-a.

H-1-1-a) O grupo de controle será capaz de responder corretamente um número de questões maior do que o grupo de teste

Tabela 24 – Teste-T entre Grupos A e B – Perguntas sobre o jogo de futebol da ETAPA 2.

GRUPO A	
USUÁRIO	ACERTOS
4	7
6	5
8	9
10	9
12	7
14	7
18	9
22	8
24	7
26	8
28	9
30	11

GRUPO B	
USUÁRIO	ACERTOS
3	6
5	4
7	3
9	5
11	8
13	7
15	3
17	6
19	6
21	6
27	9
29	5

ACERTOS	A	B
MÉDIA	8,00	5,67
DESVIO PADRÃO	1,54	1,83
N	12	12
Resultado do teste T	T=	3,3865
Graus de liberdade	df=	22
	p=	0,0027
A DIFERENÇA É SIGNIFICANTE		

USUÁRIO: código do usuário
ACERTOS: Número de acertos nas perguntas após a etapa (ETAPA2)
p = probabilidade do resultado obtido em T ter sido obtido por causas aleatórias

A Tabela 24, mostra o resultado do Teste-T é $T(22)=3,3865$; $p<0,05$, o que indica que existe uma diferença significante entre os grupos, e que o grupo de teste realmente respondeu menos questões corretamente do que o grupo de controle.

Analisando esta questão com os dados do rastreamento do olhar, foram propostas três sub-hipóteses sugerindo que existe alguma correlação entre o número de perguntas sobre o jogo, respondidas corretamente, (ETAPA2) e o número de fixações do usuário no vídeo, a duração média das fixações do usuário no vídeo e o número de mudanças de foco entre a aplicação e o vídeo (contadas por minuto).

Para o Grupo A, as métricas do RO foram computadas após o término das tarefas, enquanto o vídeo era exibido.

H-1-1-b) O número de fixações sobre o vídeo tem correlação com o número de questões sobre o jogo respondidas corretamente.

H-1-1-c) A duração média das fixações sobre o vídeo tem correlação com o número de questões respondidas corretamente.

H-1-1-d) A freqüência com que o usuário alternava o foco de sua visão entre a aplicação e o vídeo possui correlação com o número de questões respondidas corretamente.

A Tabela 25, mostra que nenhuma das medidas do RO apresentou correlação com a métrica convencional (nenhum valor se r se aproxima de 1 ou -1).

Tabela 25 – Correlação entre medidas convencionais e obtidas pelo rastreamento do olhar.

GRUPO A				
USR.	ACERT.	FIX	DUR	FOCO
4	7	237	644	-
6	5	294	574	-
8	9	442	397	-
10	9	371	473	-
12	7	409	421	-
14	7	286	697	-
18	9	232	825	-
22	8	289	571	-
24	7	298	640	-
26	8	291	487	-
28	9	286	606	-
30	11	291	620	-

GRUPO B				
USR.	ACERT.	FIX	DUR	FOCO
3	6	159	402	8,6
5	4	181	630	14,8
7	3	203	237	19,7
9	5	115	420	10,4
11	8	203	457	26,5
13	7	149	501	22,6
15	3	142	594	17,0
17	6	52	441	12,4
19	6	130	601	10,7
21	6	75	500	10,5
27	9	110	416	16,0
29	5	137	277	16,0

coeficientes de correlação de Pearson (GRUPO A)		
	r	ACERT
FIX	rA1	0,085
DUR	rA2	0,018
FOCO	rA3	-
coeficientes de correlação de Pearson (GRUPO B)		
	r	ACERT
FIX	rB1	-0,228
DUR	rB2	0,016
FOCO	rB3	0,177

USR: código do usuário
ACERT: Número de acertos nas perguntas após a etapa (ETAPA2)
FIX: Número de fixações em uma AOI (vídeo)
DUR: Duração média da fixação em uma AOI (vídeo) [ms]
FOCO: Mudanças de foco entre aplicação e vídeo [mudanças por minuto]

Embora as medidas obtidas através do rastreamento do olhar não apresentassem correlação com a métrica convencional adotada, os dados do RO na Tabela 26

mostram que os usuários do grupo de teste tiveram menos fixações no vídeo do que os usuários do grupo de controle (T(22)=7,5618; p<0,05). O mesmo aconteceu com a duração média das fixações, que foram mais curtas (T(22)=2,4915; p<0,05).

Tabela 26 – Teste-T entre Grupos A e B – Métricas do RO (ETAPA 2)

GRUPO A			GRUPO B		
USR.	FIX	DUR	USR.	FIX	DUR
4	237	644	3	159	402
6	294	574	5	181	630
8	442	397	7	203	237
10	371	473	9	115	420
12	409	421	11	203	457
14	286	697	13	149	501
18	232	825	15	142	594
22	289	571	17	52	441
24	298	640	19	130	601
26	291	487	21	75	500
28	286	606	27	110	416
30	291	620	29	137	277

FIX	A	B
MÉDIA	310,50	138,00
DESVIO PADRÃO	64,01	46,34
N	12	12
Resultado do teste T	T=	7,5618
Graus de liberdade	df=	22
	p<	0,0001
A DIFERENÇA É SIGNIFICANTE		
DUR	**A**	**B**
MÉDIA	579,58	456,33
DESVIO PADRÃO	121,61	120,73
N	12	12
Resultado do teste T	T=	2,4915
Graus de liberdade	df=	22
	p=	0,0207
A DIFERENÇA É SIGNIFICANTE		

USR: código do usuário
FIX: Número de fixações em uma AOI (vídeo)
DUR: Duração média da fixação em uma AOI (vídeo) [ms]
p = probabilidade do resultado obtido em T ter sido obtido por causas aleatórias

Esta diferença no comportamento visual medido pelo RO pode ter relação com o desempenho inferior dos usuários do grupo de teste nas perguntas respondidas corretamente sobre o vídeo, ainda que esta relação não tenha sido estabelecida pelo teste estatístico escolhido.

Embora seja possível que o número de fixações represente a atenção depositada no vídeo, para a aquisição do conhecimento sobre o vídeo é importante saber se houve ou não atenção no momento certo, ou seja, quando a informação é apresentada. Assim é de se esperar que a quantidade de atenção dedicada ao vídeo seja menos determinante do que a sua qualidade, no sentido de compreender o que se passa no programa de TV.

Assim, foi realizada uma análise qualitativa sobre os dados do rastreamento do olhar dos usuários do Grupo B, examinando o que os usuários estavam fazendo no momento em que informações importantes eram exibidas no vídeo.

Por exemplo, sobre o anúncio inserido durante o jogo de futebol: foi identificado que 6 entre os 12 usuários estudados estavam observando o vídeo do jogo no momento em que o anúncio foi exibido, porém apenas um teve fixações na propaganda e se lembrou do nome do anunciante. Alguns usuários justificaram este efeito por estarem 'acostumados a ignorar propagandas', porém, ao comparar estes resultados com os do grupo A, onde 60% dos usuários identificaram o anunciante, a causa parece estar mais relacionada com a divisão da atenção do usuário entre o uso da aplicação interativa e a tarefa de assistir o jogo.

Outra informação importante diz respeito ao jogador que fez o gol. Novamente, no momento em que o gol ocorreu 6 usuários entre os 12 examinados estavam assistindo o vídeo do jogo. Dois usuários voltaram sua atenção ao vídeo no momento em que o narrador gritou 'bateu' (o tom de voz do narrador chamou a atenção destes usuários), e um usuário viu o gol apenas no replay. Entre os 12 usuários, apenas 3 (25%) foram capazes de identificar o nome ou o número do jogador que fez o gol, e apenas 7 dos 12 (58,33%) foram capazes de identificar o jogador entre as fotos apresentadas pelo Moderador. No grupo A, 11 dos 15 usuários (73,33%) se lembraram do nome ou do número do jogador, e 12 de 15 (80%) conseguiram identificá-lo entre as fotos.

Esta diferença pode ser explicada pela menor exposição ao vídeo que os usuários do grupo B tiveram, já que muitos destes usuários optaram por deixar de ver os replays das jogadas e a entrevista ao final do vídeo para executarem as tarefas solicitadas na aplicação.

H-1-2) Ao usar uma aplicação interativa ao mesmo tempo em que assiste TV, o desempenho do usuário na execução de tarefas sobre aplicação é degradado.

A hipótese H-1-2 pode ser examinada comparando três medidas coletadas por métodos convencionais entre os grupos de teste (B) e de controle (A). Estas medidas são expressas pelas sub-hipóteses H-1-2-a, H-1-2-b, e H-1-2-c, mostradas abaixo:

H-1-2-a) O grupo de controle será capaz de realizar as tarefas mais rapidamente do que do que o grupo de teste

H-1-2-b) O grupo de controle será capaz de completar mais tarefas com maior taxa de sucesso do que o grupo de teste

H-1-2-c) O grupo de controle realizará menos erros com o controle remoto do que o grupo de teste

Antes de iniciar as comparações entre as variáveis pelo teste T, foram identificados dois valores considerados *outliers* significantes (p<0,05), pelo teste de Grubb, e por esta razão foram removidos. Estes valores são apresentados na Tabela 27 em vermelho.

Tabela 27 – Teste-T entre Grupos A e B – Métricas convencionais.

GRUPO A				GRUPO B			
USR.	TEMP	TAF	ERR	USR.	TEMP	TAF	ERR
4	(518)	7	59	3	293	8	(94)
6	275	8	40	5	271	8	50
8	163	8	31	7	336	8	28
10	304	8	43	9	299	8	34
12	242	8	11	11	174	8	8
14	278	7	50	13	273	8	39
18	215	8	34	15	318	8	23
22	272	8	89	17	217	8	21
24	273	8	45	19	236	8	53
26	159	7	26	21	285	7	35
28	213	8	10	27	226	7	55
30	199	8	16	29	240	8	14

TEMPO	A	B
MÉDIA	235,57	264,07
DESVIO PADRÃO	49,06	46,44
N	11	12
Resultado do teste T	T=	1,4309
Graus de liberdade	df=	21
	p<	0,1672
A DIFERENÇA NÃO É SIGNIFICANTE		
TAREFAS	**A**	**B**
MÉDIA	7,75	7,83
DESVIO PADRÃO	0,45	0,39
N	12	12
Resultado do teste T	T=	0,4838
Graus de liberdade	df=	22
	p<	0,6333
A DIFERENÇA NÃO É SIGNIFICANTE		
ERROS	**A**	**B**
MÉDIA	37,83	32,73
DESVIO PADRÃO	22,30	15,71
N	12	11
Resultado do teste T	T=	0,6292
Graus de liberdade	df=	21
	p=	0,536
A DIFERENÇA NÃO É SIGNIFICANTE		

USR: código do usuário
TEMP: Tempo para conclusão da tarefa [ms]
TAF: Número de tarefas concluídas com sucesso
ERR: Número de erros no controle remoto
p = probabilidade do resultado obtido em T ter sido obtido por causas aleatórias

Como apresentado na Tabela 27, não foi verificada nenhuma queda de desempenho significante (p>0,05) entre os usuários do grupo de teste e do grupo de controle, através dos dados obtidos pelos métodos convencionais de avaliação (Tempo para conclusão da tarefa, Número de tarefas concluídas com sucesso e Número de erros no controle remoto).

Mesmo não encontrando diferenças significativas, os dados usados acima foram comparados aos dados obtidos com o RO, conforme sugere a sub-hipótese H-1-2-d:

> H-1-2-d) Existe correlação entre as métricas convencionais coletadas (número de erros no controle remoto, tempo para completar a tarefa, e a quantidade de tarefas completadas com sucesso), e as métricas do RO (número de fixações – total e a duração das fixações – total)

O resultado deste teste está apresentado na Tabela 28. Um *outlier* adicional foi identificado pelo teste de Grubb, e como no caso anterior, este valor foi eliminado das análises (marcado em vermelho na tabela).

Tabela 28 - Correlação entre medidas convencionais e obtidas com o RO (hipótese H-1-2).

GRUPO A						GRUPO B					
USR	FIX	DUR	TEMP	TAF	ERR	USR	FIX	DUR	TEMP	TAF	ERR
4	(945)	453	(518)	7	59	3	546	359	293	8	(94)
6	479	455	274,8	8	40	5	385	461	271	8	50
8	310	426	163,3	8	31	7	623	219	336	8	28
10	589	423	303,5	8	43	9	540	392	299	8	34
12	406	501	241,6	8	11	11	331	409	174	8	8
14	472	474	278	7	50	13	493	466	273	8	39
18	301	644	215,3	8	34	15	455	566	318	8	23
22	511	349	271,5	8	89	17	398	433	217	8	21
24	490	468	273	8	45	19	412	474	236	8	53
26	265	441	158,7	7	26	21	501	485	285	7	35
28	358	248	212,6	8	10	27	538	312	226	7	55
30	372	415	199,2	8	16	29	450	304	240	8	14

coeficientes de correlação de Pearson (GRUPO A)		
	FIX	DUR
TEMP	0,944	0,024
TAF	0,220	-0,095
ERR	0,564	-0,012

coeficientes de correlação de Pearson (GRUPO B)		
	FIX	DUR
TEMP	0,715	-0,028
TAF	-0,263	0,040
ERR	0,248	0,104

USR: código do usuário
TEMP: Tempo para conclusão da tarefa [ms]
TAF: Número de tarefas concluídas com sucesso
ERR: Número de erros no controle remoto
FIX: Número de fixações (total)
DUR: Duração média da fixação (total) [ms]

Diferentemente da hipótese anterior, foi verificada correlação entre o número de fixações total e o tempo para concluir as tarefas (cujos valores de *r* foram 0,944 para o grupo A e 0,715 para o grupo B), indicando que esta métrica poderia ser usada como uma a medida de eficiência em avaliações de usabilidade.

H-1-3) O usuário não notará propagandas inseridas no vídeo da TV enquanto estiver utilizando uma aplicação interativa que redimensiona o vídeo

A hipótese H-1-3 pode ser analisada com base nas respostas dos usuários à pergunta P2-11 (seção 5.3.7): “Qual o nome do anunciante que apareceu no canto superior esquerdo do vídeo?”, realizada ao final da etapa 2 do teste.

Por se tratar de uma única pergunta, esta variável não pode ser considerada como variável contínua e, dessa forma, não podem ser examinadas pelos testes estatísticos selecionados.

Analisam-se apenas as respostas dos usuários, como sugere a sub-hipótese H-1-3-a.

> H-1-3-a) O número de pessoas do grupo de controle que se lembrará do anunciante que aparece no vídeo será maior do que o número de pessoas do grupo de teste que se lembrarão

Foi verificado que existe uma grande diferença entre os usuários do grupo de teste e do grupo de controle. Para o grupo de teste, apenas um entre os 15 usuários (6,67%) conseguiu se lembrar do nome do anunciante (‘Brahma’) após a etapa. Já no grupo de controle, 9 usuários conseguiram se lembrar (60%).

Como apenas um usuário do grupo de teste teve fixações na propaganda, as sub-hipóteses H-1-3-b e H-1-3-c foram examinadas considerando apenas os dados do Grupo A.

H-1-3-b) Os participantes que viram a propaganda irão lembrar seu nome em seguida

H-1-3-c) Usuários com fixações mais longas na propaganda serão capazes de lembrar o nome do anunciante

Entre os 12 usuários deste grupo que foram analisados com os dados do RO, 8 usuários tiveram fixações na propaganda, sendo que 6 conseguiram se lembrar do nome do anunciante (75%).

Dois usuários tiveram fixações nas propagandas, mas não conseguiram se lembrar do nome do anunciante. Curiosamente, estes usuários tiveram fixações muito longas (975ms e 745ms) sugerindo que a duração da fixação não possui relação direta com o fato dos usuários se lembrarem do anunciante.

Em um caso (usuário 22), o usuário se lembrou corretamente do anunciante, porém o software de extração de parâmetros não acusou fixações. Inspecionando os dados do usuário com cuidado, através do software de reprodução de *logs*, foi possível identificar que o usuário realizou fixações na propaganda. A fixação identificada nesta análise foi realizada sobre a propaganda, mas muito próximo da borda da AOI demarcada no software de extração de parâmetros provocando este mau funcionamento.

H-1-4) Uma propaganda inserida na aplicação interativa é mais atrativa se possuir algum tipo de animação ou movimento, do que se for apresentada apenas como uma figura

A hipótese H-1-4 pode ser analisada comparando os grupos de teste e de controle, com base nas perguntas feitas aos usuários após a ETAPA3 do experimento, sobre as propagandas inseridas na aplicação, como expressa a sub-hipótese H-1-4-a.

H-1-4-a) O número de pessoas do grupo de teste que se lembrará dos anunciantes que aparecem na aplicação será maior do que o número de pessoas do grupo de controle.

Devido ao baixo número de usuários que de fato viram e se lembraram das propagandas, o autor decidiu não aplicar os testes estatísticos escolhidos (5.3.10.3), que exigem que as variáveis sejam contínuas. Como pode ser visto na Tabela 29, os dados estão muito próximos de serem classificados como discretos (por exemplo: viu alguma propaganda ou não viu nada, se lembrou ou não do nome de um anunciante).

Tabela 29 – Dados sobre visualização das propagandas apresentadas na ETAPA3

GRUPO A			GRUPO B		
USR.	FIX	PROP	USR.	FIX	PROP
4	0	0	3	2	0
6	0	0	5	0	0
8	0	0	7	1	0
10	1	0	9	0	0
12	0	0	11	9	2
14	1	0	13	4	1
18	0	0	15	0	0
22	2	1	17	0	0
24	1	0	19	0	0
26	0	0	21	0	0
28	0	0	27	2	1
30	2	1	29	0	0

USR: código do usuário
PROP: Número de acertos nas perguntas após a etapa (ETAPA3)
FIX: Número de fixações em uma AOI (propaganda)

Pela mesma razão, as sub-hipóteses H-1-4-b e H-1-4-c também não foram examinadas utilizando a abordagem quantitativa.

H-1-4-b) Os participantes que viram a propaganda irão lembrar seu nome em seguida

H-1-4-c) As propagandas com animação atrairão mais atenção visual do que as propagandas sem animação

Entretanto, analisando as hipóteses H-1-4-a e H-1-4-c, verificamos nos dados da Tabela 29 que, no grupo de controle, apenas 5 dos 12 usuários viram as propagandas, e dentre eles apenas dois usuários se lembraram do nome do anunciante. Da mesma forma, no grupo de teste outros cinco usuários viram os anúncios, e apenas três deles se lembraram do nome de pelo menos um dos anunciantes.

Em resumo, não foi verificada uma diferença acentuada nos resultados dos dois grupos, indicando que as propagandas apresentadas com animação não são necessariamente mais atrativas do que as sem animação.

Na análise qualitativa realizada foi encontrado que 13 dos 30 usuários realizaram fixações nas propagandas. Alguns participantes viram mais de uma propaganda, de forma que 21 propagandas foram visualizadas no total. Ao estudar as posições previamente observadas por estes usuários antes das propagandas serem apresentadas, foi verificado que:

- 12 visualizações (57,1%) foram realizadas por usuários que estavam observando o menu da esquerda, logo acima da propaganda,
- 3 visualizações (14,3%) foram feitas por pessoas assistindo ao vídeo do jogo.
- 6 de 21 visualizações (28,6%) foram realizadas por usuários que estavam usando o painel da direita (lado oposto da tela)

Isto sugere que propagandas inseridas próximas às regiões mais usadas pelos usuários possuem maior chance de serem vistas.

Considerando que em apenas 11 das 21 visualizações (52,38%) o usuário conseguiu se lembrar dos anunciantes, a visibilidade da propaganda tem papel fundamental para este tipo de atividade.

Analisando esta questão por outro ângulo, é interessante se determinar para onde estavam olhando os usuários que não viram as propagandas. Examinando as 69 vezes que as propagandas foram mostradas e não foram vistas pelos usuários, em 21 das vezes (30,4%) os usuários estavam observando o menu da aplicação (à

esquerda). Em 39 inserções (56,5%) os usuários estavam observando os painéis posicionados na região oposta da tela (painéis da direita). Em 7 vezes (10,1%) o usuário estava assistindo ao vídeo do jogo de futebol, e em 2 vezes não foi possível identificar onde o usuário estava observando (possivelmente por este estar olhando para o controle remoto ou para a ficha com as tarefas).

Embora estes números não constituam provas definitivas, a maioria dos usuários que não viram as propagandas estava focando sua visão em regiões distantes da tela da TV.

H-2-1) O número de fixações em cada AOI pode ser usado para indicar a importância dos elementos de interação apresentados na tela da aplicação

A hipótese H-2-1 foi examinada da seguinte forma: no questionário pós-teste foi solicitado aos usuários que indicassem a importância de cada elemento de interação para a conclusão das tarefas solicitadas. A importância foi indicada na forma de uma nota de 1 a 5 (1 representa pouco importante e 5 representa muito importante), e cada elemento de interação foi mapeado em uma AOI, como mostra a Figura 72.

Figura 72 – Elementos de interação mapeados em AOIs.

Em seguida foi calculada a média das notas atribuídas pelos usuários, conforme mostra a Tabela 30. Foram consideradas apenas as etapas 2 e 3 do experimento, representando respectivamente as aplicações das olimpíadas e do futebol, e as médias foram calculadas para os grupos A e B separadamente. Note novamente que alguns valores foram considerados *outliers* pelo teste de Grubb e foram removidos (marcados em vermelho na tabela). Além destes valores, os dados dos

usuários 14, 23 e 25 também foram eliminados da análise. No caso do usuário 14, o questionário estava rasurado impedindo a identificação das notas, e no caso dos usuários 23 e 25, os valores informados eram muito diferentes dos demais usuários[55] e por esta razão o autor os removeu da análise.

Tabela 30 – Cálculo da nota média atribuída pelos usuários aos elementos de interação.

