

Luciana Lima Brito

**Avaliando a Interação por Rastreamento de  
Olhos em Tarefas Cotidianas dos Usuários em  
Computadores**

**Belém-Brasil**

**Março - 2017**

Luciana Lima Brito

# **Avaliando a Interação por Rastreamento de Olhos em Tarefas Cotidianas dos Usuários em Computadores**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à banca da faculdade de computação da Universidade Federal do Pará como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS  
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO

Orientador: Bianchi Serique Meiguins

Belém-Brasil

Março - 2017

*Dedico este trabalho aos meus pais, Maria Jonilda Lima Brito e Lucivaldo Ferreira de Brito, que sempre acreditaram em mim e em minhas escolhas, pelo amor e apoio incondicional.*

# Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por tudo o que tenho, por tudo o que sou e por tudo o que consegui até aqui. Agradeço aos meus pais Maria Jonilda e Lucivaldo, e minha irmã Luciene, pelo amor incondicional e apoio em todas as minhas escolhas. Agradeço ao meu companheiro Mateus Pinto Rodrigues, que acreditou em mim até mesmo quando eu deixei de acreditar. Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Bianchi Serique Meiguins, pela oportunidade, pelas experiências e pela paciência comigo. Agradeço à equipe do LabVIS, laboratório onde desenvolvi meu trabalho, aqui representados pelo nome de Carlos Gustavo Resque dos Santos, mas estendendo meu carinho e gratidão a todos. Agradeço ao meu amigo Alexandre Abreu de Freitas, que se prontificou a ajudar em tudo o que eu precisasse para que este trabalho fosse desenvolvido. Agradeço aos voluntários que participaram diretamente deste trabalho, permitindo que este fosse concluído. Agradeço aos meus professores por todos os ensinamentos e aos meus amigos de turma pelo companheirismo, pelos trabalhos realizados, pelas risadas nos corredores, pelos dias tensos de provas e pela amizade que construímos. Agradeço aos meus familiares e amigos, que apesar de não encontrar todos os dias, mas estavam sempre perguntando como estavam as coisas, mandando energia positiva e fazendo orações por mim. Agradeço à minha filha de quatro patas, minha companheira de todas as horas, minha gata persa Shizuka, que sempre me arrancou sorrisos e, mesmo quando os dias eram cheios e estressantes, me trazia a calma e a alegria.

*Graças a Deus!*

# Resumo

Interações em um ambiente computacional realizadas com interações alternativas aos tradicionais mouse e teclado podem parecer inusitadas, porém, pesquisas na área de interações não convencionais crescem a cada dia dentro da computação. As interações por rastreamento de olhos incluem o ato de olhar para uma região do objeto de interesse na tela e estimar o ponto respectivo de fixação do olhar, além de utilizar o piscar dos olhos para interagir diretamente com estes objetos. Neste trabalho é avaliada a interação por rastreamento dos olhos em tarefas básicas do usuário em um computador, utilizando o gerenciador de arquivos e navegador web. Foram utilizados testes de usabilidade com a finalidade de identificar os níveis de aceitabilidade e dificuldades encontradas no uso deste modo de interação com as aplicações propostas. Os cenários de usabilidade foram avaliados por dois especialistas e realizadas com 10 participantes voluntários. Para a análise dos resultados foram considerados os tempos que cada participante levou para concluir as tarefas, os erros de interação e as considerações particulares sobre a experiência de cada participante. Os resultados apresentam participantes bastante empolgados e receptivos à ideia, mas apesar de conseguirem cumprir as tarefas propostas encontraram algumas dificuldades ao utilizar um rastreador de olhos, como por exemplo, em relação à habilidade de piscar para interagir com objetos, uso de óculos de grau, configuração do ambiente, entre outros. Por fim, são feitas sugestões para melhorias no uso de rastreamento de olhos, considerando também as sugestões dos participantes.

**Palavras-chave:** Rastreamento de Olhos. Interação Não Convencional. Análise de Usabilidade.

# Abstract

Interactions in a computational environment performed using alternatives to the traditional mouse and keyboard are unusual, however, researches in the field of unconventional interactions are growing day by day in computing. The interactions by eye tracking include the act of looking to the object's region of interest on the screen and estimating the respective point of eye fixation, as well as using blink of the eyes to interact directly with these objects. In this work are evaluated the interactions using eye tracking in basic tasks of an user with a computer, using the file manager and a web browser. Tests of usability for the purpose of identifying the acceptability levels and the difficulties found in the use of this kind of interaction with the proposed applications were done. The usability scenarios were evaluated by two specialists and performed with ten volunteers participants. For the results' analysis were considered the time that each participant spent to conclude the tasks, the interaction errors and the particular considerations about the experience of each one. The results present participants very excited and receptive to the idea, but although they concluded the proposed tasks some difficulties were found in the use of the eye tracker, for example, related to the blink ability to interact with objects, the use of eyeglasses, the environment setup, and others. Finally, suggestions are made to improve the use of eye tracking, also considering the suggestions of the participants.

**Keywords:** Eye Tracking. Unconventional Interactions. Usability Analysis.

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Componentes de uma interação. . . . .	11
Figura 2 – Equipamento vestível usado no trabalho de (HEO et al., 2010). . . . .	16
Figura 3 – Cenário de testes usado por (CHUAN; SIVAJI, 2012) . . . . .	16
Figura 4 – Eye Tribe para <i>mobile</i> . . . . .	18
Figura 5 – Eye Tribe para computadores . . . . .	18
Figura 6 – Dispositivo: Canhões de infravermelho e cameras. . . . .	19
Figura 7 – Posicionamento do usuário em relação ao rastreador. . . . .	19
Figura 8 – Classificação da calibração. . . . .	20
Figura 9 – Visualização do posicionamento dos olhos diante perante o dispositivo. . . . .	20
Figura 10 – Controle do cursor no software. . . . .	21
Figura 11 – Esquema da comunicação do Eye Tribe com a aplicação executada. . . . .	22
Figura 12 – Posicionamento do usuário em relação ao rastreador fixo à mesa. . . . .	23
Figura 13 – Esquema de divisão da tela para classificação dos níveis de dificuldade de interação. . . . .	26
Figura 14 – Tempo médio para conclusão das tarefas do Cenário 1. . . . .	32
Figura 15 – Tempo médio para conclusão das tarefas do Cenário 2. . . . .	32
Figura 16 – Tempo total para conclusão dos dois Cenários. . . . .	33
Figura 17 – Média de tempo por Cenário. . . . .	33
Figura 18 – Média de erros por cenário. . . . .	34
Figura 19 – Comparativo: Quantidade de cliques necessários VS média de cliques dos participantes e média de erros. . . . .	34
Figura 20 – Comparativo: Quantidade de cliques necessários VS média de cliques dos participantes e média de erros. . . . .	35
Figura 21 – Tempo médio de conclusão das tarefas VS localização do componente na tela. . . . .	35
Figura 22 – Categorização por agrupamento de idéias . . . . .	39