ETAPA 2									
GRUPO A					GRUPO B				
USR.	NT 1	NT 2	NT 3	NT 4	USR.	NT 1	NT 2	NT 3	NT 4
4	2	5	5	1	3	4	5	5	1
6	1	5	5	1	5	5	4	4	1
8	1	5	5	1	7	5	4	4	1
10	1	5	5	1	9	3	2	5	2
12	1	4	5	1	11	5	3	5	1
(14)					13	1	3	5	1
18	1	5	5	1	15	5	2	4	1
22	1	5	5	1	17	3	5	5	1
24	2	4	5	1	19	4	4	5	1
26	1	5	4	1	21	3	5	5	(3)
28	2	3	5	1	27	5	4	5	1
30	5	2	(3)	1	29	3	5	5	1
2	2	4	5	1	1	5	4	5	2
16	5	2	5	1	(23)	5	1	5	1
20	3	4	5	2	(25)	1	1	5	1
/NT	**2,0**	**4,1**	**4,9**	**1,1**	**/NT**	**3,9**	**3,8**	**4,8**	**1,2**

ETAPA 3										
GRUPO A						GRUPO B				
USR.	NT 1	NT 2	NT 3	NT 4	NT 5	USR.	NT 1	NT 2	NT 3	NT 4	NT 5
4	5	5	3	1	3	3	5	5	3	1	4
6	5	5	3	1	3	5	4	5	3	1	5
8	5	5	1	1	1	7	4	4	3	1	5
10	5	4	1	1	2	9	5	5	2	2	3
12	5	4	2	1	3	11	4	5	3	1	5
14	5	4	5	2	5	13	5	5	2	1	4
18	5	5	1	1	1	15	5	5	1	1	5
22	5	5	1	1	1	17	5	5	1	1	2
24	5	5	2	1	4	19	4	(2)	2	1	5
26	4	5	3	1	4	21	5	5	3	1	3
28	5	2	2	2	3	27	4	4	1	1	5
30	4	5	3	1	3	29	5	5	3	1	5
2	5	4	2	1	1	1	5	4	3	1	5
16	5	2	5	(5)	5	23	5	4	5	2	5
20	5	4	3	2	1	25	5	3	2	1	5
/NT	**4,9**	**4,3**	**2,5**	**1,2**	**2,7**	**/NT**	**4,7**	**4,6**	**2,5**	**1,1**	**4,4**

USR: código do usuário

NT#: nota atribuída pelo usuário, indicando a importância da região para a realização da tarefa

/NT: média das notas

O número médio de fixações realizado pelos usuários em cada AOI é então calculado, como apresentado na Tabela 31, e novamente os *outliers* são marcados em vermelho e removidos da análise.

[55] O autor suspeita que estes usuários compreenderam a escala de graduação da nota de maneira incorreta.

Tabela 31 – Cálculo do número médio de fixações em cada área de interesse.

ETAPA 2										ETAPA 3											
GRUPO A					GRUPO B					GRUPO A						GRUPO B					
USR	F1	F2	F3	F4	USR	F1	F2	F3	F4	USR	F1	F2	F3	F4	F5	USR	F1	F2	F3	F4	F5
4	1	765	81	1	3	159	278	46	0	4	155	167	4	4	77	3	104	94	1	4	162
6	2	407	25	2	5	181	130	20	0	6	123	158	1	0	25	5	71	59	0	1	68
8	4	217	23	5	7	200	216	34	0	8	84	106	1	1	119	7	183	224	6	9	87
10	1	413	46	2	9	115	289	27	1	10	149	164	3	4	45	9	118	82	0	3	118
12	1	273	41	1	11	119	157	16	0	12	122	152	0	5	44	11	79	90	0	11	85
14	2	359	56	10	13	144	265	44	0	14	173	143	4	2	27	13	73	93	3	5	171
18	0	240	34	4	15	142	221	31	1	18	97	47	0	0	69	15	131	126	9	5	165
22	3	329	93	0	17	52	241	33	1	22	120	125	1	2	50	17	105	53	1	0	30
24	0	356	65	3	19	129	232	36	0	24	246	159	3	2	48	19	60	65	4	1	62
26	1	199	16	1	21	75	288	88	1	26	56	61	2	0	24	21	131	69	0	2	54
28	2	209	66	3	27	106	252	41	1	28	162	58	0	1	32	27	88	75	1	2	61
30	0	242	37	4	29	133	226	48	0	30	132	84	0	5	124	29	103	96	6	0	32
/FX	**1**	**295**	**49**	**2**	**/FX**	**130**	**233**	**34**	**0**	**/FX**	**135**	**119**	**2**	**2**	**57**	**/FX**	**104**	**82**	**3**	**4**	**91**

USR: código do usuário

F#: número de fixações do usuário na região de interesse ao realizar as tarefas

/FX: média das fixações

Por fim, as notas médias atribuídas pelos usuários são comparadas com o número médio de fixações utilizando o coeficiente de correlação de Pearson, como mostra a Tabela 32.

Tabela 32 – Comparação entre notas atribuídas pelos usuários e número médio de fixações dos usuários nas AOIs.

ETAPA 2					
GRUPO A			coeficientes de correlação de Pearson (GRUPO A)		
REGIÃO	/NOTA	/FIX		r	/FIX
1	2,0	1	/NOTA	rA1	0,5440
2	4,1	295			
3	4,9	49			
4	1,1	2			
GRUPO B			coeficientes de correlação de Pearson (GRUPO B)		
REGIÃO	/NOTA	/FIX		r	/FIX
1	3,9	130	/NOTA	rB1	0,4224
2	3,8	233			
3	4,8	34			
4	1,2	0			

ETAPA 3					
GRUPO A			coeficientes de correlação de Pearson (GRUPO A)		
REGIÃO	/NOTA	/FIX		r	/FIX
1	4,9	135	/NOTA	rA2	0,9438
2	4,3	119			
3	2,5	2			
4	1,2	2			
5	2,7	57			
GRUPO B			coeficientes de correlação de Pearson (GRUPO B)		
REGIÃO	/NOTA	/FIX		r	/FIX
1	4,7	104	/NOTA	rB2	0,9427
2	4,6	82			
3	2,5	3			
4	1,1	4			
5	4,4	91			

/NOTA = média das notas

/FIX = número médio de fixações

Observando os dados desta tabela, nota-se que os coeficientes de correlação da ETAPA 2 e da ETAPA3 são muito diferentes. Na etapa 2, os coeficientes calculados para o grupo A e B foram respectivamente r_{A1}=0,5440 *e* r_{B1}=0,4224, indicando apenas uma correlação moderada entre as notas dos usuários e o número de fixações. Já na etapa 3, os coeficientes calculados foram r_{A2}=0,9438 *e* r_{B2}=0,9427, indicando uma forte correlação.

Analisando as causas desta diferença foi verificado que, em ambas as etapas, os usuários atribuíram maior importância ao menu das aplicações (AOI 3 na ETAPA2 e AOI1 na ETAPA3). Enquanto na etapa 3 os usuários dedicaram grande parte de sua atenção visual ao menu (dado o grande número de fixações que esta região recebeu) colaborando para uma alta correlação entre as variáveis, na etapa 2 os usuários destinaram poucas fixações ao menu, provavelmente devido à maior simplicidade deste elemento na aplicação das olimpíadas.

Uma interpretação para esta constatação é que os usuários constroem um modelo mental *top-down* da aplicação, que se origina no menu e desce até atingir as informações desejadas. Assim, o menu ocupa um papel central na interação sendo classificado como o elemento mais importante da interface. Já o número de fixações aparentemente oferece uma informação *bottom-up*, onde as regiões mais usadas pelos usuários são classificadas como as mais importantes. Quando o menu da aplicação é muito usado, as medidas tendem a ser correlacionadas.

Assim, se o pesquisador desejar conhecer as regiões mais usadas pelo usuário, o número de fixações se apresenta como uma boa métrica. Entretanto, se ele estiver interessado em saber a opinião do usuário, esta medida deve ser considerada com cautela.

H-2-2) A duração média das fixações pode ser usada para indicar a dificuldade na conclusão de uma tarefa

A hipótese H-2-2 foi examinada de maneira semelhante ao realizado para a hipótese H-2-1. Foram calculadas as médias das notas atribuídas pelos usuários para indicar o grau de dificuldade para a conclusão das tarefas em cada etapa, como mostra a

Tabela 33. A escala de dificuldade varia entre 1 e 5, sendo que 1 representa ‘muito fácil’ e 5 representa ‘muito difícil’.

Note que um valor foi identificado como um *outlier* pelo teste de Grubb e foi removido da análise.

Tabela 33 – Cálculo do grau de dificuldade médio atribuído pelos usuários para cada etapa, e da média das durações das fixações em cada etapa.

GRAU DE DIFICULDADE								DURAÇÃO MÉDIA DAS FIXAÇÕES (ETAPA)							
GRUPO A				GRUPO B				GRUPO A				GRUPO B			
USR.	DIF1	DIF2	DIF3	USR.	DIF1	DIF2	DIF3	USR.	DUR1	DUR2	DUR3	USR.	DUR1	DUR2	DUR3
4	2	2	2	3	1	2	2	4	428	453	434	3	345	359	305
6	2	1	1	5	2	2	1	6	415	455	405	5	200	461	367
8	2	2	3	7	1	4	2	8	334	426	340	7	282	219	220
10	2	2	2	9	2	3	3	10	388	423	385	9	295	392	381
12	1	1	1	11	1	2	1	12	455	501	367	11	321	409	303
14	2	1	2	13	1	3	3	14	387	474	443	13	454	466	406
18	2	2	2	15	1	2	1	18	542	644	449	15	409	566	439
22	3	3	3	17	1	2	2	22	342	349	300	17	388	433	446
24	3	1	1	19	2	3	2	24	396	468	439	19	379	474	433
26	1	1	1	21	2	3	3	26	357	441	383	21	527	485	423
28	1	1	2	27	1	1	2	28	248	248	285	27	320	312	290
30	3	4	4	29	1	2	1	30	444	415	327	29	467	304	305
2	4	4	3	1	1	1	1								
16	2	2	3	23	1	2	1								
20	1	1	4	25	(4)	3	3								
/DIF	**2,1**	**1,9**	**2,3**	**/NT**	**1,3**	**2,3**	**1,9**	**/DUR**	**395**	**441**	**380**	**/DUR**	**366**	**407**	**360**

USR: código do usuário

DIF#: nota atribuída pelo usuário, indicando o grau de dificuldade da etapa #

/DIF: média dos graus de dificuldade

DUR#: duração média das fixações (total) na etapa # [ms]

/DUR: média das durações das fixações do grupo [ms]

Ainda na Tabela 33, é apresentado o cálculo da duração média das fixações de cada grupo por etapa do teste. Os valores médios calculados foram então comparados como mostra a Tabela 34, utilizando o coeficiente de correlação de Pearson.

Tabela 34 – Comparação entre o grau de dificuldade atribuído pelos usuários e a duração média das fixações dos grupos por etapa do teste.

GRUPO A		
ETAPA	/DIF	/DUR
1	2,1	395
2	1,9	441
3	2,3	380
GRUPO B		
REGIÃO	/DIF	/DUR
1	1,3	366
2	2,3	407
3	1,9	360

coeficientes de correlação de Pearson (GRUPO A)		
	r	/DUR
/DIF	rA1	-0,9583
coeficientes de correlação de Pearson (GRUPO B)		
	r	/DUR
/DIF	rB1	0,7653

/DIF: média dos graus de dificuldade [ms]

/DUR: média das durações das fixações do grupo [ms]

Em ambas as comparações foram verificadas correlação, entretanto para o grupo de controle, a correlação identificada entre o grau de dificuldade e a duração das fixações foi negativa (r_{A1}= -0,9583), enquanto para o grupo de teste foi positiva (r_{B1}=0,7653).

Apesar dos resultados dos testes estatísticos realizados mostrarem correlação, a relação entre as duas variáveis não é clara, já que uma foi positiva e outra negativa. Assim, a duração das fixações se apresenta como uma métrica ruim para medir a dificuldade dos usuários durante a etapa.

H-2-3) É possível identificar tendências de navegação dos usuários através dos dados do RO

A análise realizada a procura de tendências de navegação foi realizada apenas pela abordagem qualitativa, utilizando o software para reprodução dos registros apresentado na seção 5.3.10.2

Inicialmente, esta abordagem foi empregada para estudar alguns comportamentos e investigar alguns erros realizados pelos usuários sendo apresentada aqui organizada pela etapa do experimento.

ETAPA 1

Durante o uso da aplicação interativa das olimpíadas, foram identificados diversos comportamentos comuns entre os usuários. A identificação de comportamentos é interessante quando permite determinar comportamentos relevantes em termos de usabilidade, como dificuldades com algum elemento de interação, alguma estratégia usada pelo usuário para completar uma tarefa ou quando explicam algum erro que ocorreu durante o uso do sistema. Outra razão para identificar estes padrões de comportamento está em se determinar quando um usuário se desvia do padrão e por quê.

Estes padrões são apresentados a seguir.

BUSCA DE UM ESPORTE NA AGENDA

Durante a busca de um esporte na agenda, a maioria dos usuários tende a observar fixamente um ponto, logo abaixo o item selecionado em amarelo, enquanto executam comandos para mudar o item, como mostra a Figura 73. (Padrão identificado em 22 usuários entre os 30). Note que o círculo verde mostrado na figura representa a primeira fixação do trecho reproduzido, os círculos azuis indicam as fixações seguintes até a última fixação representada em vermelho. As linhas em azul claro indicam as sacadas realizadas pelo usuário.

Figura 73 – Fixações do usuário 11 ao procurar um esporte na Agenda.

OBSERVAR BOTÃO COM COMANDOS DISPONÍVEIS PARA VOLTAR AO MENU PRINCIPAL.

Após concluir uma tarefa, alguns usuários observam o menu principal, para onde querem ir, e em seguida voltam ao painel inferior procurando o símbolo que indica os comandos disponíveis, para descobrir que tecla deve pressionar para sair da opção atual, como mostram as Figura 74 e Figura 75. (Padrão identificado em 15 usuários entre os 30)

Figura 74 – Fixações do usuário 20 procurando a opção para voltar ao menu principal da aplicação.

Figura 75 – Fixações do usuário 16 procurando a opção para voltar ao menu principal da aplicação.

TENTAR MUDAR A OPÇÃO DO MENU COM UM SUBMENU ABERTO

Semelhante ao comportamento acima, o usuário quer mudar a opção desejada do menu principal e para isso realiza comandos no controle remoto. Entretanto este usuário está com uma opção aberta no painel inferior da janela, de forma que apenas as informações neste painel são alteradas, como ilustra a Figura 76. (Padrão identificado em 8 usuários entre os 30)

Figura 76 – Fixações do usuário 12 sobre o menu principal, mas com uma opção aberta na parte inferior da janela.

PADRÃO DE LEITURA

Nas tarefas que envolvem a busca de notícias ou curiosidades, é possível identificar o padrão de leitura, como ilustrado na Figura 77.

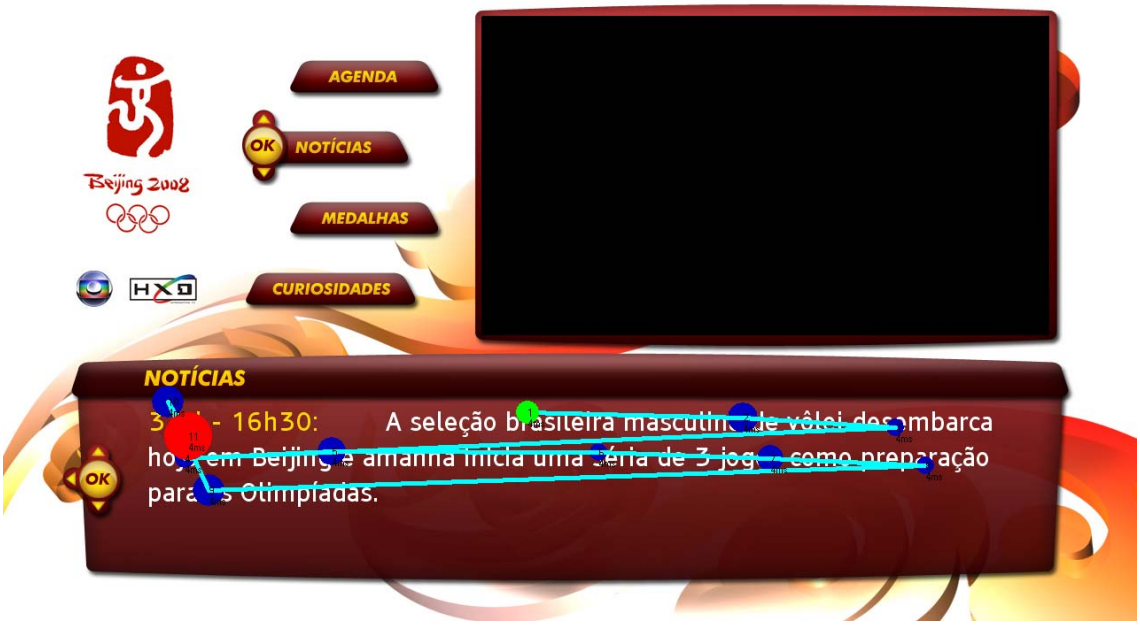


Figura 77 – Fixações do usuário 16 ao ler uma notícia na aplicação.

Estes padrões são combinados e repetidos constantemente pelos usuários durante a execução das tarefas solicitadas.

ETAPA 2

Como explicado na seção 5.3.7, na ETAPA2 os usuários foram divididos em dois grupos: o grupo A continuou realizando as tarefas solicitadas na aplicação das olimpíadas sem o vídeo do jogo de futebol, como havia ocorrido na ETAPA1. Ao término da última tarefa, foi solicitado que estes usuários assistissem ao vídeo do jogo, exibido na própria aplicação, como ilustra a Figura 78.

Figura 78 – aplicação das olimpíadas exibindo o jogo de futebol na área adequada.

Já o grupo B, realizou as mesmas tarefas que o grupo A enquanto assistia ao vídeo. Estes usuários foram instruídos de que o mais importante era assistir o vídeo, mas também era importante realizar as tarefas solicitadas na aplicação.

Foi possível notar que este grupo tentou seguir as mesmas estratégias empregadas durante a ETAPA1, porém os usuários tiveram que adaptá-las para conciliar a execução das tarefas na aplicação com a tarefa de assistir o vídeo. Por exemplo, na Figura 79, pode-se ver que o usuário de código 7 alterna constantemente seu foco visual sobre o menu da aplicação e o vídeo do jogo de futebol.

Figura 79 – Fixações do usuário 7 ao tentar utilizar o menu da aplicação enquanto assiste ao jogo.

Na Figura 80, este mesmo usuário tentou conciliar a estratégia de busca de um esporte na agenda (descrita acima) com a tarefa de assistir o vídeo

Figura 80 – Fixações do usuário 7 procurando um esporte na agenda enquanto assiste ao vídeo.

Comparando o comportamento dos usuários do Grupo A e do Grupo B de maneira geral, é possível notar que os usuários do Grupo A realizaram as tarefas com calma, reempregando as estratégias descritas utilizadas durante a etapa 1 do experimento. Já os usuários do Grupo B tiveram que adaptar as suas estratégias ao novo cenário.

Foi possível perceber que os usuários do grupo B realizaram as tarefas de maneira mais acelerada do que os usuários do Grupo A. Por exemplo, ao procurar por uma notícia sobre a equipe de vôlei feminino, muitos usuários deixavam de ler a notícia assim que viam um nome masculino.

Outra estratégia empregada por alguns usuários do Grupo B (7 de 12) foi utilizar o tempo dedicado aos replays de jogadas para se dedicar quase que exclusivamente às tarefas executadas na aplicação, deixando o vídeo de lado. Nesta mesma linha, alguns usuários (6 de 12) usaram o tempo onde era apresentada uma entrevista com o jogador que fez o gol, apresentada no final do vídeo, para realizar as tarefas na aplicação.

Esta pode ser uma das razões para o menor número de respostas corretas dos usuários do grupo B nas perguntas sobre o vídeo, verificada durante a análise da hipótese H-1-1.

ETAPA 3

TAREFA 1: “O próximo adversário do Fluminense”

A primeira tarefa da etapa 3 do experimento teve alta taxa de insucesso: 17 entre os 30 usuários (56,67%) não foram capazes de encontrar o próximo adversário do Fluminense (“Palmeiras”) nos menus da aplicação do futebol.

Analisando os dados do rastreamento do olhar, foi possível identificar um padrão no comportamento reproduzido por 12 destes usuários. Foi observado que estes usuários mudavam seu foco visual para o painel da direita assim que o menu ‘Jogos’ era aberto. Por esta razão deixavam de notar o pequeno sub-menu que se abria abaixo do menu ‘Jogos’ (na esquerda). Por esta razão, muitos usuários deixaram de notar as opções para as próximas rodadas e rodadas anteriores.

Figura 81 – Fixações do usuário 13 ao abrir o menu ‘Jogos’ da aplicação do Futebol.

O comportamento descrito acima é ilustrado pela Figura 81, que apresenta um trecho com as fixações do usuário de código 13, no momento em que este abriu o menu ‘Jogos’ da aplicação do futebol.

Este comportamento levou muitos usuários ao erro, já que a primeira opção aberta no menu ‘Jogos” mostrava informações sobre os jogos da rodada atual que eram muito semelhantes às informações procuradas.

TAREFA 4: “O saldo de gols do Fluminense”

O padrão descrito acima se repetiu nos dados de 12 dos 30 usuários (40.00%) ao procurar o Saldo de Gols do Fluminense (Tarefa 4 da Etapa 3 do experimento). Este comportamento é ilustrado na Figura 82. Porém, ao contrário do que aconteceu com a tarefa 1, a única forma de completar a tarefa 4 era encontrar a opção para classificação completa no submenu.