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Ordem de Execução das Tarefas do Cenário 1 e Número de Cliques Necessários à conclusão de cada uma. . . . .	28
Tabela 2 – Ordem de Execução das Tarefas do Cenário 2 e Número de Cliques Necessários à conclusão de cada uma. . . . .	28
Tabela 3 – Tempo gasto pelo participante para concluir as tarefas do cenário 1 . .	31
Tabela 4 – Tempo gasto pelo participante para concluir as tarefas do cenário 2 . .	31
Tabela 5 – Frases coletadas com o protocolo Pensa Alto Concorrente para as tarefas do Cenário 1 . . . . .	37
Tabela 6 – Frases coletadas com o protocolo Pensa Alto Concorrente para as tarefas do Cenário 2 . . . . .	37

# Lista de abreviaturas e siglas

SO	Sistema Operacional
TA	Tecnologia Assistiva
IHC	Interação Humano Computador
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
VTDs	<i>Virtual Display Terminals</i>
TC	<i>Technical Committee</i>
SC	<i>Subcommittee</i>
VS	<i>Versus</i>
ROI	<i>Region of Interest</i>
SDK	<i>Software Development Kit</i>
PNE	Pessoa com Necessidades Especiais
INC	Interações Não Convencionais

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>11</b>
1.1	Justificativa	13
1.2	Objetivos	13
1.3	Organização do trabalho	14
<b>2</b>	<b>Fundamentação Teórica</b>	<b>15</b>
2.1	Rastreador de Olhos	15
2.2	The Eye Tribe	17
2.2.1	Histórico	17
2.2.2	Dispositivo	17
2.3	Trabalhos Relacionados	22
<b>3</b>	<b>Descrição do Trabalho</b>	<b>24</b>
3.1	Tarefas	24
3.1.1	Componentes Gráficos das Tarefas	24
3.1.2	Eventos	25
3.1.3	Critérios Adotados Para Avaliação	25
3.1.4	Descrição das Tarefas	25
3.2	Métricas	29
3.2.1	Parâmetros Quantitativos	29
3.2.2	Parâmetros Qualitativos	29
3.3	Usuários	30
3.4	Ambiente de Teste	30
<b>4</b>	<b>Resultados</b>	<b>31</b>
4.1	Análises Quantitativas	31
4.2	Análises Qualitativas	36
<b>5</b>	<b>Conclusão</b>	<b>40</b>
5.1	Trabalhos Futuros	41
	<b>Referências</b>	<b>42</b>

# 1 Introdução

A primeira interação onde objetos na tela foram diretamente manipulados por um dispositivo apontador foi em 1963 (SUTHERLAND, 1963) e em 1965 apareceram as primeiras notícias sobre mouse (BARDINI, 2000). Com a popularização dos computadores pessoais, no início de 1980 surgiu a área que iria estudar as diferentes formas de interação, a chamada Interação Humano-Computador (IHC). A disciplina de IHC se preocupa com o *design*, avaliação e implementação de sistemas computacionais interativos para o uso humano e com o estudo dos fenômenos que à rodeiam (HEWETT et al., 2009). Para que uma interação aconteça, são necessários quatro componentes, conforme descreve (PARMAR, 2009) na Figura 1.

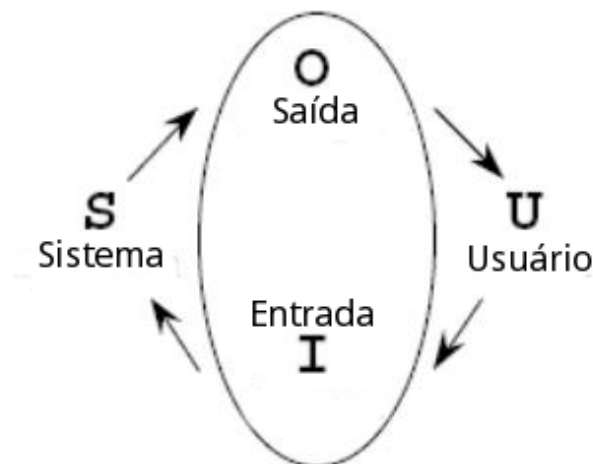


Figura 1 – Componentes de uma interação.

Fonte: (PARMAR, 2009)

A interação digital está cada dia mais presente no cotidiano das pessoas, e não está limitada somente a casa ou trabalho, o uso dos dispositivos móveis pessoais quebrou essa barreira atrelada aos tradicionais computadores e notebooks, e com o conceito de Internet das Coisas (*IoT*), outras barreiras da interação digital serão quebradas, cenários de ficção científica dos filmes serão mais comuns no dia-a-dia das pessoas. Se há uma dificuldade em prever quais dos cenários futuristas vão acontecer, um detalhe sobre esses cenários é certo afirmar: a interação tradicional por teclado e mouse perderá espaço em relação a outras formas de interação, tais como: comandos de voz, reconhecimento de gestos, reconhecimento de partes do corpo, comandos através de ondas cerebrais, e outros

(HEWETT et al., 2009), simplesmente porque há cenários que já não suportam a utilização desses periféricos, principalmente os cenários em áreas públicas, ou realizando tarefas como dirigir, prática de esportes, entre outras. Dentre as diferentes formas de interações se destacam o rastreamento de olhos, o rastreamento de cabeça, a identificação de gestos e de comandos de voz que são largamente utilizados, por exemplo, na área de jogos tendo em vista proporcionar maior imersividade ao jogador.

Para acompanhar essa mudança, vários modelos diferentes de dispositivos foram desenvolvidos, alguns apenas para fins de estudo, montados geralmente em laboratórios de pesquisa em universidades, e outro foram desenvolvidos por grandes empresas, como (PRO, 2017) e (TRIBE, 2017) que desenvolveram dispositivos robustos para rastreamento dos olhos.

Com a ubiquidade da computação, cada vez mais a população se depara com a necessidade de interagir com ambientes automatizados, seja em eletrodomésticos, carros, *smartphones*, videogames, entre tantos exemplos, a tecnologia que nos cerca cresce a cada dia e esse crescimento trás a necessidade de adaptação a todo tipo de público. Quando em 1964 a série *Star Trek* foi escrita, um personagem, o capitão Christopher Pike havia perdido completamente o controle do seu corpo devido a algum problema que o deixou incapacitado, no entanto suas habilidades cognitivas estavam intactas, e então, através de uma combinação de feixes de luz ele conseguia se comunicar (LIFFICK, 2003). Nesta época tudo isso não passava de ficção científica, porém hoje, a tecnologia é uma das maiores aliadas da inclusão de PNEs. A computação vem auxiliando pessoas com vários tipos de limitações através da chamada tecnologia assistiva. De acordo com (LIFFICK, 2003), para a computação, tecnologia assistiva, ou simplesmente AT, descreve *hardwares* e *softwares* capazes de manter, incrementar ou melhorar as capacidades funcionais de um indivíduo que tenha alguma limitação.

Como visto na Figura 1, outra parte importante na interação é a aplicação com a qual o usuário interage. O Sistema operacional (SO) é um corpo de *software* responsável por fazer a experiência de interação com um computador ser fácil, ao mesmo tempo que ele faz a gerência de recursos, como compartilhamento de memória ou a comunicação com dispositivos periféricos (ARPACI-DUSSEAU; ARPACI-DUSSEAU, 2015). Foram utilizados neste trabalho dois ambientes oferecidos pelo sistema operacional testados conjuntamente com um dos métodos mais incomuns de entrada de dados em um computador, o rastreamento dos olhos.