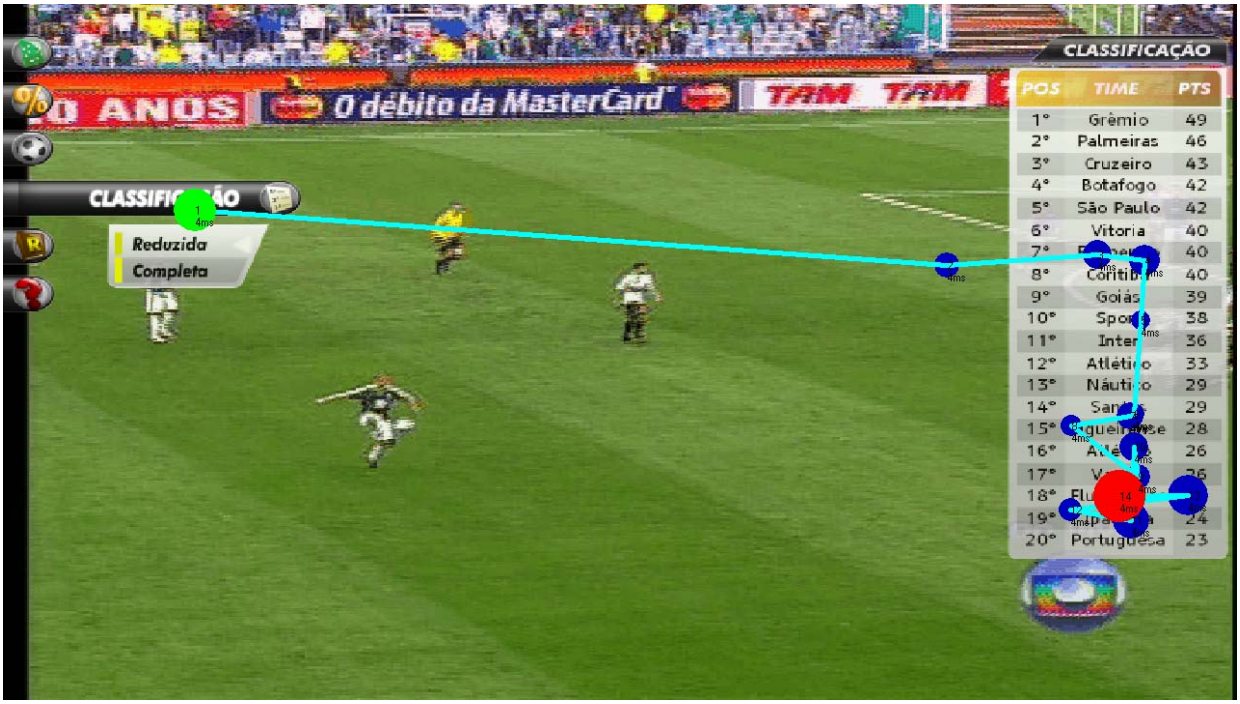


Figura 82 – Fixações do usuário 6 ao abrir o menu ‘Classificação’ da aplicação do Futebol.

Esta característica diferente da quarta tarefa levou 7 dos 12 usuários a realizarem um exame mais cuidadoso no menu classificação, encontrando a opção para classificação completa e selecionando-o. Outros 3 usuários fecharam o menu classificação sem notar a opção correta, mas, após procurarem o saldo de gols em outros menus, acabaram por retornar ao menu classificação realizando um exame mais cuidadoso e encontraram a tarefa correta. Um usuário simplesmente pressionou o botão BAIXO do controle remoto e abriu a classificação completa sem notar o submenu, e um usuário desistiu de procurar a informação.

Nesta mesma tarefa, analisando a maneira em que os usuários buscavam as informações na tabela, foi verificado que 13 usuários seguiram um mesmo padrão de inspeção enquanto procuravam o Saldo de Gols. Primeiro eles localizaram o Fluminense na linha, em seguida seguiam até seu final, subiam até o topo da tabela para confirmar se a coluna continha a informação SG (Saldo de Gols) e retornaram para baixo e para esquerda até a palavra Fluminense, confirmando se estavam na linha correta. É interessante notar que apenas 4 destes usuários haviam procurado a coluna correta antes de realizarem esta inspeção, sugerindo a existência de uma expectativa prévia em alguns usuários de que a última coluna (com o valor -7)

representaria o Saldo de gols. Este comportamento é ilustrado na Figura 83, contendo um trecho das fixações do usuário de código 6.

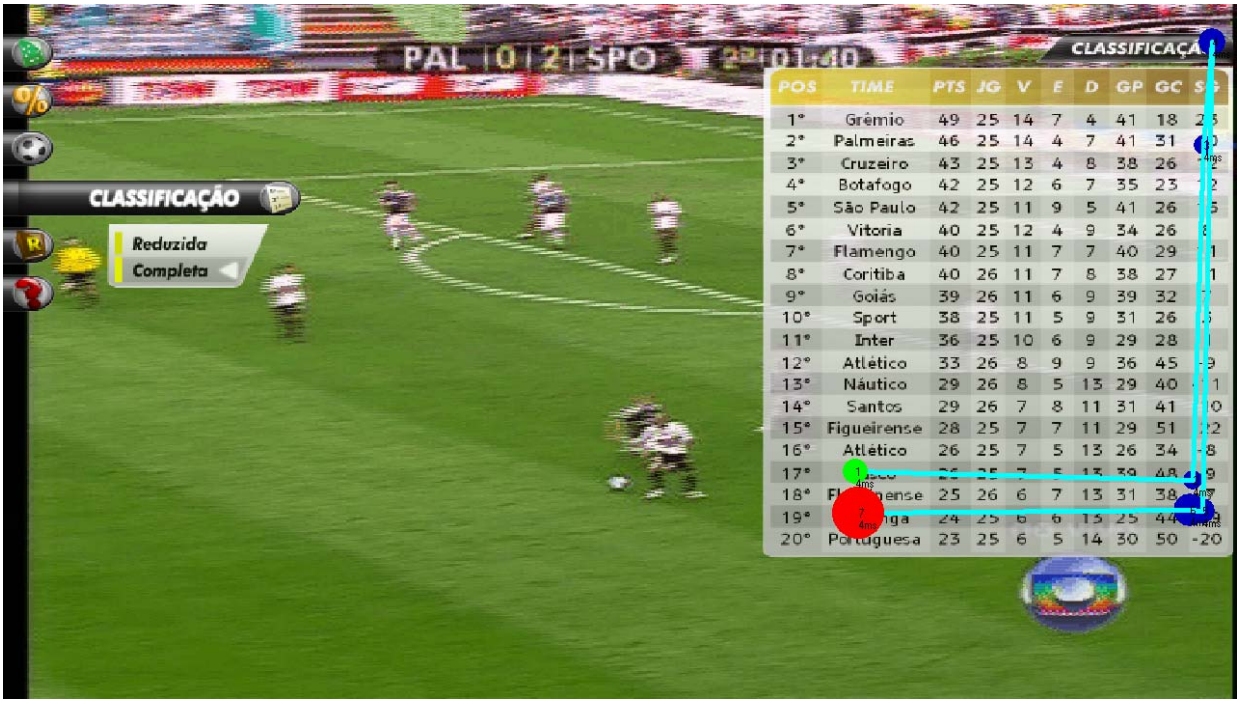


Figura 83 – Fixações do usuário 6 ao procurar o Saldo de Gols do Fluminense.

Apenas 12 usuários iniciaram a inspeção pela primeira linha, contendo os rótulos das colunas.

TAREFA 6: “Time com maior número de finalizações“

Em relação à tarefa 6 da terceira etapa do experimento, em que o usuário procurava o time com maior número de ‘Finalizações’, os dados do RO evidenciaram dois comportamentos distintos realizados pelos usuários. Enquanto 17 usuários inicialmente identificaram a opção ‘Finalizações’ no submenu, realizaram os comandos necessários no controle remoto para selecioná-la e só então observaram para a direita para ler das informações solicitadas, 7 usuários preferiram observar fixamente o título da janela da direita enquanto pressionavam para cima e para baixo mudando a opção até que a opção “Finalizações” aparecesse no título da janela.

6.2 ANÁLISE DO AMBIENTE DE TESTE E DOS PROCEDIMENTOS ADOTADOS

Um dos objetivos desta pesquisa, apresentados no Capítulo 1, é a proposta de um ambiente de teste que permita a realização de avaliações de usabilidade com rastreamento do olhar em aplicações para TVi, e a escolha de procedimentos adequados para esta tarefa. Assim, o ambiente descrito na seção 5.3.5 e os métodos descritos na seção 5.4 são avaliados nesta seção para verificar se são apropriados para este tipo de experimento.

A avaliação apresentada nesta seção é realizada com base nas informações fornecidas pelos próprios participantes através dos questionários pré e pós-teste (APÊNDICE 3 e APÊNDICE 4), em seus comentários realizados durante a sessão de uso, em observações dos pesquisadores que aplicaram os testes, registradas nas planilhas e roteiros usados (APÊNDICE 7 e APÊNDICE 8), e em observações do autor durante a análise dos dados do experimento.

6.2.1 Ambiente de teste

Analisando o local onde o experimento foi realizado, foi constatado que 73,3% dos participantes acreditam que o laboratório montado reproduz adequadamente o ambiente de uso da TV. Embora este número seja expressivo, ele também indica que cerca de um quarto dos usuários encontraram algum problema com o ambiente de teste. As causas desta inadequação do ambiente percebida por estes usuários foram atribuídas a:

- Problemas com o controle remoto: botões muito duros, botões muito pequenos
- Problemas com a TV: muito próxima, muito baixa;

- Problemas com a poltrona usada: muito baixa, não possuir apoio de braço, forçar o usuário a se portar de forma "*muito fixa*";
- Posição do RO: a mesa impedia que os usuários esticassem as pernas, movimentos ficavam restritos;
- Problemas com a ambientação: deveria simular um quarto de dormir, muito clara, pouco aconchegante, muitos cabos expostos.

Em um primeiro momento, a maior parte dos problemas identificados no ambiente de teste parece ser de fácil solução. Contudo, antes de realizar modificações no ambiente de teste proposto, é conveniente avaliá-las considerando o RO usado no experimento. Por exemplo: Ao ampliar a distância entre o usuário e a TV, o erro em pixels obtido nos dados do RO também será ampliado; e ao aumentar a altura da tela da TV, o RO pode começar a se comportar de maneira instável (seção 5.3.5).

6.2.2 Aplicações usadas durante os testes

Uma parte fundamental do experimento diz respeito às aplicações testadas. Estas aplicações foram avaliadas segundo o arranjo dos elementos na tela, adequação nas cores e tamanho das letras usadas, utilizando escalas numeradas ou perguntas de múltipla escolha. O arranjo dos elementos foi classificado de acordo com uma escala numerada de 1 a 5[56], com 1 representando 'arranjo inadequado' e 5 representando um arranjo 'muito bom'. A escolha das cores usadas também utilizou uma escala, com 1 representando cores 'pouco adequadas' e 5 representando cores 'muito adequadas'. E a fonte foi determinada em uma pergunta de múltipla escolha onde o usuário tinha as opções: 'Muito pequenas', 'Adequadas' ou 'Muito grandes'.

A Tabela 35 mostra o resultado desta avaliação. A aplicação das olimpíadas foi de forma geral considerada muito simples, sendo que o principal comentário realizado pelos usuários foi sobre a região reservada para o vídeo, considerada muito pequena.

---

[56] Escala Likert.

Tabela 35 – Avaliação dos usuários sobre aplicações usadas nos testes.

	APLICAÇÃO	
	OLIMPÍADAS	FUTEBOL
Arranjo dos elementos na tela	3,6	4,1
Cores usadas	4,3	4
Tamanho das letras	83% achou adequado	73% achou adequado

Em relação à aplicação do futebol, muitos usuários acharam o posicionamento dos elementos na tela melhor do que na aplicação das olimpíadas, como pode ser notado na nota atribuída nesta categoria, ou nas palavras dos próprios usuários: ”legal, não atrapalha o jogo”, “melhor que a primeira para ver o jogo” e “menos intrusiva”.

Muitos usuários notaram algum problema com a qualidade da imagem da aplicação do futebol embora não conseguissem expressar exatamente o problema. Foi comum encontrar comentários como: “*imagem muito ruim*”, “*pouco contraste*”, “*fonte estranha*”, “*não é muito bonita*”, “*escura*”, “*não nítida*”, “*serrilhada*” ou “*TVDi é ruim assim?*”. Este problema se deve à aplicação ter sido ampliada para ocupar toda a tela da TV[57], mas, de acordo com os próprios usuários, isto não prejudicou os testes.

Este problema com a qualidade da imagem da aplicação do futebol foi causado por uma limitação de processamento do computador usado[58]. Durante o planejamento do experimento foi realizado um teste de desempenho, onde uma versão da aplicação interativa do futebol que utilizava um vídeo em alta definição (1280x720 pixels) foi colocada no mesmo computador responsável pela realização do rastreamento do olhar. Neste teste foi constatado que o computador usado não era capaz de realizar ambas as funções ao mesmo tempo. Ao reduzir a resolução da aplicação tornou-se viável exibir a aplicação corretamente no mesmo computador

[57] A aplicação do futebol foi criada na resolução 720x480 e ampliada para 1280x720 para ocupar toda a tela da TV.

[58] Notebook DELL PRECISION M6300 com processador INTEL CORE 2 DUO 2,4 GHZ e 3,5 GB de memória RAM, com conexões DVI e Firewire

que executa a rastreamento do olhar, o que foi fundamental para a coleta sincronizada dos dados do experimento.

6.2.3 Procedimentos adotados durante o teste

Em relação aos procedimentos adotados, foi analisada a opinião dos usuários sobre procedimentos de calibração do RO, uso das fichas em papel, e a escolha das tarefas executadas pelos usuários.

As calibrações sucessivas do RO realizadas durante os testes aparentemente não prejudicaram o desempenho dos usuários, durando apenas cerca de 30 segundos entre as etapas do teste. Mesmo assim, alguns usuários a acusaram de ser um procedimento "*chato*".

Quando foi perguntado aos usuários se estes fariam as tarefas propostas em casa. Os usuários escolheram em uma escala de 1 a 5, com 1 representando "não faria" e 5 representando "com certeza faria". A média desta escala resultou em 3,83 indicando que grande parte dos usuários realizaria as atividades em casa. Mesmo assim, muitos usuários não gostaram de realizar as tarefas informando no questionário pós-teste que gostariam de interagir livremente com a aplicação.

Muitos usuários também não gostaram do tema das atividades, normalmente relacionados com futebol. Isto é confirmado pelo fato de apenas 6 usuários (20%) afirmarem gostar de futebol no questionário pré-teste (APÊNDICE 3).

Por fim, alguns usuários não gostaram de procurar as tarefas na ficha em papel. É interessante notar que muitos usuários foram vistos lendo a descrição da tarefa mais de uma vez antes de responder as perguntas, como forma de confirmar a informação solicitada. O maior problema deste procedimento, verificado durante os testes, foi a possibilidade de o usuário levantar a folha para ler a tarefa e bloquear a linha de visada da câmera do RO.

Uma idéia para experimentos futuros é apresentar a descrição da tarefa diretamente na tela da TV em alguma região específica da aplicação. Assim, além de evitar o problema de oclusão da face do usuário pela folha descrito acima, o RO conseguirá detectar o comportamento do usuário ao confirmar a informação solicitada.

6.2.4 Análise dos dados

A inclusão do rastreamento do olhar na avaliação de usabilidade resulta em uma enorme quantidade de dados disponíveis para análise, coletados de maneira automatizada. A quantidade de informações e as práticas comuns usadas com o rastreamento do olhar, como identificar fixações e mapear áreas de interesse, tornam evidente a necessidade de softwares automatizados para análise dos dados.

Talvez a característica mais marcante identificada durante a análise das informações, é a necessidade de sincronização na coleta de dados. No caso deste experimento, o ambiente de teste proposto (seção 5.3.5) é capaz de gravar a imagem e a voz dos usuários em sincronia com a imagem exibida na TV, enquanto a aplicação instrumentada (seção 5.3.6.3) registra os comandos do controle remoto, a seqüência de telas navegadas e dos dados do RO. Entretanto, as gravações de áudio e vídeo não são sincronizadas com o registro das informações realizado pela aplicação.

Assim não é simples a tarefa de combinar todas as informações coletadas para a realização da análise dos dados. Por esta razão, o software de análise descrito na seção 5.3.10 não utiliza as gravações coletadas pelo ambiente de teste.

No caso deste experimento, o resultado mais inconveniente da falta de sincronismo nos dados explicada acima é que as gravações e os registros coletados nas sessões de teste tiveram que ser analisadas separadamente, exigindo quase o dobro do tempo para analisar todos os dados do que se tivessem sido examinados ao mesmo tempo. Em casos críticos, a falta de sincronismo entre as medidas do rastreamento do olhar e os dados de outros protocolos de coleta automatizados poderia inviabilizar sua utilização em qualquer tipo de análise.

Para um estudo em pequena escala, é viável instrumentar a aplicação de teste e criar softwares customizados para analisar os dados, entretanto para avaliações em maior escala, onde mais usuários, realizam mais cenários de teste, em mais aplicações interativas, torna-se recomendável a existência de softwares especializados para a coleta e análise de dados que reduzam o tempo de preparação do teste e análise dos resultados.

6.3 DISCUSSÃO

Esta seção discute os resultados obtidos no experimento realizado e em toda a pesquisa de maneira geral.

Retomando o objetivo desta pesquisa, deseja-se estudar o uso da técnica de rastreamento do olhar e aplicá-la na avaliação de usabilidade de programas de TV Digital Interativa. Retomando ainda as questões que orientaram a elaboração do experimento descrito no Capítulo 5, deseja-se.

1) Determinar se o rastreamento do olhar pode ser usado para confirmar, refutar ou explicar hipóteses de usabilidade na avaliação de uma aplicação de TV interativa;
2) Determinar se o protocolo baseado em rastreamento do olhar pode substituir métodos tradicionais de avaliação de usabilidade;
3) Determinar se as métricas originadas do protocolo baseado em rastreamento do olhar podem ser:
    a. Associadas com a percepção de atratividade de propagandas;
    b. Associadas com a importância de elementos da tela ou com a dificuldade de certa tarefa;
    c. Usadas para identificar tendências de navegação dos usuários.

Pode-se dizer:

6.3.1 Sobre a avaliação de hipóteses de usabilidade com os dados do rastreamento do olhar

Considerando os objetivos propostos para o experimento foi verificado que os dados do rastreamento do olhar podem ser usados para avaliar hipóteses de usabilidade. Uma evidência deste fato é o procedimento de avaliação da hipótese H-1-3, que

confirmou que ao usar uma aplicação interativa que reduz a janela de vídeo o usuário deixa de notar propagandas presentes no vídeo do programa de TV. Outra evidência é o procedimento para avaliação da hipótese H-1-4, que rejeitou a afirmação de que o uso de animações por si só aumentariam a atratividade das propagandas.

Conclui-se, destas evidências, que uma grande contribuição da técnica de rastreamento do olhar aparentemente está em:

- Explicar, de uma forma bastante clara**,** os resultados obtidos pelos métodos tradicionais de avaliação, na medida em que os resultados colhidos diretamente da experiência do usuário corroboram as informações obtidas da observação dos usuários e de suas opiniões.
- Identificar as causas de problemas enfrentados pelos usuários e detectar comportamentos dos usuários, como apresentado no final da seção 6.1.2 durante a avaliação da hipótese H-2-3[59].
- Derrubar mitos a respeito do comportamento do usuário, como verificado na análise da hipótese H-1-4, citada acima.

6.3.2 Sobre alternativas para responder a uma questão de pesquisa, quando o método planejado falha.

Uma característica do protocolo baseado em rastreamento do olhar chamou a atenção do autor durante a análise dos dados foi que, embora o experimento tenha sido planejado de acordo com a abordagem *top-down* (seção 3.1)*,* os dados do rastreamento do olhar sempre permitem a realização de uma análise pela abordagem *bottom-up.* Isto é muito interessante quando os resultados obtidos no experimento não são exatamente os resultados esperados pelo pesquisador. Um exemplo disso pôde ser visto novamente na análise da hipótese H-1-4, em que os

---

[59] A hipótese H-2-3 afirma que é possível identificar tendências de navegação dos usuários através dos dados do RO.

testes estatísticos não puderam ser aplicados conforme planejado. Dada a disponibilidade dos dados, foi possível alterar o enfoque da avaliação, sendo estudada cada visualização recebida pela propaganda, e onde os usuários estavam focando sua atenção visual antes de sua apresentação, oferecendo uma explicação para a diferença entre os resultados obtidos e os resultados esperados.

6.3.3 Sobre a continuidade dos dados

Nesta mesma linha, os dados do RO são fornecidos continuamente, mesmo quando outros protocolos de avaliação empregados convencionalmente não o fazem. Por exemplo, durante a Tarefa 4 da ETAPA3 em que o usuário procurava o saldo de gols do Fluminense na aplicação do futebol, dentre os protocolos de coleta de dados utilizados, apenas o rastreamento do olhar disponibilizou informações sobre o comportamento dos usuários enquanto estes examinavam a tabela de classificação do campeonato.

Isto melhora a flexibilidade do experimento, já que, em caso de erro, sempre existirão dados que permitam o estudo das causas dos erros dos usuários.

6.3.4 Sobre a identificação de comportamentos dos usuários

Discute-se, nesta seção, a questão de identificar comportamentos dos usuários com maior profundidade.

Durante a análise da hipótese H-2-3 diversos comportamentos dos usuários foram identificados e ilustrados com os dados do RO. Como apresentado durante a análise desta hipótese, a identificação de comportamentos é importante quando evidenciam problemas de usabilidade, como descrito nos comportamentos chamados de:

- TENTAR MUDAR A OPÇÃO DO MENU COM UM SUBMENU ABERTO;
- TAREFA 1: O próximo adversário do Fluminense;
- TAREFA 4: O saldo de gols do Fluminense.