Este trabalho tem o objetivo de avaliar a interação por rastreamento de olhos em tarefas cotidianas do usuários em computadores, os cenários escolhido são a manipulação de arquivos digitais utilizando o gerenciador de arquivos e interação em um navegador *web* por meio do dispositivo Eye Tribe, ambos realizados na plataforma Windows, onde serão coletadas informações quantitativas e qualitativas de testes de usabilidade com 10

participantes. Por fim, os resultados serão analisados e discutidos, destacando pontos fortes e fracos deste tipo de interação.

## 1.1 Justificativa

Interações Humano Computador, como são chamadas, podem ter efeitos em diferentes áreas que vão do entretenimento à assistibilidade, mas, o que é visto hoje é que os *hardwares* e *softwares* que provêm essas interações são muito específicos para atender cada área de mercado específica. Deste modo, os produtos existentes, ainda que voltados para atender a portadores de necessidades especiais (PNE), são caros e possuem código de desenvolvimento fechado, assim, impedindo que estes sejam estudados para replicação e aprimoramento da tecnologia. Também é possível se observar uma carência de dispositivos robustos para auxílio de PNEs que possuam preço acessível ou que forneçam o código fonte para que outras pessoas ou universidades pesquisem para colaborar com seu desenvolvimento. Por estas questões, torna-se imperativo que meios sejam encontrados para que essas tecnologias específicas sejam mais estudadas e difundidas a fim expandir os estudos e de proporcionar a inclusão digital e auxílio na comunicação de pessoas com lesões mais limitadoras. Desse modo, pode-se atender com maior especificidade tanto os usuários sem limitações quanto os portadores de necessidades especiais (PNE). De modo mais específico, o modo de interação escolhido foi o rastreamento de olhos e o dispositivo utilizado para estudo e aplicação neste trabalho foi o da empresa The Eye Tribe, que, até a definição deste trabalho, se mantinha como uma empresa referência na área. Ele foi escolhido levando-se em conta sua qualidade ao mesmo tempo que era um dos mais acessíveis financeiramente. Outro ponto importante que merece atenção é a aplicação com a qual o usuário interage. Entender o que é fácil ou difícil, agradável ou desagradável ao usuário de realizar ao se deparar com um computador ajuda na elaboração de interfaces mais adequadas à cada necessidade específica. Em suma, é importante que sejam feitas análises do funcionamento dos rastreadores de olhos em um ambiente comum de computadores. É importante que análises sejam feitas para nos permitir classificar os dispositivos para que seja possível indicar qual dispositivo em quais condições é mais apropriado para que em seguida possam ser feitas adaptações de interfaces para que possam atender a necessidade específica de cada usuário.

## 1.2 Objetivos

Este trabalho possui como objetivo geral a avaliação da interação com por rastreamento de olhos em tarefas cotidianas do usuário utilizando um computador, para tanto, foi necessário a definição de objetivos específicos, que são:

- Realizar levantamento bibliográfico sobre rastreamento de olhos;
- Escolher e estudar um dispositivo de rastreamento de olhos;
- Configurar e implementar ações do mouse para o rastreador de olhos;
- Definir e aplicar um plano de teste e métricas a serem avaliadas para interação com rastreamento de olhos realizadas pelo usuário.

### 1.3 Organização do trabalho

O presente trabalho está organizado da seguinte forma: primeiramente é apresentada a fundamentação da pesquisa, trazendo conceitos e trabalhos similares existentes. Em seguida é apresentada a implementação do trabalho, a descrição de cada etapa realizada e o ambiente de teste. Por fim, os capítulos de análise de resultados e conclusão.

## 2 Fundamentação Teórica

Neste capítulo são explicados alguns conceitos necessários ao entendimento do trabalho, é detalhado o dispositivo utilizado para realização dos testes propostos e também são observados alguns trabalhos relacionados.

### 2.1 Rastreador de Olhos

(EYEGAZE, s.d.) especifica que o rastreamento de olhos nada mais é do que o monitoramento das atividades oculares: como eles se comportam, o que os atrai, como se movimentam. Para tanto, diversos estudos foram feitos sobre as formas de se conseguir realizar este rastreamento, foram estudos sobre as características dos olhos, como retina e movimentação dos olhos, até estudos psicológicos sobre a atenção visual, percepção, fixação do olhar, entre outros que estão descritos detalhadamente em (DUCHOWSKI, 2007). Sharma e Dubey (SHARMA; DUBEY, 2014), em seu trabalho, apresentam medidas para um bom rastreador de olhos, que são:

- **Fixação:** é o tempo da mudança entre regiões de interesse (sigla em inglês *ROI*);
- **Sacadas:** caracterizadas pelo movimento entre as regiões de interesse;
- **Ponto de fixação (*Gaze Point*):** sendo o ponto na *ROI* de fixação do olhar;
- **Visualização de *ScanPath*:** muito usual no rastreador de olhos, pois demonstra através de uma visualização o caminho (Sacadas) e ponto de fixação (*Gaze Point*) feitos pelo usuário na interação;
- **Taxa do Piscar e tamanho da pupila:** características dos olhos, são importantes para um bom rastreamento.

Os dispositivos podem ser caracterizados em dois tipos (YOO; CHUNG, 2004):

- **Vestíveis:** são aqueles que o usuário precisa equipar, como óculos especial ou capacete;
- **Remotos:** Os remotos geralmente são posicionados em frente ao monitor ou acoplados ao mesmo.

(HEO et al., 2010) propõem um sistema de imersão virtual, onde é usado um equipamento vestível, como mostra a Figura 2. . Os autores usam um *game* onde sua

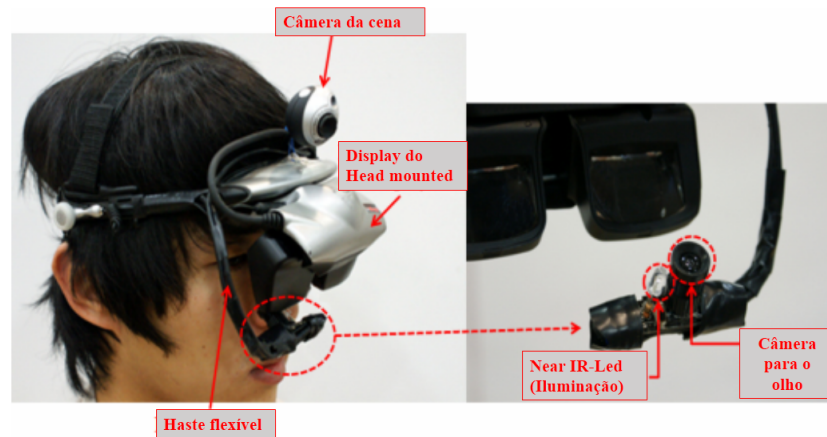


Figura 2 – Equipamento vestível usado no trabalho de (HEO et al., 2010).

Fonte: (HEO et al., 2010)

interface acumula três tipos de interação não convencionais, reconhecimento de gestos, rastreamento de olhos e cabeça. Este experimento mostrou que a experiência de imersão se tornou interessante e mais adaptativa ao usuário ao utilizar conjuntamente mouse e teclado convencional.

Chuan e Sivaji (CHUAN; SIVAJI, 2012), usam o reconhecimento de gestos e o rastreamento dos olhos para interagir com uma área de interesse. O trabalho consiste em um retângulo na tela representando a área de interesse na Figura 3, o usuário deve olhar para esse retângulo – sendo feita a seleção da área de interesse – e ao realizar um gesto a ação na área de interesse era efetuada. É importante observar que estas tecnologias

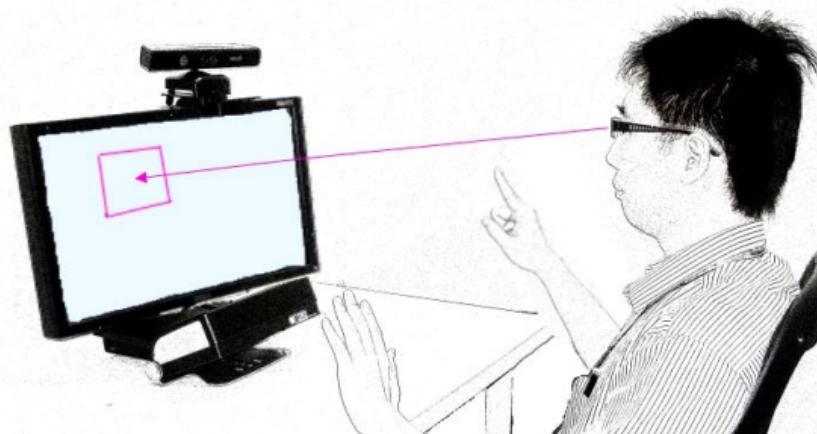


Figura 3 – Cenário de testes usado por (CHUAN; SIVAJI, 2012)

Fonte: (CHUAN; SIVAJI, 2012)

vestíveis e remotas, auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho através do conceitos apresentados e principalmente à respeito de trabalhos que podem ser feitos.

Os dispositivos rastreadores desenvolvidos pelas grandes empresas, como o Tobii EyeX (TOBBI, 2017) e The Eye Tribe (TRIBE, 2017), são criados para atender áreas

específicas como a de imersão em jogos, pesquisas psicológicas e comportamentais baseadas no olhar, além do desenvolvimento de tecnologias assistivas, auxiliando na comunicação para pessoas com limitações causadas por doenças ou acidentes, permitindo que pessoas com, por exemplo, Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA) ou paralisia cerebral possam se comunicar e interagir em um ambiente computacional. Dessa forma será apresentado, no próximo tópico, o dispositivo que será usado neste trabalho.

## 2.2 The Eye Tribe

### 2.2.1 Histórico

A tecnologia utilizada neste trabalho, como foi citado, é o The Eye Tribe. Este dispositivo visa habilitar o rastreamento dos olhos para serem utilizados em outras aplicações, como meio de navegação ou de interação no ambiente computacional. Fundada originalmente por um grupo de quatro pessoas do Instituto de Tecnologia da Universidade de Copenhague (COPENHAGEN, s.d.), o objetivo era de construir um dispositivo que fornecesse o rastreamento de olhos para todos, que fosse o mais acessível possível. Em 2011, os quatro fundadores formaram o The Eye Tribe e juntaram-se ao programa acelerador StartupBootcamp (STARTUPBOOTCAMP, s.d.). A equipe agora continha 16 funcionários em tempo integral, construindo software de rastreamento dos olhos e aplicativos para várias plataformas. Em dezembro de 2016 a empresa Oculus (OCULUS, s.d.) incorporou o The Eye Tribe para projetos focados principalmente na área de realidade virtual.

### 2.2.2 Dispositivo

A empresa The Eye Tribe (TRIBE, 2017) fornece dois tipos de dispositivos que são comprados separadamente, um para dispositivos *mobiles*, mostrado na Figura 4, e outro para computadores, mostrado na Figura 5. Para este trabalho foi utilizado o dispositivo para computadores, ele fornece a estimativa do ponto fixo (*gaze point*) do olhar do usuário à tela.

O dispositivo Eye Tribe possui duas câmeras e nas suas extremidades canhões infra-vermelhos, na Figura 6 pode-se observar o dispositivo.

As câmeras constroem um espaço tridimensional em torno do usuário e permite que este possa se movimentar enquanto olha para uma região de interesse, este espaço fornece certo nível de conforto, uma vez que não é necessário ficar totalmente enrijecido durante o uso do dispositivo. A Figura 7 demonstra como o usuário deve se posicionar diante do dispositivo, nela pode-se observar dimensionalidade em que o espaço é criado que é à uma distância mínima de 45 cm e no máximo 75 cm do aparelho, para obter uma boa calibração e conseqüentemente um bom rastreamento.

Figura 4 – Eye Tribe para *mobile*

Fonte: <http://evolveent.com/best-mobile-accessories-mobile-world-congress-2014/3/>



Figura 5 – Eye Tribe para computadores

Fonte: <https://www.cnet.com/uk/pictures/eyetribe/6/>

O *software* fornece uma calibração que é categorizada através de estrelas, mostrada na região inferior da Figura 8. Cinco estrelas representam uma ótima calibração e principalmente um rastreamento adequado para interagir. Caso resultado seja uma estrela é classificado como “refaça” (em inglês, *redo*), isto significa dizer que a calibração não teve sucesso por alguns motivos externos, como a oclusão de um dos olhos ou o posicionamento errado diante do dispositivo. Isso afeta no rastreamento diante da interface, impedindo que o usuário obtenha controle do cursor na tela.

Ainda no *software*, é oferecido um *feedback* visual da posição em que o usuário se encontra perante o dispositivo, a classificação é de acordo com a cor, conforme ilustra a Figura 9. No total são quatro cores:

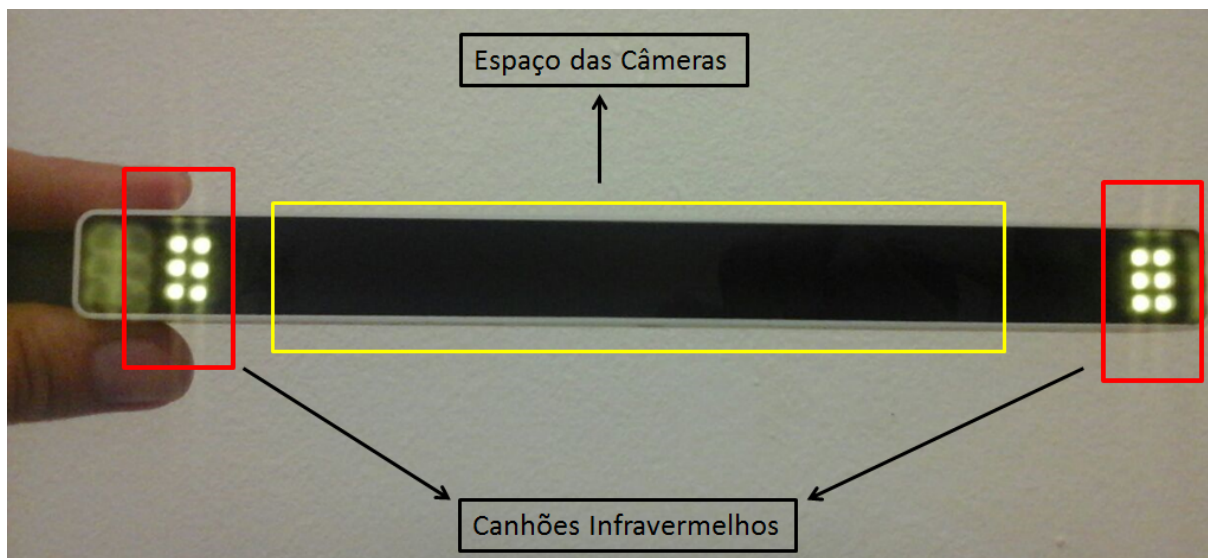


Figura 6 – Dispositivo: Canhões de infravermelho e cameras.