A identificação de comportamentos também é importante quando mostram as estratégias dos usuários, melhorando a compreensão de como os usuários realizam as tarefas, e desvios destas estratégias. Isso pode ser exemplificado pelos comportamentos do grupo de teste durante a ETAPA 2. Estes usuários tiveram que modificar as estratégias criadas durante a ETAPA 1 do experimento para conciliar as tarefas realizadas sobre a aplicação das olimpíadas e a tarefa de assistir ao jogo de futebol.

6.3.5 Sobre rupturas no fluxo de interação

É interessante notar também que, em alguns casos os dados do rastreamento do olhar permitiram a compreensão de eventos de ruptura da interação. Por exemplo, na primeira etapa do experimento, alguns usuários tiveram dificuldade para retornar ao menu principal da aplicação das olimpíadas, entretanto, após realizarem o comportamento chamado de “OBSERVAR BOTÃO COM COMANDOS DISPONÍVEIS PARA VOLTAR AO MENU PRINCIPAL”, realizaram todas as tarefas seguintes com facilidade. O mesmo ocorreu na ETAPA3 do experimento, onde alguns usuários tiveram dificuldade em notar a presença do sub-menu da aplicação do futebol. Esta dificuldade resultou em diversos erros na primeira tarefa desta etapa (“O próximo adversário do Fluminense”), mas, após a tarefa 4 (“O saldo de gols do Fluminense”), em que a maioria dos usuários identificou o sub-menu com suas opções, as tarefas passaram a ser realizadas sem nenhuma dificuldade.

A identificação destes eventos de ruptura pode ser usada para gerar novas recomendações de design para as aplicações, como por exemplo, na aplicação do futebol, o sub-menu deveria ser evidenciado de forma que os usuários o notassem desde o primeiro momento.

6.3.6 Sobre o uso das métricas do rastreamento do olhar

Em relação às métricas do rastreamento do olhar, o experimento mostrou que é importante ter cautela na hora de aplicar as métricas descritas na literatura na análise dos dados. Como visto nas hipóteses H-2-1 e H-2-2, a aplicação destas métricas depende profundamente da interpretação correta de seu significado, como se mostra a seguir.

- Na hipótese H-2-1, desejava-se verificar se o número de fixações em uma área de interesse pode ou não ser usado para indicar a importância dos elementos da interface, como postulado na literatura. A análise pelo RO mostrou que a definição do significado da palavra 'importância' no contexto da avaliação faz muita diferença: se o pesquisador procura relacionar a importância com a utilização do elemento a hipótese pode ser confirmada, entretanto, se o pesquisador deseja saber a importância atribuída pelos usuários para cada elemento da interface, o resultado obtido pelo RO pode ser diferente do obtido pela consulta aos usuários, dependendo da estrutura da aplicação testada.
- Da mesma forma, a literatura sugere que a duração média das fixações poderia ser usada para indicar a dificuldade na conclusão de uma tarefa, o que foi examinado na hipótese H-2-2. O experimento não revelou resultados conclusivos neste caso, pois embora tenha sido encontrada correlação entre o índice de dificuldade atribuído pelo usuário e a duração das fixações deste, no grupo de controle a correlação foi negativa e no grupo de teste a correlação foi positiva.

Especulando as possíveis causas para este fato: foi percebida uma 'falsa sensação de facilidade' reportada por alguns usuários. Estes usuários foram capazes de realizar as últimas tarefas das etapas do experimento com muita facilidade, entretanto, eles enfrentarem algumas dificuldades enquanto aprendiam a usar a aplicação. Isto é especialmente comum se houve algum evento de ruptura durante o

uso da aplicação. Assim, ao classificar a dificuldade da aplicação, prevalece a experiência geral do usuário, vista neste experimento como uma sensação de grande facilidade de uso, que ignora algumas dificuldades encontradas e pequenas experiências negativas.

Os dados do rastreamento do olhar são contínuos, e a análise realizada na hipótese H-2-2 procurou representar toda a interação de uma vez, não levando em conta estes possíveis pontos de ruptura. Assim, a relação da duração da fixação com a dificuldade da tarefa precisa ser melhor investigada verificando se esta métrica pode evidenciar pontos de dificuldade específicos, ao invés da experiência geral.

6.3.7 Sobre a substituição de métodos convencionais de avaliação por métodos baseados em rastreamento do olhar

Embora em alguns casos seja possível utilizar o protocolo baseado em rastreamento do olhar no lugar de métodos convencionais, é mais recomendável utilizá-lo para complementar a avaliação, explicando comportamentos dos usuários e causas de problemas de usabilidade.

6.3.8 Sobre o uso do rastreador do olhar em avaliações de usabilidade para TVi

Merecem ainda discussão os arranjos experimentais e a adaptação do RO ao ambiente de TV. Observando o experimento propriamente dito, observa-se na análise apresentada na seção 6.2, que o ambiente de teste proposto e os procedimentos experimentais empregados são adequados para a realização deste tipo de avaliação.

É interessante ressaltar, entretanto, algumas características que devem ser levadas em consideração no planejamento dos experimentos.

Em primeiro lugar, o RO disponível deve ser considerado durante a montagem do ambiente de teste e na escolha dos procedimentos experimentais. Algumas considerações sobre as características do RO e os seus impactos no experimento foram apresentadas no final da seção 5.1. Resumidamente pode-se apresentar:

- O tipo de dados influencia a escolha de métricas e desta forma os tipos de análise possíveis;
- A taxa de dados limita a escolha dos parâmetros que definem as fixações;
- A precisão pode limitar a distância entre o usuário e tela e afetar a eficiência dos algoritmos de identificação de fixações;
- O tipo de montagem e a intrusividade podem causar desconforto excessivo no usuário. O tipo de montagem também pode dificultar a realização de alguns tipos de análises[60];
- A robustez pode inviabilizar todo o experimento, seja por apresentar um alto índice de rejeição de usuários, ou por exigir a re-calibração muito constante.

Outras recomendações são listadas a seguir:

ROs baseados na tecnologia VOG com PC/CR podem gerar interferência em equipamentos que utilizam comunicação baseada na luz infravermelha, como os controles remotos usados normalmente em terminais de acesso e para a TV. Assim, é recomendável utilizar controles remotos com fio, ou baseados em outra tecnologia de transmissão.

Note também que muitos ROs são usados para interação em computadores, substituindo o dispositivo de apontamento. Por esta razão, é possível que sejam adotados nestes equipamentos alguns procedimentos para evitar a oscilação do cursor, como o parâmetro *smoothing* do RO utilizado (V. seção 5.3.4). Para aplicações de diagnóstico, este tipo de tratamento é indesejável, pois altera a medida obtida, e precisa ser anulado nas configurações do RO.

---

[60] Especialmente se considerarmos a utilização de um RO montado na cabeça com câmera de cena, e avaliações que consideram a definição de AOIs na interface.

Um cuidado importante na realização de experimentos como o desta pesquisa é a marcação da posição dos móveis do laboratório. Assim é possível assegurar que a distância entre o usuário e o RO sempre esteja dentro de seu range operacional, e que a distância do usuário até a TV possa ser medida, o que permite que o erro do equipamento seja calculado em pixels.

Durante o planejamento do experimento, dois RO disponibilizados com código fonte aberto foram cogitados e descartados por apresentar problemas de robustez (V. APÊNDICE 9). Porém, mesmo com equipamentos comerciais deve-se tomar um grande cuidado com esta característica, sendo importante realizar sempre que possível o procedimento de verificação da calibração para assegurar que o equipamento esteja funcionando corretamente.

É provável que ocorra o erro de escorregamento nas medidas, ou seja, os dados do RO aparecem deslocados em relação às posições realmente observadas. Assim os dados das verificações da calibração podem ser usados para amenizar os efeitos deste tipo de erro em procedimentos de análise automatizados.

Uma característica sutil evidenciada no teste diz respeito à altura da TV. Quando a borda superior da TV fica cerca de 20 cm mais alta do que o olho do usuário (para a distância de 2 metros), o RO utilizado no experimento passa a operar de maneira instável, evidenciando perda de robustez no sistema.

6.3.9 Sobre a coleta, processamento e análise dos dados do rastreamento do olhar

Finalmente, considerando a aplicação bem sucedida do rastreamento do olhar na avaliação de usabilidade, merece discussão a grande necessidade de softwares para a coleta, processamento e análise automática dos dados.

Para a coleta de dados o fator mais importante é a sincronização das fontes de informação. Desta forma, o processamento e a análise dos dados podem combinar informações de diversas naturezas e realizar uma análise mais completa, sem aumentar a carga de trabalho da equipe de pesquisadores.

Observando esta questão de outro ângulo, a falta de sincronismo entre o RO e as demais fontes de dados pode obrigar o pesquisador a estudá-los manualmente, tornando quase inviável a sua utilização em avaliações de usabilidade realistas.

Pelo menos seis fontes de dados deveriam que ser consideradas para a coleta de dados durante o experimento: o RO, o controle remoto, as telas vistas pelo usuário, o usuário (imagem e voz) e a tela da TV apresentada ao usuário, e marcações do pesquisador (início e fim de tarefa, erros do usuário, etc.).

Esta coleta pode ser realizada com softwares comerciais ou por uma aplicação do próprio pesquisador, como no caso desta pesquisa. Embora a instrumentação das aplicações não seja considerada pelo autor como uma tarefa complexa, sendo composta basicamente pela inclusão de comandos para registrar os dados desejados e controlar o RO, não se pode pretender que em um ambiente de avaliação profissional os avaliadores tenham acesso ao código fonte para realizar alterações. Portanto, se possível, a reescrita das aplicações deve ser evitada, pois não agrega valor aos resultados do experimento. Alternativas viáveis são utilizar emuladores no PC capazes de executar as aplicações para TVi, ou utilizar o próprio terminal de acesso no experimento, como indicado nos trabalhos futuros.

O processamento e análise dos dados são muito beneficiados pelo uso de softwares de análise. Combinando os dados das seis fontes apresentadas acima é possível, além de reproduzir a sessão de teste em detalhes, comparar os dados e extrair parâmetros da interação de maneira automatizada.

Nesta pesquisa, novamente, o autor optou por desenvolver o seu próprio software de análise identificando algumas funções muito importantes para as avaliações de usabilidade. As principais funções deste software são:

- Identificação das fixações nos dados brutos do RO;
- Cálculo do erro de escorregamento a partir dos dados das verificações da calibração dos usuários;
- Cálculo do tempo de conclusão das tarefas a partir das marcações do pesquisador durante o experimento;
- Extração de parâmetros do rastreamento do olhar, como por exemplo, o número de fixações em uma AOI durante a realização de uma tarefa.
- Reprodução sincronizada dos *logs* coletados durante o experimento, sobrepondo as fixações do usuário sobre a imagem da TV;
- Seleção de trechos da interação para ilustrar as conclusões;
- Processamento de *logs* em lote, ou seja, processa os registros de diversos usuários com apenas um comando.

Avaliações de usabilidade devem considerar a existência de um software com pelo menos estas funções, e mais ferramentas de análise estatística e geração de gráficos e relatórios. Duas tarefas que exigem muito tempo do pesquisador.

Embora não seja uma função essencial do software de análise, é desejável a existência de ferramentas automatizadas para a identificação de comportamentos e padrões de interação. Este é um dos próximos passos previstos para esta pesquisa.

Note que os dados e métricas do rastreamento do olhar podem ser usados quantitativa ou qualitativamente, sem perder sua natureza objetiva. Note também, que os procedimentos de extração de parâmetros automatizados são muito importantes por agilizar o processo de análise, mas em última instância as conclusões da análise são traçadas pelo pesquisador. A automação tem o papel de retirar uma carga de trabalho desnecessária deste indivíduo, permitindo que este dê foco a questões mais importantes.

6.3.10 Considerações finais

Apesar do experimento realizado nesta pesquisa não ter explorado todo o potencial do rastreamento do olhar, ele certamente ensaia de maneira bem sucedida o método experimental, assim como os materiais utilizados. Dessa forma, ele se apresenta como um bom ponto de partida para os pesquisadores interessados em realizar experimentos desta natureza, seja para verificar os resultados obtidos nesta pesquisa ou investigar novas questões.

Assim, o autor considera que esta pesquisa atingiu seu objetivo de estudar a técnica de rastreamento do olhar e aplicá-la na avaliação de usabilidade de programas de TVi.

7 CONCLUSÃO

Esta dissertação apresentou como principal proposta, o estudo das técnicas de rastreamento do olhar e sua aplicação na avaliação de programas de TV Digital Interativa. O trabalho realizado se mostrou interessante e instigante para o pesquisador. O tema desta dissertação é relevante ao momento atual, marcado pelo início das transmissões de aplicações interativas no SBTVD e pelo maior acesso aos equipamentos usados para o rastreamento do olhar. Durante a pesquisa constata-se que a área de teste usando rastreamento do olhar em TVD ainda encontra-se aberta, e requer principalmente o desenvolvimento de conceitos e aparatos metodológicos que embasem as análises e softwares de avaliação automatizados que reduzam a carga de trabalho dos pesquisadores que desejam utilizar esta técnica.

No decorrer desta dissertação procurou-se esclarecer questões sobre como realizar experimentos com o rastreamento do olhar. Foram abordados temas como a tecnologia utilizada, o planejamento do experimento, a preparação do ambiente de teste e a análise dos resultados obtidos em experimento, apresentando procedimentos e métodos adequados e adaptados para este fim, e resultando em um roteiro de teste que pode ser reutilizado em experimentos desta natureza.

7.1 Resumo dos capítulos

Nesta seção são apresentados vários resultados obtidos no decorrer das atividades realizadas como parte desta pesquisa.

No Capítulo 2 é apresentada uma revisão das técnicas de rastreamento do olhar encontrada na literatura. Foram apresentadas as origens do rastreamento do olhar e apresentadas diversas técnicas utilizadas para sua realização, desde a localização do olho até a determinação da posição observada pelo usuário. Ainda neste capítulo, é proposta uma forma de classificar os ROs que leva em conta suas

principais características[61], uma taxonomia, baseadas na literatura de IHC, que facilite a compreensão dos movimentos dos olhos e a padronização das medidas usadas em experimentos, e as aplicações mais freqüentes desta técnica.

O Capítulo 3 introduz o campo de avaliação de usabilidade neste trabalho e explica como o rastreamento do olhar pode ser incluído no processo de experimentação. São apresentadas as abordagens utilizadas em experimentos com rastreamento do olhar e algumas contribuições e limitações desta técnica. Em seguida é apresentada uma extensa revisão das métricas comumente utilizadas em experimentos com rastreamento do olhar, assim como um breve roteiro, adaptado da avaliação de usabilidade convencional, para orientar o planejamento de experimentos que utilizem a técnica de rastreamento do olhar.

O Capítulo 4 apresenta o contexto de uso das aplicações interativas para TVi, que são as aplicações alvo desta pesquisa. Este capítulo contribui de duas maneiras: Primeiro ele mostra as diferenças dos ambientes de uso TV e do computador pessoal, e, em seguida, ele apresenta uma classificação para as aplicações para TVi, que ressalta suas principais características.

O Capítulo 5, por sua vez, reúne as principais contribuições desta pesquisa. Neste capítulo é apresentado o detalhamento de um experimento realizado para avaliar aplicações de TVi utilizando o rastreamento do olhar para coleta das posições observadas pelo usuário, que seguiu a metodologia de planejamento apresentada no Capítulo 3. Durante a descrição deste experimento, é apresentada em detalhes uma proposta para um ambiente de teste, roteiros e procedimentos experimentais adequados para avaliação de usabilidade com rastreamento do olhar. Outra contribuição relevante deste capítulo é a apresentação de um software desenvolvido pelo autor para permitir a coleta, o processamento e a análise das informações do rastreamento do olhar, visando a avaliação de usabilidade de aplicações de TVi. Finalmente, todo o processo de submissão do experimento ao Comitê de Ética em

---

[61] A escolha das características, que foi realizada com foco em aspectos importantes para avaliações de usabilidade, resultou em cinco categorias: montagem, tipo de dados, taxa de dados, precisão, intrusividade e robustez.

Pesquisa realizado para assegurar a segurança dos participantes é uma contribuição, pela discussão dos riscos aos participantes e pelos procedimentos derivados das considerações de ética que foram realizados durante as sessões de teste.

Por fim, no Capítulo 6 são apresentadas duas análises realizadas no decorrer da pesquisa. A primeira utiliza os dados do rastreamento do olhar combinados a medidas coletadas por métodos convencionais para avaliar duas aplicações interativas para TV, expondo resultados que podem ser obtidos através desta técnica. Já a segunda avalia o ambiente de teste proposto, verificando sua adequação com base na opinião dos participantes e pesquisadores envolvidos no experimento. Neste capítulo também é apresentada uma discussão sobre os resultados obtidos durante esta pesquisa.

7.2 Contribuições

Esta seção resume as principais contribuições obtidas no decorrer desta pesquisa.

A principal contribuição deste trabalho foi a consolidação e o detalhamento das diversas etapas envolvidas no planejamento, execução e análise, que são necessárias para a realização de avaliações de usabilidade que utilizam o rastreamento do olhar no ambiente de uso de TV, sobre aplicações de TVi.

Outras contribuições deste trabalho foram:

- A proposta de um ambiente de teste que simula o ambiente de uso da TV e é adequado à coleta de medidas tanto por métodos convencionais de avaliação, quanto através das técnicas de rastreamento do olhar;
- Apresentação de roteiros e procedimentos experimentais adequados ao uso em avaliações desta natureza;
- Uma discussão sobre a validade e a aplicação de métricas coletadas pelo rastreamento do olhar na avaliação de aplicações para TVi, realizada durante a análise dos dados do experimento;

- Uma revisão bibliográfica sobre as técnicas necessárias para a realização do rastreamento do olhar, suas características e uma taxonomia para classificar os dados obtidos por esta técnica;
- Uma discussão sobre as contribuições e limitações desta técnica quando utilizadas para avaliação de usabilidade;
- Uma revisão bibliográfica extensa das métricas do rastreamento do olhar mais utilizadas em avaliações de usabilidade;
- Desenvolvimento de softwares para a coleta, processamento e análise dos dados do rastreamento do olhar, adequado para realização de avaliações de usabilidade.

7.3 Trabalhos Futuros

No decorrer desta pesquisa foram seguidas as práticas comuns de avaliação de usabilidade e experimentação com rastreamento do olhar, entretanto, apenas um pequeno número de situações de uso das aplicações interativas para TV e apenas um pequeno número das possibilidades oferecidas pelos dados do rastreamento do olhar foram investigados e utilizados durante o experimento realizado.

Também foi identificado que a utilização de métricas do rastreamento do olhar depende de diversos métodos automatizados, tanto para a coleta, quanto para a análise das informações. Algumas das principais contribuições do rastreamento do olhar na etapa de análise foram obtidas manualmente através da análise qualitativa, que embora seja muito simples de realizar envolve um grande gasto de tempo e está suscetível ao viés do pesquisador que realizou a análise.

Por fim, apesar do ambiente de teste proposto ser adequado para a realização dos experimentos e facilitar a instrumentação e a coleta de medidas automatizadas, a reprodução das aplicações de TVD no PC é uma tarefa cansativa e em alguns casos demorada, e implica em re-trabalho. Outra limitação deste ambiente está diretamente relacionada à capacidade do computador em reproduzir vídeos em alta qualidade enquanto coleta as informações necessárias pelo teste, já que, diferente

do terminal de acesso, o computador não possui hardware otimizado para exibição de vídeo.

Dessa forma, passos seguintes previstos para esta pesquisa são:

- Avaliações sobre outras aplicações interativas e outros conteúdos televisivos, como jornais, filmes, séries e novelas, usando este trabalho como *framework.*
- Utilização de usuários mais representativos da população brasileira, como por exemplo usuários que se encaixem nos modelos de usuários identificados por Barros (2006).
- Utilização de outras métricas do rastreamento do olhar e como elas podem complementar as avaliações de usabilidade das aplicações. Em especial, verificar se a duração da fixação pode ser usada para evidenciar pontos de dificuldade específicos, ao invés da experiência geral (estudada nesta pesquisa).
- Estudo de outras técnicas e softwares de avaliação automatizados para identificação de padrões de navegação e utilização de métricas do rastreamento do olhar em avaliações de usabilidade. Em especial, explorar métodos para identificar tendências de navegação a partir de *scanpaths*, outras formas de representar os dados, como *heat maps* (gráfico em duas dimensões que evidência as regiões mais vistas pelos usuários através de cores), e tratamentos estatísticos para os dados deste protocolo.
- Generalização do software desenvolvido para a coleta e análise de dados, desenvolvido durante esta pesquisa, para permitir sua distribuição e reuso em outros experimentos, considerando a inclusão de mecanismos automatizados de identificação de padrões de interação, análises estatísticas e geração de relatórios.

- Estudo de um ambiente de teste que seja baseado em um terminal de acesso da TVD, adicionando um computador para registrar os sinais de áudio e vídeo do set-top box, a imagem e a voz do participante do teste, e os dados do RO de maneira sincronizada. Além do registro dos comandos realizados no controle remoto e dos *logs* da navegação, enviados pelo set-top box usando o canal de retorno após pequenas adaptações na aplicação.
- Criação de um guia com recomendações que possam orientar o desenvolvimento de aplicações para TVi, comprovadas experimentalmente com os dados do RO.

7.4 Considerações Finais

Esta dissertação consolidou uma pesquisa realizada nos 3 últimos anos nas áreas de rastreamento do olhar e avaliação de usabilidade, que teve como objetivo estudar aplicações interativas para TVD. A importância desta pesquisa pode ser compreendida diante da sua atualidade, já que neste ano (2009) está previsto o início do uso de aplicações interativas na TV aberta brasileira.

O desenvolvimento de aplicações atrativas, interessantes e, sobretudo, fáceis de usar será um fator essencial para o sucesso e absorção desta tecnologia pelo mercado brasileiro, composto por um público altamente diversificado.

REFERÊNCIAS

ALVES, José Luiz Lopes. **Avaliação da carga mental de trabalho na operação de interfaces homem-computador de sistemas de controle de processos**. 2004. Dissertação (Doutorado) - Universidade Estadual de São Paulo. São Paulo, 2004.

ASL – APPLIED SCIENCE LABORATORIES. EUA. Massachusetts. Disponível em: <http://www.a-s-l.com/>. Acesso em: 5 maio 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9421-11** - Requisitos Ergonômicos para Trabalho de Escritórios com Computadores – Parte 11 – Orientações sobre Usabilidade. Rio de Janeiro, 2002.

_____. **NBR 15606-2** - Televisão digital terrestre – Codificação de dados e especificações de transmissão para radiodifusão digital. Parte 2: Ginga-NCL para receptores fixos e móveis – Linguagem de aplicação XML para codificação de aplicações. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em <www.abnt.org.br>. Acesso em 10. Jul. 2008.

BABCOCK, Jason S.; PELZ, Jeff B. Building a lightweight eye tracking headgear. In: SYMPOSIUM ON EYE TRACKING RESEARCH & APPLICATIONS, ETRA, 2004, San Antonio, Texas. **Proceedings…** New York: ACM Press, 2004. p. 109-114. Disponível em < http://doi.acm.org/10.1145/968363.968386>. Acesso em 5 maio 2008.

BARCELOS, T. S.; MORIMOTO, C. H. GInX: gaze based interface extensions. In: SYMPOSIUM ON EYE TRACKING RESEARCH & APPLICATIONS ETRA, Savannah, Georgia, 2008. **Proceedings...** New York, NY, USA: ACM Press, 2008. p. 149-152. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/1344471.1344510>. Acesso em: 10 maio 2008.

BARROS, Gil Garcia de. **A consistência da interface com o usuário para a TV interativa**. 2006. p. 218. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de São Paulo. São Paulo, Setembro 2006.

BBC. Designing for interactive television. **Standards & Guidelines**. 2005. 41 p. Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/guidelines/newmedia/desed/>. Acesso em: 29 jan. 2009.

BECKER, Valdecir. **Concepção e Desenvolvimento de Aplicações Interativas para Televisão Digital**. 2006. 100 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006. Disponível em <http://servicos.capes.gov.br/arquivos/avaliacao/estudos/dados1/2006/41001010/045/2006_045_41001010055P9_Teses.pdf>. Acesso em: 25 maio 2008.

BEDNARIK, Roman; TUKIAINEN, Markku. An eye-tracking methodology for characterizing program comprehension processes. In: SYMPOSIUM ON EYE TRACKING RESEARCH & APPLICATIONS ETRA, San Diego, California, USA 2006. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 2006. p. 125-132. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/1117309.1117356>. Acesso em 30 set. 2007.

BEYNER, D.; RUSSEL, D. M. WebGazeAnalyzer: a system for capturing and analyzing web reading behavior using eye gaze. In: CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, Portland, OR, USA, 2005. **Extended abstracts…** New York, NY, USA: ACM Press, 2005. p. 1913 - 1916 . Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/1056808.1057055>. Acesso em: 15 out. 2007.

BERGSTRAND, MARTIN. **Automatic analysis of eye tracker data**. Linköping., Sweden: Swedish National Road and Transport Research Institute, 2008. Disponível em: <http://www.vti.se/EPiBrowser/Publikationer%20-%20English/N12A-2008.pdf>. Acesso em: 30 out. 2008.

BROADBANDBANANAS. **iTV Video Vault**. BroadbandBananas, 2008. Disponível em: <http://broadbandbananas.com/videovault.html>. Acesso em: 25 maio 2008.

CIVITA, Victor (Ed.). **Medicina e Saúde**. São Paulo: Abril Cultural, 1968. 792 p.

COLLEWIJN, H. Eye- and head movements in freely moving rabbits**. The Journal of Physiology**, v.266, n. 2, p. 471-498, abr., 1977. Disponível em: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1283576 > Acesso em: 5 maio 2008.

COOKE, Lynne. Improving Usability Through Eye Tracking Research. In: PROFESSIONAL COMMUNICATION CONFERENCE, International, 2004. **Proceedings.** International: IPCC, 2004. p. 195-198. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/9464/30036/01375297.pdf> Acesso em: 22 set. 2007.

COSTA, Marcelo Fernandes. Movimentos oculares no bebê: o que eles nos indicam sobre o status oftalmológico e neurológico. **Psicol. USP**. **[online],** v.18, n.2, p.47-61, jun. 2007. Disponível em: <http://pepsic.bvs-psi.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-51772007000200004&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 9 maio 2008. ISSN 1678-5177.

CROWE, Eric C.; NARAYANAN, N. Hari. Comparing interfaces based on what users watch and do. In: SYMPOSIUM ON EYE TRACKING RESEARCH & APPLICATIONS ETRA, Palm Beach Gardens, Florida, United States, 2000. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 2000. p. 29-36. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/355017.355022>. Acesso em: 15 out. 2007.

CUI, Yongqin; HONDZINSKI Jan M. Gaze tracking accuracy in humans: Two eyes are better than one. **Neuroscience Letters**, v. 396, n.3, p.257-262, abr. 2006. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1016/j.neulet.2005.11.071>. Acesso em: Acesso em: 9 mai, 2008.

DAUNYS, Gintautas; RAMANAUSKAS, Nerijus. The accuracy of eye tracking using image processing. In: NORDIC CONFERENCE ON HUMAN-COMPUTER INTERACTION, n. 2, Tampere, Finland, 2004. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 2004. p. 377-380. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/1028014.1028074>. Acesso em: 15 out. 2007.

DIGITAL TV.ORG.UK. Digital TV.org.uk your guide to the digital switchover. **Digital TV Dictionary**. Disponível em: <http://www.digital-tv.org.uk/guides/digital-tv-dictionary.htm>. Acesso em: 12 out. 2008.

DIX, Alan et al. **Human-Computer Interaction**. 2nd ed. London; New York: Prentice Hall Europe, 1998, 638 p.

DUCHOWSKI, Andrew T. **Eye Tracking Methodology: Theory and Practice**. 2nd ed. London: Springer, 2007, 328p.

DUCHOWSKI, Andrew T. A Breadth-First Survey of Eye Tracking Applications. **Behavior Research Methods, Instruments, & Computers**, v. 34, n. 4, p. 455-470, nov., 2002. Disponível em <http://www.ingentaconnect.com/content/psocpubs/brm/2002/00000034/00000004/art00002> Acesso em: 23 set. 2007.

EAGLEEYES PROJECT. EUA. Boston. Disponível em: <http://www.bc.edu/schools/csom/eagleeyes/> Acesso em: 5 maio 2008.

EYEBACHELOR. Disponível em: <http://code.google.com/p/eyebachelor> Acesso em: 10 mar. 2008.

EYE TECH. EUA. Mesa. Disponível em: <http://www.eyetechds.com>. Acesso em: 5 maio 2008.

EYE TECH. **Quick Glance Software User's Manual**. p. 34, jul., 2008b.

EVINGER, C.; FUCHS, A. F. Saccadic, smooth pursuit, and optokinetic eye movements of the trained cat**. The Journal of Physiology**, v.285, p. 209-229, dez. 1978. Disponível em: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1281753 > Acesso em: 5 maio 2008

EWING, K. **Studying web pages using Eye Tracking**. Whitepaper. 2005. 13p. Disponível em: <http://www.alt64.com/tobiiftp/Studying_web_pages_using_eyetracking.pdf>. Acesso em: 10 maio 2008.

FILGUEIRAS, Lucia V. L.; ALMAS, Almir; SHCLITTLER, João Paulo; OLIVEIRA NETO, João S. de; GIANNOTTO, Eduardo; BARROS, Gil; ZUFFO, Marcelo K. Processos de software para televisão digital interativa. In: TVDI FÓRUM DE OPORTUNIDADES EM TELEVISÃO DIGITAL INTERATIVA, n. 4, Poços de Caldas, 2006. **Anais...** Poços de Caldas: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2006.

FILGUEIRAS, Lucia V. L.; CORREA, Danilo; BOLETTA, João Paulo, NETO, João Soares. **Procedimento de avaliação de usabilidade do LabIHC para aplicações de Televisão Digital e Interativa**. Manual de usabilidade. 2007. Relatório entregue para ampliação do laboratório de Interação Homem-Computador (LabIHC) do e-poupatempo nos aspectos de acessibilidade/.

FIOCRUZ. **Portal Fiocruz.** Riscos Físicos. Fundação Oswaldo Cruz. Disponível em <http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/lab_virtual/riscos_fisicos.html>. Acesso em 28 dez. 2008.

FORUM SBTVD. Fórum do Sistema Brasileiro de TV Digital Terrestre. **Perguntas e respostas mais freqüentes**. Disponível em: <http://www.forumsbtvd.org.br/materias.asp?id=35> Acesso em: 9 jan. 2009a.

_____. **Glossário da TV digital.** Disponível em: <http://www.forumsbtvd.org.br/materias.asp?id=36> Acesso em: 9 jan. 2009b.

GOLDBERG, J.H., KOTVAL, X.P. Computer interface evaluation using eye movements: methods and constructs. **International Journal Of Industrial Ergonomics**, v. 24, p. 631–645. 1999.

GOLDBERG, Joseph H. et al. Eye Tracking in Web Search Tasks: Design Implications. In: SYMPOSIUM ON EYE TRACKING RESEARCH & APPLICATIONS ETRA, New Orleans, Louisiana, 2002. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 2002. p. 51-58. Disponível em: < http://doi.acm.org/10.1145/507072.507082>. Acesso em: 7 out. 2007.

GRAPHPAD. T-Test calculator. **GraphPad QuickCalcs.** Disponível em: <http://www.graphpad.com/quickcalcs/ttest1.cfm>. Acesso em 20 dez. 2008.

GUAN, Zhiwei; LEE, S., CUDDIHY, E., and RAMEY, J. The validity of the stimulated retrospective think-aloud method as measured by eye tracking. In: CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, Montréal, Québec, Canada, 2006. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 2006. p. 1253 - 1262. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/1124772.1124961>. Acesso em: 15 out. 2007.

HARO, Antonio; ESSA, Irfan; FLICKNER, M. A non-invasive computer vision system for reliable eye tracking. In: CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, The Hague, The Netherlands. New York, 2000. **Extended abstracts…** NY, USA: ACM Press, 2000. p. 167-168. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/633292.633385>. Acesso em: 7 out. 2007.

HENNESSEY, Craig; NOUREDDIN, Borna; LAWRENCE, Peter. A single camera eye-gaze tracking system with free head motion. In: SYMPOSIUM ON EYE TRACKING RESEARCH & APPLICATIONS ETRA, San Diego, California, 2006. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 2006. p. 87-94. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/1117309.1117349>. Acesso em: 15 out. 2007.

HUMANSCAN. HUMANscan the home of BioID, 2008. Disponível em <http://www.humanscan.com/products/eyetracker.php>. Acesso em 5 maio 2008.

ISCAN INCORPORATED. ETL-300 Binocular Free-head: Eye Tracking Laboratory, 2000. 4p. /Disponível mediante de solicitação através do e-mail info@iscaninc.com, apresenta informações técnicas sobre o *eye tracker*./

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/TR 16982**: Ergonomics of human-system interaction – Usability methods supporting human-centred design. Genève. 2002. 52p.

_____. **ISO/IEC 25021** - Technical report for Information Technology. Software engineering – Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Quality measure elements. Switzerland. 2007.

JACOB, Robert J. K.; KARN, Keith S. Commentary on Section 4. Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Ready to deliver the promises. In: RADACH, Ralph(Ed.); HYONA, Jukka(Ed.); DEUBEL, Heiner (Ed.). **The Mind's Eye**. Hardbound: Elsevier, jun. 2003, p. 573-605.

JI, Qiang; ZHU, Zhiwei. Eye and gaze tracking for interactive graphic display. In: ACM INTERNATIONAL CONFERENCE PROCEEDING SERIES, V. 24, Hawthorne, New York, 2002. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 2002. p. 79-85. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/569005.569017>. Acesso em: 7 out. 2007.

KARN, Keith S. "Saccade pickers" vs. "fixation pickers": the effect of eye tracking instrumentation on research. In: SYMPOSIUM ON EYE TRACKING RESEARCH & APPLICATIONS ETRA, Palm Beach Gardens, Florida, United States, 2000. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 2000. P. 87-88. Disponível em <http://doi.acm.org/10.1145/355017.355030>. Acesso em 5 maio 2008.

KOLAKOWSKI, Susan M.; PELZ, Jeff B. Compensation for Eye Tracker Camera Movement. In: SYMPOSIUM ON EYE TRACKING RESEARCH & APPLICATIONS ETRA, San Diego, California, USA, 2006. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 2006. P. 79-85. Disponível em <http://doi.acm.org/10.1145/1117309.1117348>. Acesso em 5 maio 2008.

KUMAR, M.; PAEPCKE, A.; WINOGRAD, T. EyePoint: practical pointing and selection using gaze and keyboard. In: CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, San Jose, California, USA, 2007. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 2007. p. 421-430. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/1240624.1240692>. Acesso em: 10 maio 2008.

KUTIISHI, Sônia Mayumi; PICCOLO, Lara Schibelsky Godoy. Provas de conceito de aplicações para TV digital interativa com o propósito de promover a inclusão digital no Brasil. **Cad. CPqD Tecnologia**, v. 2, n. 2, p. 7-17, jul-dez, 2006.

LANKFORD, Chris. Gazetracker: software designed to facilitate eye movement analysis. In: SYMPOSIUM ON EYE TRACKING RESEARCH & APPLICATIONS ETRA, Palm Beach Gardens, Florida, United States, 2000. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 2000. p. 51-55. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/355017.355025>. Acesso em: 15 out. 2007.

LC TECHNOLOGY INC. EYEGAZE SYSTEMS. Estados Unidos, 2008. Disponível em: <http://www.eyegaze.com >. Acesso em: 5 maio 2008.

LI, Dongheng; BABCOCK, Jason; PARKHURST, Derrik J. openEyes: a low-cost head-mounted eye-tracking solution. In: SYMPOSIUM ON EYE TRACKING RESEARCH & APPLICATIONS ETRA, San Diego, California, 2006. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 2006. p. 95-100. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/1117309.1117350>. Acesso em: 15 out. 2007.

LIN, Tao; IMAMIYA, Atsumi. Evaluating usability based on multimodal information: an empirical study. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIMODAL INTERFACES ICMI, Banff, Alberta, Canada, 2006. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 2006. p. 364 - 371. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/1180995.1181063>. Acesso em: 30 out. 2007.

LOIZIDES, Lydia. Interactive TV: Dispelling Misconceptions in the Media. **ACM Computers in Entertainment**, v. 3, n. 1, 2005. Disponível em <http://doi.acm.org/10.1145/1057270.1057287>. Acesso em: 25 maio 2008.

MALIC. Disponível em: <http://malic.sourceforge.net/> Acesso em: 10 mar. 2008.

METROVISION. França. Disponível em: <http://www.metrovision.fr/> Acesso em: 5 maio 2008.

MORAVEJI, Neema. Improving Video Browsing with an Eye-Tracking Evaluation of Feature-Based Color Bars. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DIGITAL LIBRARIES ICDL, Tucson, Arizona, USA, 2004. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 2004. p. 49-50. Disponível em <http://doi.acm.org/10.1145/996350.996363>. Acesso em 30 set. 2007.

MORIMOTO, Carlos H. et al. Keeping an Eye for HCI. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON COMPUTER GRAPHICS AND IMAGE PROCESSING SIBGRAPHI'09, n. 12, Brasil, Campinas, 1999. **Proceedings…** Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 1999. p. 171-176. Disponível em: <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/SIBGRA.1999.805722>. Acesso em: 7 out. 2007.

MORIMOTO, Carlos H. et al. Pupil detection and tracking using multiple light sources. **Image and Vision Computing**, v. 18, n. 4, p. 331-335, mar. 2000. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/S0262-8856(99)00053-0> Acesso em: 18 jul. 2007.

MORIMOTO, Carlos H.; AMIN, Arnon; FLICKNER, M. Free head motion eye gaze tracking without calibration. In: CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS CHI, Minneapolis, Minnesota, USA, 2002. **Extended abstracts…** New York, NY, USA: ACM Press, 2002, p. 586-587. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/506443.506496>. Acesso em: 15 out. 2007.

MORIMOTO, Carlos H.; MIMICA, Marcio R. M. Eye gaze tracking techniques for interactive applications. **Computer Vision and Image Understanding**, v. 98, n. 1, p. 4-24, abr., 2005. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1016/j.cviu.2004.07.010>. Acesso em 24 set. 2007.

NAKAMICHI et al. Detecting low usability web pages using quantitative data of users' behavior. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE ENGINEERING ICSE, n. 28, Shanghai, China, 2006. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 2006. p. 569 - 576. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/1134285.1134365>. Acesso em: 30 out. 2007.

NIELSEN, Jakob. **Usability engineering**. Amsterdam: Morgan Kaufmann, 1993. 362p.

NIELSEN, J. TV meets the Web. **Alertbox,** feb. 15, 1997. Disponível em <http://www.useit.com/alertbox/9702b.html>. Acesso em: 25 maio 2008.

NIELSEN, J. Why You Only Need to Test With 5 Users. **Alertbox,** mar. 19, 2000. Disponível em <http://www.useit.com/alertbox/20000319.html>. Acesso em: 20 jan. 2009.

OHNO, Takehiko; MUKAWA, Naoki; KAWATO, Shinjiro. Just blink your eyes: a head-free gaze tracking system. In: CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, Ft. Lauderdale, Florida, USA, 2003. **Extended abstracts…** New York, NY, USA: ACM Press, 2003. p. 950-957. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/765891.766088>. Acesso em: 7 out. 2007.

OHNO, Takehiko; MUKAWA, Naoki. A free-head, simple calibration, gaze tracking system that enables gaze-based interaction. In: SYMPOSIUM ON EYE TRACKING RESEARCH & APPLICATIONS ETRA, San Antonio, Texas, 2004. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 2004. p. 115-122. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/968363.968387>. Acesso em: 7 out. 2007.

OPENEYES. 2006a. **Openeyes - Eye tracking for the masses**. Disponível em: <http://thirtysixthspan.com/openEyes/index.html> Acesso em: 8 set. 2007.

OPENEYES. **Constructing a Low-Cost Mobile Eye Tracker**. Hardware designs. 2006b. Disponível em: <http://thirtysixthspan.com/openEyes/hardware.html> Acesso em: 8 set. 2007.

OPENGAZER. **Opengazer:** open-source gaze tracker for ordinary webcams, 2007a. Disponível em: <http://www.inference.phy.cam.ac.uk/opengazer/> Acesso em: 18 out. 2007.

OPENGAZER. **Opengazer:** a webcam-based eye tracker, 2007b. Disponível em: <http://sourceforge.net/projects/opengazer/> Acesso em: 18 out. 2007.

OYEWOLE, Oyekoya; STENTIFORD, Fred. Exploring Human Eye Behaviour using a Model of Visual Attention. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PATTERN RECOGNITION (ICPR'04), 17th, V. 4, 2004. **Proceedings…** Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2004, p.945-948. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1109/ICPR.2004.353>. Acesso em: 15 out. 2007.

PARTALA, Timo; JOKINIEMI, Maria; SURAKKA Veikko. Pupillary responses to emotionally provocative stimuli. In: SYMPOSIUM ON EYE TRACKING RESEARCH & APPLICATIONS (ETRA'00), Palm Beach Gardens, 2000. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 2000, p. 281-288. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/355017.355042>. Acesso em: 30 out. 2007.

PICCOLO, L. S. G.; BARANAUSKAS, M. C. C. Desafios de Design para a TV Digital Interativa. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, n. 7, Natal, RN, Brazil, 2006. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 2006, p. 1-10. Disponível em <http://doi.acm.org/10.1145/1298023.1298025>. Acesso em 29 jan. 2008.

POOLE, A.; BALL, L. J. Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Current Status and Future Prospects. In: GHAOUI, Claude (Ed.). **Encyclopedia of Human Computer Interaction**. New York: Idea Group Reference, 2005, p. 211-219. Disponível em <http://www.alexpoole.info/academic/bookchapter.html>. Acesso em 10 maio 2008.

POOLE, Alex. **Eyetracking tips.** Tips for Using Eyetrackers in HCI Experiments. 2005. Disponível em: <http://www.alexpoole.info/academic/ lecturenotes.html>. Acesso em: 14 maio 2008.

PRETORIUS, Marco C.; CALITZ, André P.; GREUNEN, Darelle Van. The Added Value of Eye Tracking in the Usability Evaluation of a Network Management Tool. In: ANNUAL RESEARCH CONFERENCE OF THE SOUTH AFRICAN INSTITUTE OF COMPUTER SCIENTISTS AND INFORMATION TECHNOLOGISTS ON IT RESEARCH IN DEVELOPING COUNTRIES, White River, South Africa, 2005. **Proceedings…** Republic of South Africa: South African Institute for Computer Scientists and Information Technologists, 2005. p. 1-10. Disponível em: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1145676>. Acesso em: 7 out. 2007.

PUOLAMÄKI, Kai et al. Combining eye movements and collaborative filtering for proactive information retrieval. In: ANNUAL INTERNATIONAL ACM SIGIR CONFERENCE ON RESEARCH AND DEVELOPMENT IN INFORMATION, no 28, Salvador, Brazil, 2005. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 2000. P. 146-153. Disponível em <http://doi.acm.org/10.1145/1076034.1076062>. Acesso em 5 maio 2008.