Fonte: Próprio autor.

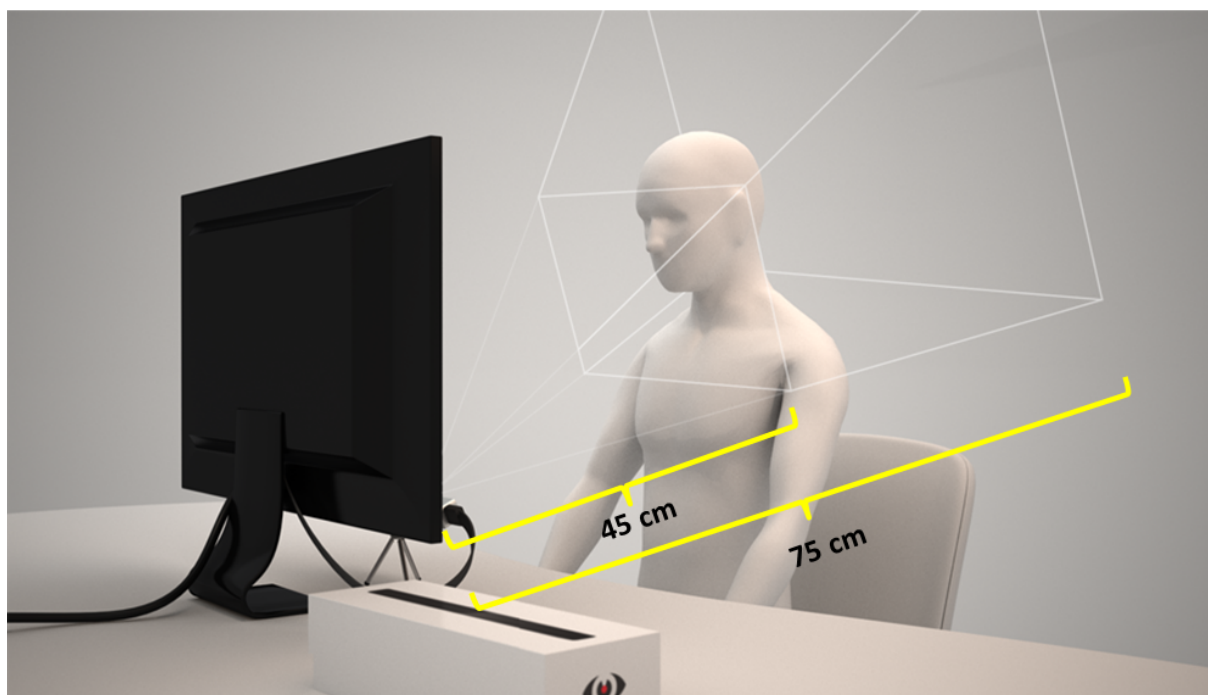


Figura 7 – Posicionamento do usuário em relação ao rastreador.

Fonte: The Eye Tribe

- **Verde:** os olhos estão corretamente posicionados e identificados pelo dispositivo.
- **Amarelo:** indica que apenas um dos olhos não está sendo rastreado, neste caso, isto pode se dever a fatores como o usuário estar mal posicionado ou a presença de algum impecílho obstruindo a visão do dispositivo em relação a um dos olhos do usuário, assim, um dos olhos sofre muita variabilidade na detecção.



Figura 8 – Classificação da calibração.

Fonte: The Eye Tribe.

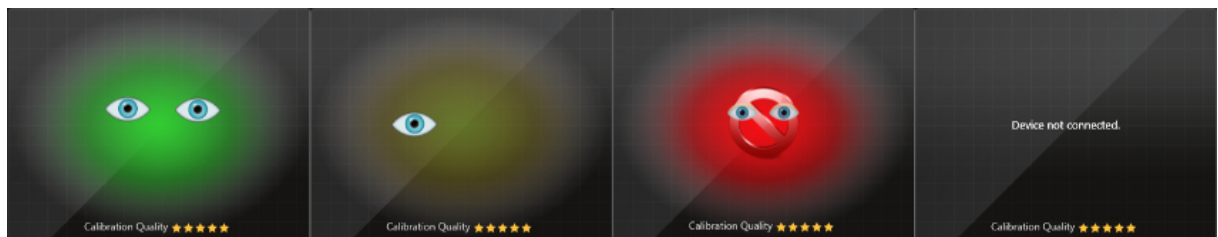


Figura 9 – Visualização do posicionamento dos olhos diante perante o dispositivo.

Fonte: The Eye Tribe.

- **Vermelho:** indica que o dispositivo não encontra os olhos do usuário, neste caso pode ser que o usuário esteja com os olhos fechados, que tenha saído da frente do dispositivo ou que esteja utilizando algo para obstruir por completa a visão do rastreador. O piscar com os dois olhos ao mesmo tempo também causa este efeito. Nesta condição o aparelho está ligado.
- **Preto:** indica que o dispositivo não está conectado.

Para permitir que o usuário obtenha controle do cursor na tela do computador é utilizada a opção de rastreamento do cursor no sistema, mostrado na Figura 10 em contorno vermelho. O controle acontece, porém, implica em muita variação na posição do cursor que nunca fica parado em um ponto fixo, mas oscila em torno da região de interesse e isso dificulta muito a interação. Para diminuir esta variação é oferecida uma função de estabilização do cursor, na Figura 10 em contorno amarelo, ou seja, o cursor passa a sofrer



Figura 10 – Controle do cursor no software.

Fonte: The Eye Tribe.

menos oscilações e a interação torna-se mais agradável, porém ainda não significa fixação perfeita, a variação de movimento ainda é incomoda aos participantes, como é relatado na seção 4 .

O Eye Tribe possui suporte para três linguagens de programação, C#, C++ e Java. Alguns exemplos oferecidos pelo repositório da empresa são escritos em C# e descritos em seu site (TRIBE, 2017). As SDKs (Software Development Kit) de cada linguagem estão em seu site, porém o mais detalhado está disponível apenas para a linguagem de programação Java, o que justifica a utilização da linguagem neste trabalho, além do conhecimento da equipe de pesquisa ser mais profundo na mesma. Para um entendimento detalhado é apresentado um esquema do funcionamento e comunicação do Eye Tribe com as aplicações, a Figura 11 é uma adaptação e tradução livre do esquema obtido do site da empresa. A comunicação começa entre a aplicação que será executada e o SDK, independente da linguagem de programação que está sendo utilizada. O SDK se comunica com o servidor (que é criado assim que o software é executado) do Eye Tribe. A caixa “Network” está presente pois vários dispositivos de Eye Tribe podem se comunicar enviando dados ao mesmo tempo, esta conexão deve ser feita pela rede local em que se encontram os dispositivos. Mais abaixo, porém, compondo o servidor do Eye Tribe, estão localizadas duas caixas que trabalham em paralelo, que representam respectivamente “HW” (*Hardware*) e “Rastreamento” (*Software*), juntos captam os dados, fazem as estimativas e enviam os dados para o servidor distribuir para uma aplicação.