RAYNER, K. Eye Movements and Information Processing: 20 Years of Research. **Psychological Bulletin,** v. 124, n. 3, p. 372-422, 1998. Disponível em <http://www.ling.ohio-state.edu/~speer/ling871et/readings/Rayner98.pdf>. Acesso em 15 nov. 2007.

REEDER, Robert W.; PIROLLI, Peter; CARD, Stuart K. WebEyeMapper and WebLogger: tools for analyzing eye tracking data collected in web-use studies. In: Conference on Human factors in computing systems, Seattle, Washington, 2001. **Extended abstracts…** New York, NY, USA: ACM Press, 2001. p. 19-20. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/634067.634082>. Acesso em: 15 out. 2007.

ROCHA, Heloisa Vieira da; BARANAUSKAS, Maria Cecília Calani. **Design e Avaliação de Interfaces Humano-Computador**. Campinas, SP: NIED/UNICAMP, 2003. 244p.

ROTHKOPF, Constantin A.; PELZ, Jeff B. Head movement estimation for wearable eye tracker. In: SYMPOSIUM ON EYE TRACKING RESEARCH & APPLICATIONS ETRA, San Antonio, Texas, USA, 2004. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 2004. P. 123-130. Disponível em <http://doi.acm.org/10.1145/968363.968388>. Acesso em 5 maio 2008.

RYAN, W. J.; DUCHOWSKI, A. T.; BIRCHFIELD, S. T. Limbus/pupil switching for wearable eye tracking under variable lighting conditions. In: SYMPOSIUM ON EYE TRACKING RESEARCH & APPLICATIONS ETRA, Savannah, Georgia, USA, 2008. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 2008. P. 61-64. Disponível em <http://doi.acm.org/10.1145/1344471.1344487>. Acesso em 5 maio 2008.

RUBIN, J. **Handbook of Usability Testing: how to Plan, Design, and Conduct Effective Tests**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1994, 330 p.

SALVUCCI, Dario D.; GOLDBERG, Joseph H. Identifying fixations and saccades in eye-tracking protocols. In: SYMPOSIUM ON EYE TRACKING RESEARCH & APPLICATIONS ETRA, Palm Beach Gardens, Florida, United States, 2000. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 2000. P. 71-78. Disponível em <http://doi.acm.org/10.1145/355017.355028>. Acesso em 5 maio 2008.

SALEM, Virginia. RE: Price list of eye trackers. Thank you. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <ecgiannotto@tvglobo.com.br> em 20 fev. 2008.

SAWAHATA, Yasuhito et al. Determining comprehension and quality of TV programs using eye-gaze tracking. **Pattern Recognition**, v. 41, n.5, p.1610-1626, maio 2008. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1016/j.patcog.2007.10.010>. Acesso em: 14 maio 2008.

SBO. Sociedade Brasileira de Oftalmologia. **De olho no verão - proteja seus olhos**. Disponível em: <http://www.sboportal.org.br/sbo/scripts/ap/ destaques/1.asp>. Acesso em 28 dez. 2008.

SEEING MACHINES. Melboune, Austrália, 2008a. Disponível em: <http://www.seeingmachines.com>. Acesso em: 5 maio 2008.

SEEING MACHINES. faceLAB 4: Real Time. Real World. Real Data, 2008b. 4p. Disponível mediante de solicitação em <http://www.seeingmachines.com/contact.htm>, apresenta informações técnicas sobre *eye tracker*.

SHNIPKE, S. K.; TODD M. W. Trials and tribulations of using an eye-tracking system. In: CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, The Hague, The Netherlands, 2000. **Extended abstracts…** New York, NY, USA: ACM Press, 2000. p. 273 - 274. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/633292.633452>. Acesso em: 15 out. 2007.

SIBERT, Linda E.; JACOB, Robert J.K. Evaluation of eye gaze interaction. In: CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, The Hague, The Netherlands, 2000. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 2000, p. 281-288. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/332040.332445>. Acesso em: 15 out. 2007.

SKALAR MEDICAL. Breda, Holanda, 2008. Disponível em: <http://www.skalar.nl/index2.html> Acesso em: 5 maio 2008.

SMART EYE. Göteborg, Suécia, 2008. Disponível em: <http://www.smarteye.se>. Acesso em: 5 maio 2008.

SMI – SENSOMOTORIC INSTRUMENTS. **BeGaze**: Behavioral and Gaze Analysis, 2003. 2p. Disponível em <http://www.smivision.com/fileadmin/user_upload/downloads/product_flyer/prod_smi_begaze.pdf>. Acesso em 7 maio 2008.

SMI – SENSOMOTRIC INSTRIMENTS. Teltow, Alemanha, 2008. Disponível em: <http://www.smivision.com>. Acesso em: 5 maio 2008.

SMITH, J. D.; e GRAHAM, T. C. N. Use of eye movements for video game control. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN COMPUTER ENTERTAINMENT TECHNOLOGY SIGCHI, Hollywood, California, 2006. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 2006. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/1178823.1178847>. Acesso em: 7 maio 2008.

SR RESEARCH EYELINK. Canadá, 2008. Disponível em: <http://www.eyelinkinfo.com>. Acesso em: 5 maio 2008.

TATEYAMA, Y.; MATSUMOTO, Y.; KAGAMI, S. Concentration detection by eye movements: towards supporting a human. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS, MAN AND CYBERNETICS, v. 2, 2004, Japan. p. 1544-1548. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=1399851>. Acesso em: 15 out. 2007.

TOBII TECHNOLOGY. Danderyd, Sweden. 2008. Disponível em: <http://www.tobii.com> Acesso em: 5 maio 2008.

TOBII TECHNOLOGY. Danderyd, Sweden. What is eye tracking? 2008. Disponível em: <http://www.tobii.com/archive/pages/17767/What_is_eye_tracking.aspx>. Acesso em: 5 maio 2008.

TOBII TECHNOLOGY. Danderyd, Sweden. Usability testing, 2008. Disponível em: <http://www.tobii.com/market_research_usability/research_fields/usability_testing.aspx> Acesso em: 5 maio 2008.

UWANO, Hidetake. et al. Analyzing Individual Performance of Souce Code Review Using Reviewers' Eye Moviment. In: SYMPOSIUM ON EYE TRACKING RESEARCH & APPLICATIONS ETRA, San Diego, California, USA, 2006. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 2006. P. 133-140. Disponível em <http://doi.acm.org/10.1145/1117309.1117357>. Acesso em 30 set. 2007.

VERTEGAAL, Roel. What do the eyes behold for human-computer interaction?. In: SYMPOSIUM ON EYE TRACKING RESEARCH & APPLICATIONS ETRA, New Orleans, Louisiana, 2002. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 2002, p. 59-60. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/507072.507084>. Acesso em: 7 out. 2007.

ZHAI, S.; MORIMOTO, C.; IHDE, S. Manual and gaze input cascaded (MAGIC) pointing. In: SIGCHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, Pittsburgh, Pennsylvania, United States, 1999. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 1999. p. 246-253. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/302979.303053>. Acesso em: 7 out. 2007.

ZHANG, X.; REN, X.; ZHA, H. Improving eye cursor's stability for eye pointing tasks. In: ANNUAL SIGCHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, n. 26, Florence, Italy, 2008. **Proceeding…** New York, NY, USA: ACM Press, 2008. p.525-534. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/1357054.1357139>. Acesso em: 10 maio 2008.

ZHU, Zhiwei; FUJIMURA, Kikuo; JI, Qiangi**.** Real-time eye detection and tracking under various light conditions. In: SYMPOSIUM ON EYE TRACKING RESEARCH & APPLICATIONS ETRA, New Orleans, Louisiana, 2002. **Proceedings…** New York, NY, USA: ACM Press, 2002. p. 139-144. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/507072.507100>. Acesso em: 7 out. 2007.

REFERÊNCIAS COMPEMENTARES

DICTIONARY.COM. **Unabridged (v 1.1)**: Random House, interactive. Disponível em: <http://dictionary.reference.com/browse/interactive> Acesso em: 5 mai. 2008.

DICTIONARY.COM. **The American Heritage® Stedman's Medical Dictionary: Houghton Mifflin Company**. Oculography. Disponível em: <http://dictionary.reference.com/browse/oculography > Acesso em: 5 mai. 2008.

INTERMULTIMIDIA. Conteúdo multimídia campeão do mundo, 2008. Disponível em: <http://www.intermultimidia.net >. Acesso em: 25 mai. 2008.

MICHAELIS. **Moderno Dicionário da Língua Portuguesa**. Disponível em: <http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php> Acesso em: 11 jan. 2009.

PRIBERAM. **Priberam Informática – Língua Portuguesa On-Line**. Disponível em: <http://www.priberam.pt/dlpo/dlpo.aspx> Acesso em: 11 jan. 2009.

WIKIPEDIA. **The free Encyclopedia**. Eye tracking, 2008a Disponível em <http://en.wikipedia.org/wiki/Eye_tracking>. Acesso em: 5 mai. 2008.

WIKIPEDIA. **The free Encyclopedia**. Immersive digital environment, 2008b. Disponível em <http://en.wikipedia.org/wiki/Immersive_digital_environment>. Acesso em: 5 mai. 2008.

WIKIPEDIA. **A Enciclopédia livre**. Coeficiente de correlação de Pearson, 2009a. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_correla%C3%A7%C3%A3o_de_Pearson >. Acesso em: 3 jan. 2009.

WIKIPEDIA. **A Enciclopédia livre**. Usabilidade, 2009b. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Usabilidade >. Acesso em: 8 jan. 2009.

WIKIPEDIA. **The free Encyclopedia**. Vestibulo-ocular reflex, 2009c. Disponível em <http://en.wikipedia.org/wiki/Vestibulo-ocular_reflex>. Acesso em: 8 jan. 2009.

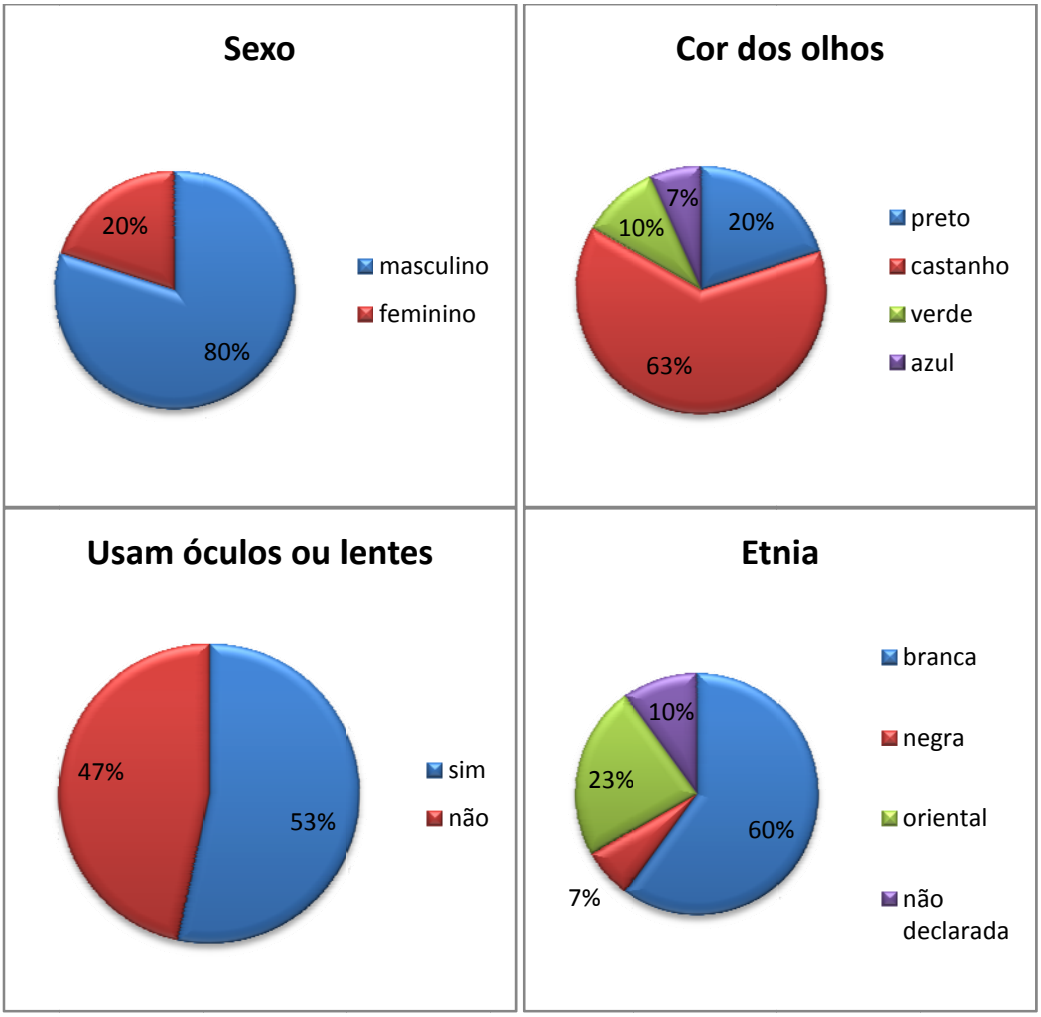
YOUTUBE. **Broadcast yourself**. Veja o que foi dito no final do jornal nacional, set. 2006. Disponível em: <http://br.youtube.com/watch?v=f4oZepBuv5Y&feature=related>. Acesso em: 25 mai. 2008.

YOUTUBE. **Broadcast yourself**. Jornal da Globo - 25 anos: apresentadores, set. 2007. Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=vXfidZzsp5A>. Acesso em: 25 mai. 2008.

YOUTUBE. **Broadcast yourself**. Ana Paula Padrão sorri na morte de jogador, set. 2007. Disponível em: <http://br.youtube.com/watch?v=9icWFx9XXx4&feature=related>. Acesso em: 25 mai. 2008.

APÊNDICE 1 – PERFIL DOS USUÁRIOS

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

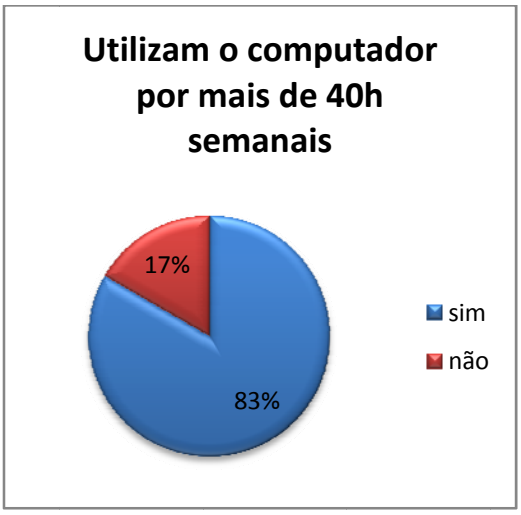


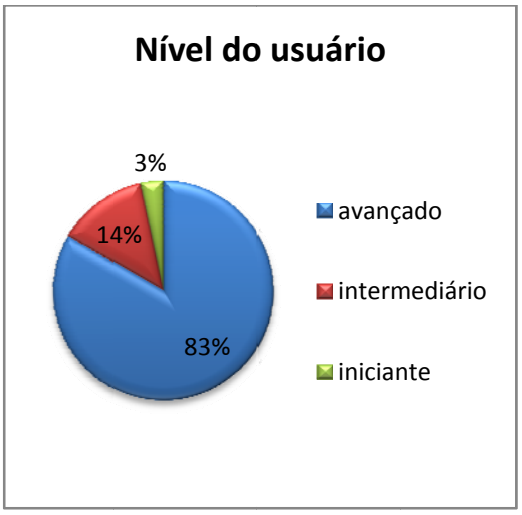
FORMAÇÃO ACADÊMICA / PROFISSIONAL

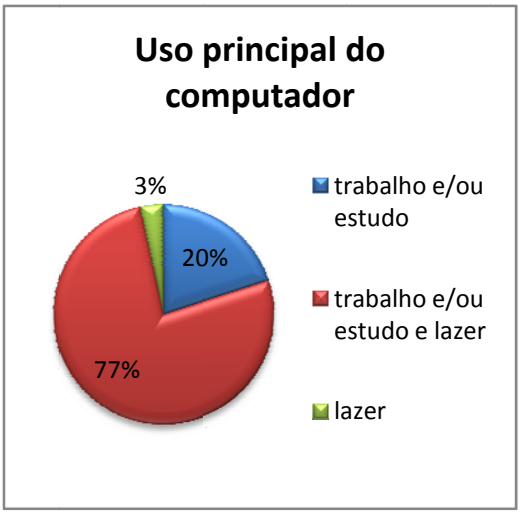
	SIM	NÃO	NA*
Nível superior completo	12 (40%)	12 (40%)	0
Curso tem relação com TV tradicional	5 (16,7%)	24 (80%)	1 (3,3%)
Curso tem relação com TV Digital ou TV Interativa	8 (26,7%)	21 (70%)	1 (3,3%)
Curso tem relação com computação	26 (86,7%)	4 (13,3%)	0
Trabalho tem relação com TV tradicional	1 (3,3%)	21 (70%)	8 (26,7%)
Trabalho tem relação com TV Digital ou TV Interativa	4 (13,3%)	19 (63,3%)	7 (23,3%)
Trabalho tem relação com a área de computação	19 (63,3%)	5 (16,7%)	6 (20%)

* NA = NÃO APLICÁVEL OU NÃO INFORMADO

EXPERIÊNCIA NO USO DE COMPUTADORES







	VERDADEIRO	FALSO
Usa computador regularmente	30 (100%)	0
Acessa páginas web com freqüência, esta acostumada com a estrutura de menus e com o método de navegação	30 (100%)	0
Já utilizou softwares em terminal (DOS/LINUX) que possuem menus acionados por teclas	28 (93,3%)	2 (6,7%)
Já utilizou softwares em celular que possuem menus de rolagem acionados por teclas	28 (93,3%)	2 (6,7%)
Já utilizou softwares em DVD que possuem menus de rolagem acionados por teclas	28 (93,3%)	2 (6,7%)

EXPERIÊNCIA NO USO DA TV

	SIM	NÃO	NA*
Assiste televisão regularmente	24 (80%)	6 (20%)	0
Gosta de assistir programas esportivos	16 (53,3%)	14 (46,7%)	0
É fanático por futebol	6 (20%)	24 (80%)	0
Tem experiência no uso do controle remoto	29 (96,7%)	1 (3,3%)	0
Possui TV por assinatura	25 (83,3%)	5 (16,7%)	0
A TV por assinatura possui guia eletrônico	15 (50%)	14 (46,7%)	1 (3,3%)
Sabe o que é um terminal de acesso (Set-top Box)	19 (63,3%)	11 (36,7%)	0
Sabe o que é TV Interativa	28 (93,3%)	2 (6,7%)	0
Já usou TV Interativa pelo menos uma vez	5 (16,7%)	25 (83,3%)	0

* NA = NÃO APLICÁVEL OU NÃO INFORMADO

EXPECTATIVA DOS USUÁRIOS PARA TV DIGITAL E TV INTERATIVA

	VERDADEIRO	FALSO
Melhoria da qualidade de áudio e vídeo	22 (73,3%)	8 (26,7%)
Mais canais com programação diferenciada	13 (43,3%)	17 (56,7%)
TV sob demanda. Por exemplo, venda de filmes via TV	18 (60%)	12 (40%)
Acesso a internet via da TV	15 (50%)	15 (50%)
Acesso a E-MAIL via TV	13 (43,3%)	17 (56,7%)
Novas oportunidades de interação com a TV	25 (83,3%)	5 (16,7%)

APÊNDICE 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

CARTA QUE ACOMPANHA O TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado(a) Senhor(a),

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa acadêmica (Uso de Eye Tracking na Avaliação da Experiência do Tele-Usuário de Aplicações de TV Interativa) que tem como objetivo estudar o uso de um equipamento de rastreamento do olhar para avaliar a sua experiência como usuário de um programa de TV Digital interativa.

A ferramenta de rastreamento do olhar permite identificar para o que você está olhando na tela da TV enquanto você procura informações adicionais da programação, realiza outras tarefas sugeridas pelas emissoras de TV, ou simplesmente assiste à programação tradicional. A ferramenta de rastreamento do olhar utiliza luz invisível infravermelha para detectar a posição do seu olho. A luz é muito fraca e dessa forma não oferece risco à sua saúde, mas se mesmo assim você se sentir desconfortável, você pode desistir do teste a qualquer momento.

Pedimos a sua participação neste teste porque acreditamos que quando avaliamos a experiência dos usuários podemos trazer benefícios tanto para quem desenvolve novas aplicações quanto para quem as usa. Quem desenvolve a aplicação passa a conhecer melhor as necessidades de seus usuários e assim passa a oferecer serviços mais adequados e com maior aceitação pela população alvo; para quem usa, as aplicações serão mais fáceis de usar e estarão de acordo com suas necessidades.

O teste vai acontecer da seguinte forma. Primeiro, vamos fazer algumas perguntas sobre você para conhecê-lo(a) melhor. Você não é obrigado(a) a responder a quaisquer das perguntas, se não quiser.

Em seguida, será dado um breve treinamento no uso de aplicações para TV Interativa e serão propostas algumas tarefas a você. Vamos pedir que você use a TV interativa para cumprir as tarefas Ao final de cada tarefa, vamos perguntar o que você achou da sua experiência com a aplicação. Antes e depois de cada tarefa, poderemos pedir que você execute um procedimento de calibração do sistema, durante o qual você precisará olhar para alguns pontos que serão apresentados na tela da TV.

Você vai levar cerca de 90 minutos para fazer todo o teste. Se você quiser parar a experiência e ir embora, você pode fazer isso a qualquer momento.

Não se preocupe se você tiver dificuldades. A aplicação interativa ainda não está pronta e acreditamos que pode ser melhorada. Nosso objetivo é aprender como utilizar as técnicas de rastreamento do olhar para identificar pontos problemáticos nas aplicações. Lembre-se que não é você que estão sendo testado, mas sim a aplicação e as ferramentas de avaliação!

Durante o teste, vamos precisar gravar a sua imagem e voz, assim como as suas ações com o controle remoto e as posições que você observar na tela da TV. Esta gravação serve para entendermos melhor o que acontece durante o uso do sistema, quando formos analisar todos os testes. Sua imagem, voz e os dados fornecidos serão mantidos em sigilo pela nossa equipe.

Como se trata de uma pesquisa, é importante que os cientistas e pesquisadores possam ver os resultados. Dessa forma, vamos usar trechos do teste, em que sua voz e imagem podem aparecer, mas isso será feito com propósito de divulgação científica e para um público com interesse técnico e científico. Poderemos mostrar a imagem e som em palestras, cursos e artigos em revistas e congressos científicos. Isso é necessário para que a melhoria que queremos fazer nos procedimentos de análise possa ser disseminada para outros sistemas computacionais, e desta forma, provocar uma melhoria no acesso das pessoas à tecnologia. Mas se for necessário o uso de sua imagem e voz, elas serão modificadas para que você não possa ser reconhecido(a).

Jamais exibiremos sua imagem e voz em meios de comunicação de massa tais como programas de televisão, rádio, jornais, cinema, revistas, etc.

Guardaremos seus dados por 2 (dois) anos, após o que eles serão descartados.

Você poderá pedir informações sobre a pesquisa a qualquer momento, durante e após a sua participação. Os endereços e telefones de contato com os pesquisadores da Escola Politécnica estão no fim desta carta.

Finalmente, ressaltamos que sua participação é voluntária e que você não irá receber nenhum dinheiro pela sua participação.

Se você concordar em participar, solicitamos a assinatura no termo em anexo.

Agradecemos pela sua atenção!

Atenciosamente,

Lucia Filgueiras
Coordenadora da pesquisa

Para esclarecimento de dúvidas:

Lucia Filgueiras ou Eduardo Chimati Giannotto
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Avenida Professor Luciano Gualberto, travessa 3, n°158
05508-900 – São Paulo – SP
Tel.: (11) 3091-5200
E-mail: ecgiannotto@usp.br ou lucia.filgueiras@poli.usp.br

Comitê de Ética do Hospital Universitário da Universidade de São Paulo
Av. Prof. Lineu Prestes, 2565 – Cidade Universitária
05508-000 – São Paulo – SP
Tel.: (11) 3091-9457
Fax: (11) 3091-9452
E-mail: cep@hu.usp.br

Este projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário da Universidade de São Paulo em 07/11/2008. SISNEP CAAE: 3392.0.000.198-08

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu _____, RG _____ declaro que concordo em participar da atividade de testes de usabilidade das aplicações de TV Interativa com rastreamento do olhar.

Fui informado(a) sobre os detalhes da pesquisa conforme a carta anexa.

Eu entendo que a minha participação será gravada, e autorizo a exibição de minha imagem e voz em congressos, cursos e artigos científicos, desde que meu rosto e minha voz não sejam identificáveis e nunca em meios de comunicação de massa como TV, rádio, cinema e jornais.

Entendo que posso desistir de participar das atividades quando quiser.

Entendo que meu nome verdadeiro não vai aparecer nos relatórios e trabalhos publicados sobre a pesquisa.

Entendo que não vou receber dinheiro por participar desta pesquisa.

_____ _____

Assinatura do pesquisador Assinatura do participante

_____

Nome do pesquisador

____ / ____ / _____

Data

APÊNDICE 3 – QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE

QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE

IDENTIFICAÇÃO

Código do usuário_____ idade: _____

Sexo: (___) M, (___) F Cor dos olhos: (___) AZUIS, (___) VERDE, (___) CASTANHO, (___) PRETO

Usa óculos: (___) NÃO,(___) SIM GRAU: olho direito: _____, olho esquerdo: _____

Usa lente de contato: (___) NÃO, (___) SIM GRAU: olho direito: _____, olho esquerdo: _____

Possui outro problema de visão: (___) NÃO, (___) SIM. QUAL? _____

Qual a sua etnia: (__) não informado, (__) branca, (__) negra, (__) oriental,(__) outra: _____

FORMAÇÃO ACADÊMICA / PROFISSIONAL

Nível superior completo: (___) sim / (___) não, ano: _____

Seu curso tem relação com TV tradicional (analógica)? (___) SIM, (___) NÃO
Seu curso tem relação com TV Digital ou TV Interativa? (___) SIM, (___) NÃO
Seu curso tem relação com a área de computação? (___) SIM, (___) NÃO

Se você estiver trabalhando

Seu trabalho tem relação com TV tradicional (analógica)? (___) SIM, (___) NÃO
Seu trabalho tem relação com TV Digital ou TV Interativa? (___) SIM, (___) NÃO
Seu trabalho tem relação com a área de computação? (___) SIM, (___) NÃO

EXPERIÊNCIA NO USO DE COMPUTADORES

Possui computador em casa?

(___) SIM, (___) NÃO, (___) NÃO, mas faço uso dele em outro lugar.

Em uma semana, você usa o computador por 40 horas ou mais: (___) SIM, (___) NÃO

Você se considera um usuário de computadores de que nível?

(___) Avançado, (___) Intermediário, (___) Iniciante

Qual o principal uso para o computador?

(___) Trabalho ou estudo, (___) Lazer, (___) Ambos

Assinale as opções que são verdadeiras para você sobre o uso de computadores:

[___] Uso computador regularmente

[___] Acessa páginas web com freqüência, e estou acostumado com a estrutura de menus e com o método de navegação.

[___] Já utilizei softwares em terminal (DOS/LINUX) que possuem menus acionados por teclas

[___] Já utilizei softwares em celular que possuem menus de rolagem acionados por teclas.

[___] Já utilizei softwares em DVD que possuem menus de rolagem acionados por teclas.

(menus de rolagem permitem a seleção de opções sem a necessidade de um dispositivo de apontamento como o mouse. O usuário utiliza as setas de um teclado para selecionar um item, e em seguida confirma sua escolha através de uma tecla adequada. São muito usados atualmente nos menus de celulares e de DVDs)

EXPERIÊNCIA NO USO DE TV

Você assiste televisão regularmente? (___) NÃO, (___) SIM
Você gosta de assistir programas esportivos? (___) NÃO, (___) SIM
Você é fanático por futebol? (___) NÃO, (___) SIM
Você tem experiência no uso do controle remoto? (___) NÃO, (___) SIM
Você possui TV por assinatura: (___) NÃO, (___) SIM,
A TV por assinatura possui guia eletrônico: (___) NÃO, (___) SIM,
Você sabe o que é um terminal de acesso (Set-top Box)? (___) NÃO, (___) SIM
Você sabe o que é TV Interativa: (___) NÃO, (___) SIM
Já usou alguma vez? (___) NÃO, (___) SIM

EXPECTATIVA PARA A TV DIGITAL E TV INTERATIVA

O que você espera da TV Digital? (assinale todas as alternativas que correspondem à suas expectativas)

[___] Não sei o que é TV Digital
[___] Melhoria da qualidade de áudio e vídeo
[___] Mais canais com programação diferenciada
[___] TV sob demanda. Por exemplo, venda de filmes via TV
[___] Acesso a internet via da TV
[___] Acesso a E-MAIL via TV
[___] Novas oportunidades de interação com a TV.
[___] _____
_____
_____
_____

APÊNDICE 4 – QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE

QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE

Local e ambiente do teste

O local do teste reproduz adequadamente o ambiente de uso da TV?
(__) SIM (__) NÃO, por quê? _____

O controle remoto utilizado é adequado ao uso com programas apresentados na TV?
(__) SIM (__) NÃO, por quê? _____

O tamanho da tela da TV é adequado?
(__) SIM (__) NÃO

A distância da tela da TV é adequada?
(__) SIM (__) NÃO

O assento (sofá ou cadeira) é adequado?
(__) SIM (__) NÃO

A posição do *eye tracker* prejudicou o uso da TV?
(__) SIM (__) NÃO

Por favor, apresente seus comentários sobre o ambiente de teste (principalmente em relação com o equipamento usado para o rastreamento do olhar)

_____

_____

Procedimentos de teste

Em que grau o procedimento de calibração do *eye tracker* prejudicou seu desempenho?
(__) 1 (__) 2 (__) 3 (__) 4 (__) 5
Não prejudicou.....Prejudicou muito

Você acha que, em sua casa, você faria as atividades propostas?
(__) 1 (__) 2 (__) 3 (__) 4 (__) 5
Acredito que não.....Com certeza

Por favor, apresente seus comentários sobre os procedimentos do teste

_____

_____

Em relação ao programa das olimpíadas

O que você acha do posicionamento dos elementos na tela?
(__) 1 (__) 2 (__) 3 (__) 4 (__) 5
Inadequado..... muito bom

Com relação às cores usadas na aplicação, o que você acha?
(__) 1 (__) 2 (__) 3 (__) 4 (__) 5
Pouco adequadas.....muito adequadas

Com relação ao tamanho das letras, o que você acha?
(__) Muito pequeno (__) Adequado (__) Muito grande (__) NA

Qual a dificuldade para concluir as atividades solicitadas na ETAPA 1 (primeira sessão de uso do programa das olimpíadas, quando não havia o vídeo do jogo)?
(__) 1 (__) 2 (__) 3 (__) 4 (__) 5
Muito fácil.....muito difícil

Qual a dificuldade para concluir as atividades solicitadas na ETAPA 2 (segunda sessão de uso do programa das olimpíadas)?
(__) 1 (__) 2 (__) 3 (__) 4 (__) 5
Muito fácil.....muito difícil

Considerando apenas a ETAPA 2: Você poderia indicar a importância das regiões indicadas na figura abaixo para a conclusão das atividades propostas.

	Região 1	( ) 1	( ) 2	( ) 3	( ) 4	( ) 5
	Região 2	( ) 1	( ) 2	( ) 3	( ) 4	( ) 5
	Região 3	( ) 1	( ) 2	( ) 3	( ) 4	( ) 5
	Região 4	( ) 1	( ) 2	( ) 3	( ) 4	( ) 5
		Pouco Importante			Muito Importante	

Você conseguiria ordenar estas regiões de acordo com sua importância? ___. ___. ___, ___
(mais importante para a menos importante)

Por favor, apresente seus comentários sobre o programa

_____

_____

Em relação ao programa sobre futebol

O que você acha do posicionamento dos elementos na tela?
(__) 1 (__) 2 (__) 3 (__) 4 (__) 5
Inadequado.....muito bom

Com relação às cores usadas na aplicação, o que você acha?
(__) 1 (__) 2 (__) 3 (__) 4 (__) 5
Pouco adequadas.....muito adequadas

Com relação ao tamanho das letras, o que você acha?
(__) Muito pequeno (__) Adequado (__) Muito grande (__) NA

Qual a dificuldade para concluir as atividades solicitadas?
(__) 1 (__) 2 (__) 3 (__) 4 (__) 5
Muito fácil.....muito difícil

Você poderia indicar a importância das regiões indicadas na figura abaixo para a conclusão das atividades propostas.

Região 1	( ) 1	( ) 2	( ) 3	( ) 4	( ) 5
Região 2	( ) 1	( ) 2	( ) 3	( ) 4	( ) 5
Região 3	( ) 1	( ) 2	( ) 3	( ) 4	( ) 5
Região 4	( ) 1	( ) 2	( ) 3	( ) 4	( ) 5
Região 5	( ) 1	( ) 2	( ) 3	( ) 4	( ) 5
	Pouco Importante			Muito Importante	

Você conseguiria ordenar estas regiões de acordo com sua importância? ___. ___. ___, ___, ___
(mais importante para a menos importante)

Por favor, apresente seus comentários sobre o programa

_____

_____

Satisfação geral

Você sentiu algum desconforto durante o teste? Assinale o grau de desconforto
(__) 1 (__) 2 (__) 3 (__) 4 (__) 5
Nenhum desconforto.....muito desconforto

Se houve algum tipo de desconforto, por favor, descreva qual

_____

_____

Você se sentiu satisfeito com as aplicações testadas?
(__) 1 (__) 2 (__) 3 (__) 4 (__) 5
Insatisfeito.....muito satisfeito

Qual a sua satisfação geral com o teste?
(__) 1 (__) 2 (__) 3 (__) 4 (__) 5
Insatisfeito.....muito satisfeito

APÊNDICE 5 – FICHA DO USUÁRIO

ETAPA 1(OLIMPIADAS / 1)

Encontre as seguintes informações na aplicação interativa

	ATIVIDADES
E1-1	A posição da Etiópia no quadro de medalhas
E1-2	O horário do jogo da seleção feminina brasileira de vôlei
E1-3	Uma notícia sobre a equipe de ping pong do Brasil
E1-4	O horário da última prova de natação do dia

ETAPA 2 (OLIMPIADAS / 2)

Você é um telespectador fanático por esportes, e deseja encontrar algumas informações sobre os jogos olímpicos em um programa de TV interativa.

As informações que você deseja são:

	ATIVIDADES
E2-1	O horário do próximo jogo da seleção brasileira de handball masculino.
E2-2	A posição do Brasil no quadro de medalhas.
E2-3	Quantidade de medalhas que o Brasil tem a menos que Cuba.
E2-4	Uma curiosidade sobre o esporte chamado Badminton.
E2-5	Uma notícia sobre a equipe brasileira de volei feminino.
E2-6	O horário da corrida de revezamento 4x400 feminino (atletismo).
E2-7	O ano da primeira medalha do judô brasileiro.
E2-8	Quantas partidas de hóquei estão programadas para hoje e amanhã.

ETAPA 2 (OLIMPIADAS / 2)

Você é um telespectador fanático por esportes. Durante a exibição de um jogo de futebol, além de assistir o jogo, você deseja encontrar algumas informações sobre os jogos olímpicos em um programa de TV interativa.

Para você, o mais importante é acompanhar todos os lances do jogo, mas você ainda quer obter as informações do programa interativo.

	ATIVIDADES
E2-1	O horário do próximo jogo da seleção brasileira de handball masculino.
E2-2	A posição do Brasil no quadro de medalhas.
E2-3	Quantidade de medalhas que o Brasil tem a menos que Cuba.
E2-4	Uma curiosidade sobre o esporte chamado Badminton.
E2-5	Uma notícia sobre a equipe brasileira de volei feminino.
E2-6	O horário da corrida de revezamento 4x400 feminino (atletismo).
E2-7	O ano da primeira medalha do judô brasileiro.
E2-8	Quantas partidas de hóquei estão programadas para hoje e amanhã.

ETAPA 3 (FUTEBOL)

Você é um torcedor do Fluminense. Durante a exibição de um dos últimos jogos da rodada, entre Palmeiras e São Paulo, você deseja descobrir algumas informações sobre o seu time e sobre o jogo atual utilizando uma aplicação de TV Interativa.

As informações que você deseja obter sobre o seu time são:

	ATIVIDADES
E3-1	O próximo adversário do Fluminense
E3-2	A posição do fluminense na tabela
E3-3	O número de pontos conquistados
E3-4	O saldo de gols

Sobre o jogo atual você deseja saber:

	ATIVIDADES
E3-5	Time com maior posse de bola
E3-6	Time com maior número de finalizações
E3-7	O nome do árbitro.
E3-8	O nome do jogador do São Paulo com a camisa 8

APÊNDICE 6 – ROTEIRO DO MODERADOR

ROTEIRO DO MODERADOR

O que aparece em vermelho necessita de ações do AVALIADOR

1. Recepção do Participante

Receba cordialmente o PARTICIPANTE do teste, apresente-se e em seguida apresente o segundo AVALIADOR.

2. Aplicação do TCLE

O TCLE é feito em duas vias, sendo que uma fica com o participante e a outra, assinada pelo participante, é arquivada pelo pesquisador.

A aplicação do termo de consentimento livre e esclarecido é realizada de acordo com os seguintes passos.

a) Esclareça o PARTICIPANTE sobre o objetivo da pesquisa
   a. "Esta é uma pesquisa acadêmica sobre o uso das técnicas de rastreamento do olhar para avaliar a experiência de uso do usuário que usa uma aplicação interativa na TV."
   b. "Estas aplicações são transmitidas pelas emissoras junto com o áudio e vídeo da TV sendo executadas na própria TV, e permitem que o usuário acesse conteúdos diferenciados, como notícias e curiosidades, enquanto assiste aos programas."
   c. "O rastreamento do olhar permite que nós pesquisadores identifiquemos as posições da tela que você observa enquanto usa a aplicação."
   d. "Assim, esperamos melhorar os procedimentos de avaliação das aplicações contribuindo para que, no futuro, estas aplicações sejam melhores e mais fáceis de usar."

b) Leia a Carta que acompanha o TCLE junto com o PARTICIPANTE.

c) Pergunte ao PARTICIPANTE se entendeu cada item do termo e esclareça-o melhor caso ele não tenha entendido alguma parte.

d) Pergunte ao PARTICIPANTE se ele concorda em participar da pesquisa e em assinar o TCLE.

e) Se o PARTICIPANTE não desejar participar da pesquisa, agradeça e encerre o protocolo.

f) Se o PARTICIPANTE declarar que concorda em participar da pesquisa e puder ler e assinar o TCLE, em tinta, ofereça o documento em duas vias, aguarde o tempo necessário para a leitura e assinatura. Entregue uma cópia para o PARTICIPANTE e retenha a outra para arquivo.

3. QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE

Entregue ao PARTICIPANTE o QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE e peça a ele para preenchê-lo com seus dados.

a) Se ele tiver dúvidas esclareça-as da melhor forma possível.

b) Registre as dúvidas para verificar sua reincidência. Procure fazê-lo de forma abreviada para não prejudicar a dinâmica do teste.

4. PREPARAÇÃO DO TESTE

Proceda da seguinte forma:

a) Mostre ao PARTICIPANTE aonde ele irá se sentar, onde VOCÊ estará e onde o AVALIADOR estará.

    a. Explique que você será a única pessoa que poderá falar com o PARTICIPANTE durante o teste, e mesmo assim, sua participação será mínima. Você não poderá irá tirar dúvidas sobre a interação, mas poderá solucionar problemas que não estão relacionados com esta.

b) Entregue o controle remoto ao PARTICIPANTE e mostre as teclas que este irá precisar: SETAS e botão OK/ENTER

c) Mostre o RO e explique o procedimento de calibração e peça ao usuário que evite realizar movimentos com a cabeça durante a realização dos testes

    a. "Este é o *eye tracker* que nós utilizamos para fazer o rastreamento do olhar. Para que ele funcione é necessário realizar um procedimento de calibração simples no qual você deverá observar para diversos pontos que serão apresentados na tela da TV. Estes pontos serão apresentados da esquerda para a direita, de cima para baixo."

    b. "Durante o experimento, evite realizar movimentos amplos com a cabeça, pois isso impede que o equipamento funcione corretamente"

    c. Para calibrar o sistema você deverá observar diretamente 16 pontos que serão apresentados na tela, da esquerda para a direita, de cima para baixo.

    d. Após este procedimento iremos pedir que realize um procedimento semelhante, que usaremos para verificar o funcionamento do *eye tracker*. Nesta segunda calibração você precisará observar 9 pontos apresentados na tela, da esquerda para a direita, de cima para baixo

d) Explique novamente que o participante irá realizar algumas atividades ou cenários durante o teste. No caso dos cenários, o usuário deve realizar a atividade assumindo o que diz o texto do cenário.

    a. As atividades estão divididas em três etapas, que serão apresentadas ao PARTICIPANTE antes de cada seção de teste

5. SEÇÃO DE TESTE

Proceda da seguinte forma:

a) Calibração
   a. Ajuste o foco do eye tracker para o usuário
   b. Peça ao PARTICIPANTE para realizar o procedimento de *CALIBRAÇÃO EXTERNA*.
   c. Repita o procedimento até que o AVALIADOR informe que a calibração está ok.

b) Execute o procedimento de VERIFICAÇÃO DA CALIBRAÇÃO.
   a. Verifique com o AVALIADOR para ver se está OK

c) Inicie a seção referente à ETAPA 1 do teste
   a. Apresente as atividades que serão realizadas pelo PARTICIPANTE (Entregue a ficha do participante).
   b. Realize as atividades de treinamento de 1 a 4. (Use a planilha de coleta do moderador)

d) Execute o procedimento de VERIFICAÇÃO DA CALIBRAÇÃO.

e) Inicie a seção referente à ETAPA 2 do teste
   a. Apresente o cenário que será realizado pelo PARTICIPANTE (Entregue a ficha do participante).
   b. Realize o cenário de uso (Use a planilha de coleta do moderador)

f) Execute o procedimento de VERIFICAÇÃO DA CALIBRAÇÃO.

g) Faça as perguntas sobre o vídeo que estão na planilha de coleta do moderador.

h) Inicie a seção referente à ETAPA 3
   a. Apresente o cenário que será realizado pelo PARTICIPANTE (Entregue a ficha do participante).
   b. Explique que: “PARA ABRIR O MENU, O USUÁRIO DEVERÁ APERTAR A SETA PARA A DIREITA"
   c. Realize os cenários de uso. (Use a planilha de coleta do moderador)

i) Execute o procedimento de VERIFICAÇÃO DA CALIBRAÇÃO.

6. QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE

Proceda da seguinte forma:

a) Entregue ao PARTICIPANTE o QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE e peça a ele para preenchê-lo, de preferência preencha com ele na forma de entrevista.
    a. Na pergunta sobre a dificuldade da ETAPA2, esclareça ao usuário
        i. GRUPO A: "quando você usou o programa para realizar as atividades, e em seguida assistiu ao vídeo". (Neste caso estou interessado apenas na percepção de dificuldade para realizar a tarefa sem o vídeo)
        ii. GRUPO B: "quando voe usou o programa para realizar as atividades ao mesmo tempo em que assistiu ao vídeo (Neste caso estou interessado apenas na percepção de dificuldade para realizar a tarefa e assistir ao vídeo)
    b. Se ele tiver dúvidas esclareça-as da melhor forma possível.
    c. Registre as dúvidas para verificar sua reincidência. Procure fazê-lo de forma abreviada para não prejudicar a dinâmica do teste.
b) Incentive o PARTICIPANTE a comentar sobre suas impressões sobre o teste.