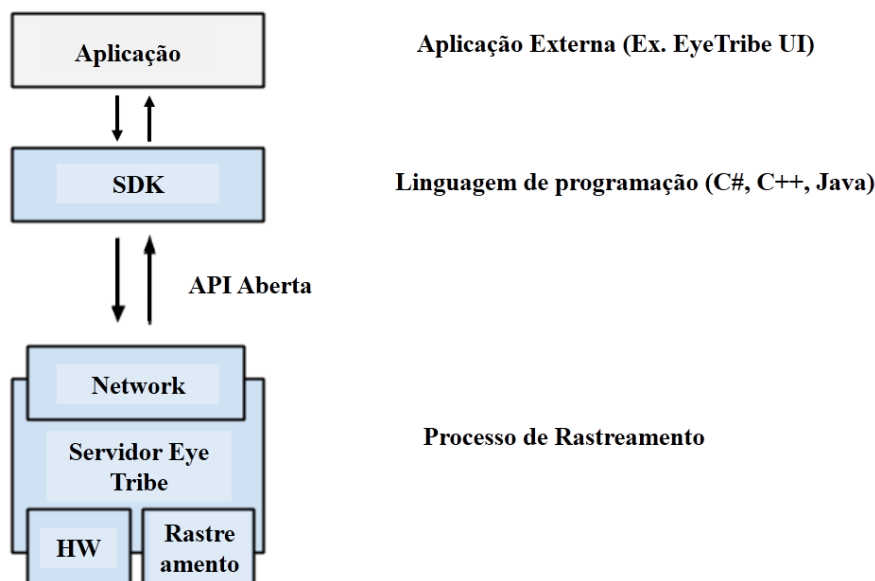


Figura 11 – Esquema da comunicação do Eye Tribe com a aplicação executada.

Fonte: The Eye Tribe.

## 2.3 Trabalhos Relacionados

Alguns trabalhos analisam a usabilidade de rastreadores de olhos. O trabalho de (WARE; MIKAELIAN, 1987) analisa o rastreador do ponto de vista da entrada de dados em um computador, e analisa dois testes: o primeiro é comparar a interação com o Dwell Time (HANSEN et al., 2003) e botão físico para interagir, ambos usando o rastreamento apenas para apontar e um botão retangular na tela, onde o usuário deve fixar sempre após apontar o item que deseja. O segundo teste leva em consideração o tamanho dos componentes na tela e, nessa comparação, ele mostra que de fato é difícil a interação com componentes pequenos e que mesmo com uma boa calibração os menores apresentam dificuldade de serem fixados. Neste ponto, (WARE; MIKAELIAN, 1987) mostra através de experimentos que interagir com componentes pequenos é mais difícil do que interagir com componentes maiores, porém ele não relaciona o tamanho dos componentes com a região em que se encontram na tela.

Freitas (FREITAS, 2016), avaliou uma interação não-convencional (INC) em um ambiente computacional, fazendo sugestões para interfaces que usem a INC abordada, Freitas classificou os componentes gráficos em mínimos, pequenos, médios e grandes. Sendo:

- **Mínimos:** Componentes com medida em pixel menor que 5;
- **Pequenos:** Componentes com medida em pixel entre 5 e 15;
- **Médios:** Componentes com medida em pixel entre 10 e 25;

- **Grandes:** Componentes com medidas em pixel maior que 25;

No presente trabalho é feito o relacionamento do tamanho dos componentes com a região, em vista de entender o nível de dificuldade de interação, principalmente, relacionando com as *bordas* da tela. No trabalho de (ZHANG; MACKENZIE, 2007) as avaliações de usabilidade do rastreador são feitas baseada na (ISO, 2007) e utiliza uma aplicação própria. O rastreador é montado em uma mesa onde o participante precisa manter sua cabeça fixa em uma posição para que possa utilizá-lo. Eles avaliaram três formas de seleção de objetos e as comparam com o mouse, nesta comparação pode-se verificar que a precisão do rastreador de olhos ainda está longe dos resultados alcançados com o mouse e os participantes também apresentaram certo grau de desconforto. A Figura 12 mostra o cenário de teste proposto por (ZHANG; MACKENZIE, 2007).



Figura 12 – Posicionamento do usuário em relação ao rastreador fixo à mesa.

Fonte: Cenário de teste proposto por (ZHANG; MACKENZIE, 2007).

(OOMS et al., 2015) realizou um estudo que comparou o uso de dois dispositivos de rastreamento de olhos considerados de baixo custo, ou melhor, mais acessíveis no mercado, o Eye Tribe e SMI RED 250 (SMI, 2017). Um dos tópicos importantes no trabalho de Ooms são as métricas que foram analisadas, que seguem: Avaliação da acurácia e precisão; Distribuição inicial dos pontos de fixação; Teste com componentes na borda; Avaliação da direcionalidade, Taxa de transferência dos pontos de fixação e Análises estatísticas da obtenção dos pontos de fixação. Estas métricas auxiliam em próximas avaliações que serão feitas a partir dos trabalhos futuros que serão demonstrados mais adiante. É importante citar que no trabalho de Ooms o dispositivo SMI RED 250 se mostrou menos eficiente, sendo que os dois mostraram alguns erros de estimativa do ponto de fixação, e foi esclarecido que na calibração o Eye Tribe se mostrou mais adequado, fortalecendo a utilização do mesmo em trabalhos de pesquisas principalmente.

## 3 Descrição do Trabalho

O trabalho consiste no teste de um dispositivo de rastreamento de olhos (em inglês *eye tracking*) para uso em atividades básicas em um sistema operacional. O dispositivo utilizado para o rastreamento dos olhos foi o Eye Tribe, descrito na seção 2.2. O usuário posiciona-se da maneira que se sentir confortável estando dentro do alcance do rastreamento do dispositivo. Em seguida é iniciada a calibragem para uso do dispositivo, sendo esta calibragem uma funcionalidade oferecida pelo Eye Tribe. Após esse procedimento é iniciada a aplicação do Eye Tribe, a qual constitui uma função de movimentar o cursor. A interação com o sistema deve ser implementada, pois o Eye Tribe, inicialmente, não possui nenhuma outra implementação de ação além da movimentação do cursor. Para cada usuário, durante a execução do teste, são gravadas a voz, a imagem do usuário durante a interação e a imagem da tela do monitor utilizado, estas gravações são necessárias devido ao protocolo utilizado para a coleta de dados, o chamado protocolo Pensa Alto Concorrente (NIELSEN, 1993). Também são coletadas algumas medidas como o tempo de duração de cada tarefas e a quantidade de eventos (cliques) realizados. A seguir são descritas as tarefas definidas para os usuários, os critérios adotados para avaliação de rastreamento de olhos, o perfil dos usuários que foram voluntários aos testes, e a descrição do ambiente de teste utilizado no trabalho.