7. ENCERRAMENTO

Proceda da seguinte forma:

a) Avise ao PARTICIPANTE que o teste está encerrado.
b) Agradeça por sua participação nos testes, e lembre-o que se tiver alguma dúvida sobre o teste pode procurar a equipe na EPUSP nos telefones indicados no final da carta.
c) Acompanhe-o à saída da sala.

APÊNDICE 7 – PLANILHA DO MODERADOR

PLANILHA DO MODERADOR

CÓDIGO DO PARTICIPANTE: _____

ETAPA 1 (Olimpíadas / Treinamento)

Encontre as seguintes informações na aplicação interativa

	PERGUNTA	RESPOSTA	C/E
E1-1	A posição da Etiópia no quadro de medalhas	22	
E1-2	O horário do jogo da seleção feminina brasileira de vôlei	9h00	
E1-3	Uma notícia sobre a equipe de ping pong do Brasil	Achou sim/não	
E1-4	O horário da última prova de natação do dia	23h57	

ETAPA 2 (Olimpíadas / cenário de teste)

GRUPO A	Você é um telespectador fanático por esportes, e deseja encontrar algumas informações sobre os jogos olímpicos em um programa de TV interativa. As informações que você deseja são Após a conclusão das tarefas: informe que você irá mostrar o vídeo de um jogo de futebol, e em seguinda fará perguntas sobre o que passou.
GRUPO B	Você é um telespectador fanático por esportes. Durante a exibição de um jogo de futebol, além de assistir o jogo, você deseja encontrar algumas informações sobre os jogos olímpicos em um programa de TV interativa. Para você, o mais importante é acompanhar todos os lances do jogo, mas você ainda quer obter as informações do programa interativo. Serão feitas perguntas sobre o vídeo

	PERGUNTA	RESPOSTA	C/E
E2-1	O horário do próximo jogo da seleção brasileira de handball masculino.	23h45	
E2-2	A posição do Brasil no quadro de medalhas.	26	
E2-3	Quantidade de medalhas que o Brasil tem a menos que Cuba.	19-12 = 7	
E2-4	Uma curiosidade sobre o esporte chamado Badminton.	Achou sim/não	
E2-5	Uma notícia sobre a equipe brasileira de volei feminino.	Achou sim/não	
E2-6	O horário da corrida de revezamento 4x400 feminino (atletismo).	9h40	
E2-7	O ano da primeira medalha do judô brasileiro.	1984	
E2-8	Quantas partidas de hockey estão programadas para hoje e amanhã.	4	

PERGUNTAS SOBRE O VÍDEO

	PERGUNTA	RESPOSTA	C/E
P2-1	Quando ocorreu o jogo: de dia ou de noite?	NOITE	
P2-2	Qual era o estado do gramado: seco ou molhado?	MOLHADO	
P2-3	Quais as cores das camisas dos times? Time 1	VERDE	
P2-4	Time2	BRANCA	
P2-5	Qual a cor da camisa do juiz?	AMARELA	
P2-6	Qual a cor da bola?	AMARELA	
P2-7	Qual o nome ou número do jogador que foi expulso?	UBILLUS (13)	
P2-8	De que time ele era (nome ou cor da camisa)?	ANCASH / BRANCA	
P2-9	Qual o nome ou número do jogador que fez o gol?	JUMAR (13)	
P2-10	Você consegue apontar o jogador que fez o gol nesta foto?	3	
P2-11	Qual o nome do anunciante que apareceu no canto superior esquerdo do vídeo	BRAHMA	

ETAPA 3 (Futebol)

Você é um torcedor do Fluminense.

Durante a exibição de um dos últimos jogos da rodada, entre Palmeiras e São Paulo, você deseja descobrir algumas informações sobre o seu time e sobre o jogo atual utilizando uma aplicação de TV Interativa.

As informações que você deseja obter sobre o seu time são:

	PERGUNTA SOBRE APLICAÇÃO	RESPOSTA	C/E
E3-1	O próximo adversário do Fluminense	PALMEIRAS	
E3-2	A posição do fluminense na tabela	18º	
E3-3	O número de pontos conquistados	25	
E3-4	O saldo de gols	-7	

Sobre o jogo atual você deseja saber:

	PERGUNTA SOBRE APLICAÇÃO	RESPOSTA	C/E
E3-5	Time com maior posse de bola	PALMEIRAS	
E3-6	Time com maior número de finalizações	SÃO PAULO	
E3-7	O nome do árbitro.	SÁLVIO SPINOLA	
E3-8	O nome do jogador do São Paulo com a camisa 8	HUGO	

PERGUNTAS SOBRE O VÍDEO

Três propagandas apareceram no programa interativo, na posição indicada na figura. Você consegue lembrar quais eram?

	PERGUNTA	RESPOSTA	C/E
P3-2	Qual o nome do primeiro anunciante?	FANTA	
P3-3	Qual o nome do segundo anunciante?	SKOL	
P3-4	Qual o nome do terceiro anunciante?	VOLKS	

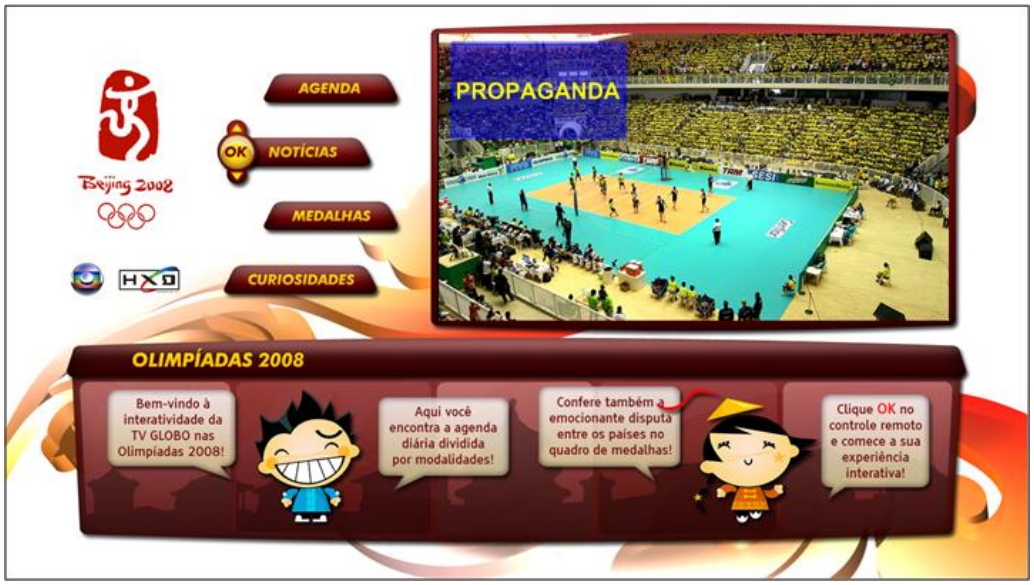
FIGURAS

1

2

3

4



APÊNDICE 8 – ROTEIRO DO AVALIADOR

GRUPO A		
F1	1. Insira o código do usuário e salve	
F2	1. Inicie e Calibre o RO 2. Anote ao lado os pontos que tiveram problema 3. Anotar SCORES da calibração: _____ , _____ (se SCORE > 15 tentar repetir calibração mais 1 vez) 4. Anotar o número de vezes que a calibração foi repetida por obter SCORE <= 15: ___	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
F3	1. Inicie a verificação da calibração 2. Veja o desenho da DUR_SCAN e avalie se está OK: ( ) OK / ( ) RUIM (se estiver ruim repita este procedimento e/ou volte ao F2)	
F4	1. Inicie a aplicação das olimpíadas 2. Pressione as teclas 1 a 4 (teclado numérico) conforme o usuário completa as tarefas 3. Pressione ESC para encerrar quando o usuário terminar a última tarefa	
F5	1. Inicie a verificação da calibração 2. Veja o desenho da DUR_SCAN e avalie se está OK: ( ) OK / ( ) RUIM (se estiver ruim apenas marque que está ruim ao lado)	
F6	1. Inicie a aplicação das olimpíadas 2. Pressione as teclas 1 a 8 (teclado numérico) conforme o usuário completa as tarefas 3. Quando o usuário terminar a última tarefa. Pressione P para iniciar vídeo 4. Pressione ESC para encerrar quando o vídeo acabar	
F7	1. Inicie a verificação da calibração 2. Veja o desenho da DUR_SCAN e avalie se está OK: ( ) OK / ( ) RUIM (se estiver ruim apenas marque que está ruim ao lado)	
F8	1. Inicie a aplicação do futebol 2. Pressione as teclas 1 a 8 (teclado numérico) conforme o usuário completa as tarefas 3. Pressione ESC para encerrar quando o usuário terminar a última tarefa	
F9	1. Inicie a verificação da calibração 2. Veja o desenho da DUR_SCAN e avalie se está OK: ( ) OK / ( ) RUIM (se estiver ruim apenas marque que está ruim ao lado)	

GRUPO B		
F1	1. Insira o código do usuário e salve	
F2	1. Inicie e Calibre o RO 2. Anote ao lado os pontos que tiveram problema 3. Anotar SCORES da calibração: _____ , _____ (se SCORE > 15 tentar repetir calibração mais 1 vez) 4. Anotar o número de vezes que a calibração foi repetida por obter SCORE <= 15: ___	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
F3	1. Inicie a verificação da calibração 2. Veja o desenho da DUR_SCAN e avalie se está OK: ( ) OK / ( ) RUIM (se estiver ruim repita este procedimento e/ou volte ao F2)	
F4	1. Inicie a aplicação das olimpíadas 2. Pressione as teclas 1 a 4 (teclado numérico) conforme o usuário completa as tarefas 3. Pressione ESC para encerrar quando o usuário terminar a última tarefa	
F5	1. Inicie a verificação da calibração 2. Veja o desenho da DUR_SCAN e avalie se está OK: ( ) OK / ( ) RUIM (se estiver ruim apenas marque que está ruim ao lado)	
F6	1. Inicie a aplicação das olimpíadas 2. Pressione as teclas 1 a 8 (teclado numérico) conforme o usuário completa as tarefas 3. Pressione ESC para encerrar quando o usuário terminar a última tarefa ou o vídeo acabar (o que acontecer depois)	
F7	1. Inicie a verificação da calibração 2. Veja o desenho da DUR_SCAN e avalie se está OK: ( ) OK / ( ) RUIM (se estiver ruim apenas marque que está ruim ao lado)	
F8	1. Inicie a aplicação do futebol 2. Pressione as teclas 1 a 8 (teclado numérico) conforme o usuário completa as tarefas 3. Pressione ESC para encerrar quando o usuário terminar a última tarefa	
F9	1. Inicie a verificação da calibração 2. Veja o desenho da DUR_SCAN e avalie se está OK: ( ) OK / ( ) RUIM (se estiver ruim apenas marque que está ruim ao lado)	

APÊNDICE 9 – OUTROS RASTREADORES DO OLHAR CONSIDERADOS PARA O EXPERIMENTO

Durante o planejamento do experimento, outros ROs foram cogitados para coletar as posições observadas dos usuários.

A literatura sobre rastreamento do olhar descreve diversos métodos e técnicas que podem ser utilizados na implementação de um RO, como pode ser visto nos trabalhos de Morimoto et al. (1999, 2000); Haro, Essa e Flickner (2000); Zhu, Fujimura e Ji (2002); Ji e Zhu (2002); Morimoto, Amin e Flickner (2002); Ohno, Mukawa e Kawato (2003); Ohno e Mukawa (2004); Daunys e Ramanauskas (2004); Hennessey, Noureddin e Lawrence (2006); Li, Babcock e Parkhurst (2006); Openeyes (2006) e Opengazer (2007).

Alguns destes trabalhos são disponibilizados com código fonte aberto e foram estudados no curso desta pesquisa, resultando na implementação de protótipos apresentados a seguir:

OPENEYES

O projeto *openEyes* (2006a) disponibiliza informações que permitem a construção de um RO montado na cabeça com câmera de cena (seção 2.3.2), baseado na tecnologia VOG com PC/CR (pupila-escuta; seção 2.2.4), ou na tecnologia VOG que usa espectro visível (seção 2.2.3). No site de internet deste projeto, são apresentadas informações detalhadas sobre como reproduzir o protótipo utilizado pelo projeto (OPENEYES, 2006b), e são disponibilizados os algoritmos para localizar a pupila e para realizar a calibração da câmera de cena. A versão que utiliza apenas VOG é disponibilizada em Matlab e a versão que utiliza VOG com PC/CR é disponibilizada em Matlab e C++. A Figura abaixo mostra o protótipo do RO construído neste projeto.

Para maiores informações sobre o projeto o leitor deve consultar o site http://thirtysixthspan.com/openEyes.

Figura 84 – Protótipo de RO proposto pelo projeto *openEyes* (2006b).

O protótipo deste RO implementado pelo autor é apresentado na Figura 85. Não foram realizaras todas as adaptações propostas para reduzir o peso da estrutura (Ibid.), se apresentando como uma versão muito mais pesada e desconfortável do que a versão original.

Outra diferença entre os protótipos é o tipo de câmera utilizada. No projeto original são utilizadas câmeras firewire adaptadas para redução do peso. A versão implementada nesta pesquisa utilizou câmeras de vídeo NTSC comuns. Esta mudança exigiu alteração no código fonte na parte dedicada à captura de vídeo.

Outra alteração está na armação dos óculos. No protótipo construído não foi removida a parte inferior da armação dos óculos para manter sua rigidez. Para evitar que a imagem desta armação interferisse no algoritmo de detecção da pupila, a imagem do olho foi ampliada até ocupar todo o frame, de forma que as regiões mais afastadas do olho, incluindo a armação dos óculos, são eliminadas do enquadramento da câmera.

Figura 85 – Protótipo construído para o RO do projeto openEyes (2006a).

O protótipo construído foi capaz de identificar a pupila do usuário nas imagens da câmera, mas seu funcionamento não foi robusto. O RO deixou de identificar a posição correta da pupila diversas vezes, problema que exige o reinicio manual do algoritmo informando a posição correta da pupila. Outro problema deste protótipo foi a sua baixa taxa de dados, próxima de 10 Hz[62].

O autor não conseguiu manter o RO em funcionamento de maneira estável por tempo o suficiente para testar o algoritmo de calibração. Uma possível causa para os problemas encontrados pode ser atribuída a algum erro nos parâmetros de configuração do algoritmo de detecção da pupila, que devem ser definidos manualmente. Não foram testadas as versões dos algoritmos disponibilizadas em Matlab.

[62] Os testes foram realizados em um computador Atlhon XP 2600 (1,9 Ghz) com 1,5 GB de RAM.

OPENGAZER

O projeto openGazer (2007a, 2007b) propõe a construção de um RO remoto baseado na tecnologia VOG (seção 2.2.3) através da utilização de webcams comerciais. O projeto não utiliza nenhum hardware especial e nenhuma adaptação na câmera, mas os movimentos da cabeça do usuário precisam ser restritos. Os algoritmos utilizados por este RO são disponibilizados em C++ e requerem diversas bibliotecas[63] gratuitas. Para maiores informações sobre o projeto o leitor deve consultar o site http://www.inference.phy.cam.ac.uk/opengazer/.

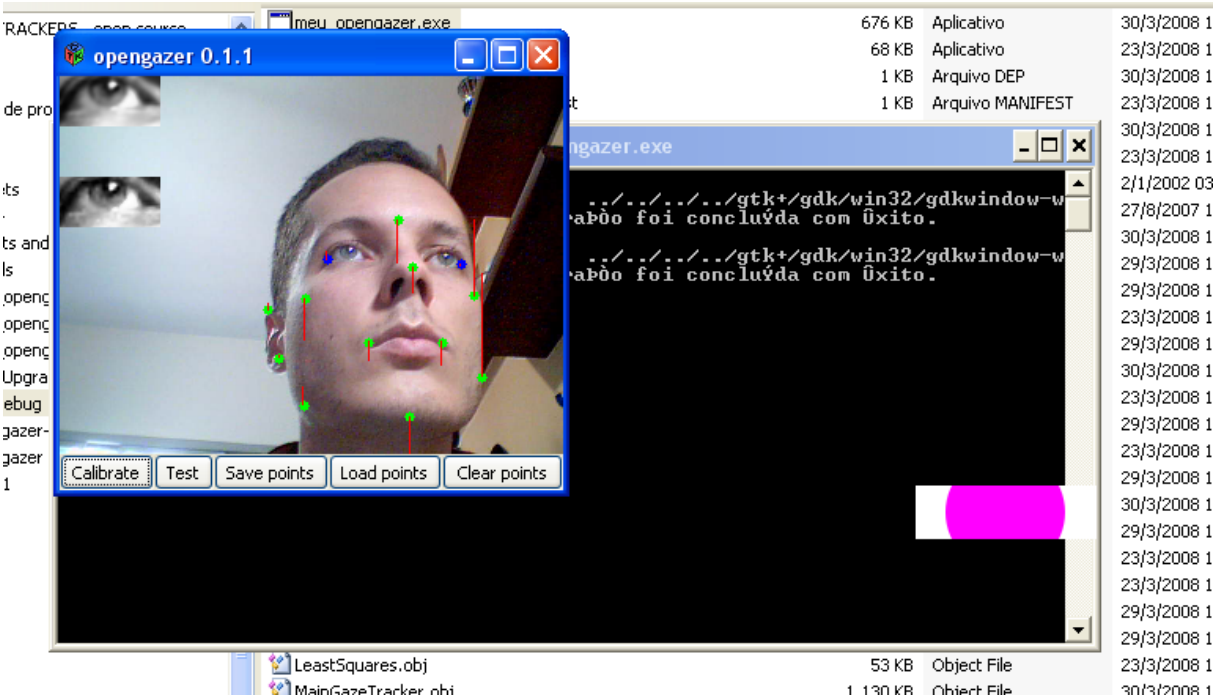


Figura 86 – Imagens da utilização dos algoritmos disponibilizados pelo projeto openGazer (2007a).

Para a realização dos testes com os algoritmos disponibilizados por este projeto alguns problemas tiveram que ser solucionados. Foi necessário adaptar trechos de código fonte para as novas bibliotecas atualmente disponíveis, que apresentavam diferenças em relação às versões utilizadas pelo projeto original (mais antigas). O algoritmo de captura de imagem também teve que ser substituído por causar erros

---

[63] O termo biblioteca é usado nesta seção para indicar um conjunto de sub-rotinas ou funções que são usadas no desenvolvimento de softwares.

freqüentes, fechando do software. A Figura 86 apresenta uma imagem do software após as adaptações realizadas pelo autor.

O protótipo implementado permitiu a realização dos procedimentos de calibração externa e interna (identificada como ‘test’ na Figura 86). Durante o funcionamento deste sistema foi notada uma grande perda de precisão nas bordas na tela. Enquanto na região central da tela o RO posicionava um cursor próximo às regiões realmente observadas pelo autor, nas extremidades da tela, em especial nas laterais, a distância entre o cursor e a região observada chegava a ser três ou quatro vezes maior. Esta verificação foi realizava qualitativamente, já que não foi feito nenhum teste calculando a medida exata do erro.

Apesar do problema descrito acima, o principal problema encontrado com este RO foi a sua baixa robustez. Em alguns testes, a posição observada deixou de ser calculada com menos de um minuto após a realização da calibração externa. Neste caso, é interessante notar que a iluminação do ambiente exerceu muita influência sobre o funcionamento do protótipo, sendo possivelmente uma das causas dos problemas encontrados.

OUTROS RASTREADORES DO OLHAR

Também foram estudados os projetos Malic (2008) e Eyebachelor (2008). Estes projetos são capazes de identificar a face e a posição dos olhos do usuário, mas não conseguem determinar a posição da pupila ou da íris em relação ao olho, e desta forma não são adequados para identificar a posição observada.

ANEXO 1 – CARTA DE APROVAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA

Hospital Universitário
USP

São Paulo, 7 de novembro de 2008.

Il^mo(a). Sr(a).
Dra. Lucia Vilela Leite Filgueiras
Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais
Escola Politécnica
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

REFERENTE: **Projeto de Pesquisa** "Uso de *eye tracking* na avaliação da experiência do tele usuário de aplicações de TV interativa"- **Co-autor(es)**: André Quintela Bertuzzi, Eduardo Chimati Giannotto, Flavio Miyamaru, Leonardo Alexandre Ferreira Leite, Leonardo Henrique Angelon Arouca, Stefan Martins, Ricardo Benassi - **Registro CEP-HU/USP**: 850/08 – **SISNEP CAAE:** 3392.0.000.198-08

Prezado(a) Senhor(a)

O Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário da Universidade de São Paulo, em reunião ordinária realizada no dia 7 de novembro de 2008, analisou o Projeto de Pesquisa acima citado, considerando-o como **APROVADO, bem como o seu Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**.

Lembramos que cabe ao pesquisador elaborar e apresentar a este Comitê, relatórios anuais (parciais ou final, em função da duração da pesquisa), de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, item IX.2.c.

O primeiro relatório está previsto para 7 de novembro de 2009.

Atenciosamente,

Dr. Maurício Seckler
Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa
Hospital Universitário da USP

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DO HOSPITAL UNIVERSITÁRIO DA USP
Avenida Professor Lineu Prestes, 2565 – Cidade Universitária – 05508-000 São Paulo – SP
Tels.: (11) 3091-9457 ou 9479 – Fax: (11) 3091-9452 - E-mail: cep@hu.usp.br