### 3.1 Tarefas

#### 3.1.1 Componentes Gráficos das Tarefas

Os componentes das tarefas estão relacionados às ações básicas realizadas em um computador no momento em que o usuário o inicia. Estes componentes gráficos são conhecidos como ícones, que são desenhos na tela que representam programas ou dados (PERRY; VOELCKER, 1989). Os componentes de interação são: abas e *links* no navegador, arquivos, execução de programas e botões como os de um teclado virtual.

Para a escolha das tarefas foram considerados os tamanhos dos componentes que fariam parte da interface e classificados tomando como base o tamanho relativo entre eles, por exemplo, um componente pequeno será sempre menor que um médio ou grande independente da resolução de tela adotada. Abaixo, a categorização dos componentes:

- **Pequenos** botões de fechar ou iniciar um programa e os que compõem a barra de tarefas na parte inferior da tela.
- **Médios:** *links*, botões do teclado virtual ou abas no navegador.

- **Grandes:** diretórios e arquivos.

A justificativa para a classificação dos *links* como médios se deve ao fato de que, apesar de pequenos em altura, são geralmente são grandes em largura. Com base nesta variação de tamanho, foram implementados os testes.

### 3.1.2 Eventos

A aplicação básica do Eye Tribe permite o rastreamento dos olhos, porém não fornece implementados todos os eventos necessários para interagir com os componentes gráficos na tela. Contudo, SDK do Eye Tribe permite que sejam feitas as implementações de vários eventos, como já foi descrito na seção 2.2. Dado que neste trabalho são utilizados interações com os olhos, logo, todos os eventos devem ser baseados em ações que sejam realizadas com eles, deste modo estes eventos são configurados para a ação mais simples para os olhos, o piscar, e mapeia-se os eventos de clique direito, clique esquerdo e duplo clique. Para este trabalho os eventos foram implementados da seguinte forma:

**Clique Esquerdo:** Este evento ocorre quando o usuário pisca apenas o olho esquerdo, mantendo o olho direito aberto.

**Clique Duplo:** Quando o usuário permanece com o olho esquerdo fechado e o olho direito aberto, mais de um clique esquerdo é realizado.

**Clique Direito:** Este evento ocorre quando o usuário pisca o olho direito enquanto mantém o olho esquerdo aberto.

### 3.1.3 Critérios Adotados Para Avaliação

O estudo de (FREITAS, 2016), que realiza análises sobre rastreamento de cabeça juntamente com comandos de voz, sugere que existem diferenças na interação com os componentes de acordo com sua posição na tela, diz que interações nos cantos das telas devem ser evitadas, porém não informa qual o tamanho da região deve ser considerada. Deste modo, foi definida, de forma arbitrária, uma divisão da tela para testar tal proposição. Ficou dividida em duas regiões: *bordas* e *centro*. A região das *bordas* foi calculada como correspondente à 25% em altura e largura do monitor utilizado, abrangendo os quatro cantos e as laterais (esquerda e direita, acima e abaixo). O *centro* corresponde ao restante da área do monitor, conforme mostra a Figura 13.

### 3.1.4 Descrição das Tarefas

O trabalho é composto por 2 cenários principais, sendo estes divididos em tarefas. O cenário 1 consiste em interações com o sistema operacional por meio do gerenciador de

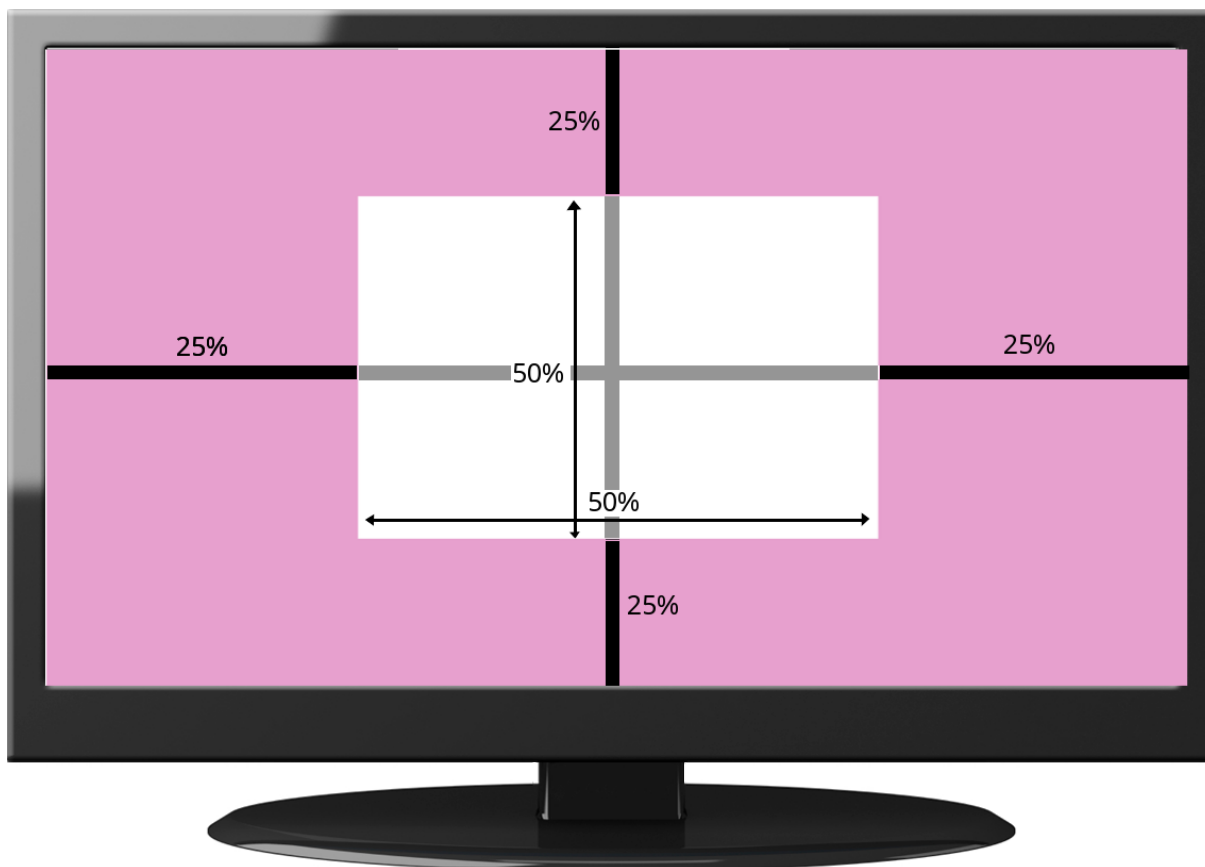


Figura 13 – Esquema de divisão da tela para classificação dos níveis de dificuldade de interação.

Fonte: Próprio autor.

arquivo, ele visa fornecer tarefas para avaliarmos as questões relacionadas ao desempenho do usuário durante a interação, levando em consideração as seguintes métricas: erro, tempo de cada tarefa e tempo total para conclusão do cenário. Estas métricas são aplicadas para fins de análise quantitativa e estão descritas na seção 3.2. O cenário 2 consiste em tarefas em um navegador web para interação com a internet, também relacionada a atividades básicas como realizar pesquisas de conteúdo. Também são utilizados os parâmetros da seção 3.2. Para análises qualitativas, os dados são baseados na opinião do usuário a respeito do que lhe foi proposto, e para isto é utilizado o protocolo Pensa Alto (NIELSEN, 1993). É utilizada também a aplicação onde foram implementados os eventos de interação com os olhos para contabilizar os erros de cada usuário em cada tarefa realizada em cada cenário. Estes dois cenários, que são detalhados a seguir, foram montados, primeiramente, com atividades simples, além disso, é considerado o posicionamento dos componentes gráficos na tela, a fim de testar a proposição feita por (FREITAS, 2016). É considerado também o tamanho dos componentes gráficos com os quais as interações são feitas. O cenário 1 é uma compilação de 4 subtarefas que são comuns no dia a dia de um usuário ao se deparar com a interface gráfica de um sistema operacional. São elas:

**Abrir diretório “LABVIS”:** Este componente é do tamanho considerado como *grande* e se encontra no centro da tela. Esta tarefa visa descobrir se a interação nesta área é realmente mais fácil que nas laterais. As interações necessárias para realizá-la são apontar e clique duplo.

**Copiar e colar arquivo “teste.txt” no mesmo diretório:** Este componente possui dimensão similar ao componente de interação da tarefa 1, *grande*, porém se encontra na *lateral* da tela. Esta tarefa visa a análise de interação nesta região, considerando o tamanho do componente. As interações necessárias para realizá-la são: apontar o arquivo, clique direito, clique esquerdo, apontar o centro da tela, clique direito e clique esquerdo.

**Abrir o Teclado Virtual:** O Teclado Virtual é o *software* que nos permitirá realizar a entrada de informação no sistema utilizando caracteres. Ele exibe na tela uma imagem semelhante ao teclado físico. O Teclado Virtual que utilizamos é do padrão QWERTY, que é o utilizado no Brasil (ABNT, 2002). O componente gráfico para esta tarefa encontra-se na região inferior da tela, nos permitindo analisar se o usuário encontra dificuldade em interações nesta região. Esta tarefa também é necessária pois fornecer a ferramenta para a edição de um arquivo de texto bem como analisar as interações na *borda* inferior da tela. O componente para esta interação é de tamanho *pequeno*. Os eventos de interação são apontar e clicar.

**Editar o arquivo “teste.txt” inserindo a frase “123 qbl”:** Esta tarefa nos permite fazer a avaliação do tempo que o usuário leva para inserir texto, considerando o modo como as teclas estão dispostas no teclado virtual. Os eventos de interação utilizados aqui são apontar e clicar em cada componente gráfico referente às letras da frase a ser inserida. A frase foi determinada de forma arbitrária, onde o trecho “123” contém os componentes de interação muito próximos e o trecho “qbl” contém componentes mais afastados uns dos outros. Estes componentes possuem tamanho *médio*.

A tabela (1) mostra o esquema de ordem de execução das tarefas do cenário 1 e a quantidade e tipos de cliques necessários à realização de cada uma.

O cenário 2 é uma compilação de 4 ações básicas realizadas por um usuário no seu dia a dia ao entrar na internet por meio de um navegador. São elas:

**Realizar busca por “gato”:** Ação que necessita do apoio do teclado virtual para inserir o endereço de uma página na internet. Eventos de ação: apontar e clicar, para cada componente gráfico referente às letras pertencentes à palavra buscada. Os componentes nesta tarefa possuem tamanho *médio*.

Tabela 1 – Ordem de Execução das Tarefas do Cenário 1 e Número de Cliques Necessários à conclusão de cada uma.

Ordem de execução	Descrição	Cliques Esquerdo	Cliques Direito	Cliques Duplos
1 <sup>a</sup>	Abrir o diretório indicado	0	0	1
2 <sup>a</sup>	Copiar o arquivo indicado e colar no mesmo diretório	2	2	0
3 <sup>a</sup>	Abrir a ferramenta de auxílio para escrita (Teclado Virtual)	1	0	0
4 <sup>a</sup>	Edita o arquivo com a frase indicada	9	0	0

**Abrir um dos resultados da busca realizada:** Esta ação visa que o usuário experiente interações com componentes pequenos em altura, porém grandes em largura, também classificados como *médios*. Eventos de ação: apontar e clicar.

**Abrir um dos links existentes na página aberta:** Esta interação é bem similar à anterior, porém nesta o usuário precisa selecionar um componente que é uma palavra em meio a um texto. Interações desse tipo podem se mostrar difíceis de realizar, dado que os links dispostos assim costumam ser ainda menores que os links de resultados de buscas. Eventos de ação: apontar e clicar. Neste caso, os *links* ainda são considerados de tamanho *médio*.

**Abrir nova aba, alternar entre elas e fechar o navegador:** Esta tarefa é realizada na parte superior da tela com componentes *médios* (refere-se às abas) e *pequenos* (refere-se ao botão de fechar a janela do navegador). Nesta tarefa queremos testar o nível de dificuldade que pode existir com interações dentro da região da *borda*.

A tabela (2) mostra o esquema de ordem das tarefas no cenário 2, com a quantidade e tipo de cliques necessários para a realização de cada uma.

Tabela 2 – Ordem de Execução das Tarefas do Cenário 2 e Número de Cliques Necessários à conclusão de cada uma.

Ordem de execução	Descrição	Cliques Esquerdo	Cliques Direito	Cliques Duplos
1 <sup>a</sup>	Usuário realiza busca de conteúdo	5	0	0
2 <sup>a</sup>	Usuário abre um link	1	0	0
3 <sup>a</sup>	Usuário abre um link existente na página	1	0	0
4 <sup>a</sup>	Usuário abre nova aba, alterna entre elas e fecha o navegador	3	0	0

## 3.2 Métricas

Para analisar o desempenho do usuário foram adotados 3 parâmetros para análise quantitativa e o protocolo Pensa Alto, apoiado por gravações em áudio, vídeo e também da vídeo da tela de interação durante o teste, para análise qualitativa. Os dados quantitativos foram coletados durante a execução das tarefas dos cenários 1 e 2 e os dados qualitativos foram obtidos pela perspectiva do usuário, através de seus comentários ao longo do teste. A seguir, estão descritos os 3 parâmetros quantitativos utilizados e suas respectivas justificativas de uso, bem como o protocolo Pensa Alto (NIELSEN, 1993) para obtenção de dados qualitativos.

### 3.2.1 Parâmetros Quantitativos

**Erro:** São contados como interação de erro aquela onde o usuário realiza a ação do clique fora do componente gráfico requerido para realização da tarefa ou utiliza o evento errado para satisfazer a condição. Este parâmetro visa testar o controle e a precisão que o usuário consegue ter com a interação através do olhar.

**Tempo para tarefa:** É registrado o tempo que cada usuário leva para realizar as ações requeridas por cada tarefa. As tarefas do cenário 1, a qual se aplicam estes parâmetros, descritas na seção anterior, requerem apenas uma interação de apontar e uma de clicar, o que são consideradas ações básicas, de acordo com a (ISO, 2007), e medir o tempo que o usuário leva para realizá-las fornece informações relacionadas a dificuldade de interação.

**Tempo total de cada cenário:** São somados os tempos de cada tarefa realizada para obtenção do tempo total que o usuário levou para concluir os dois cenários. Partindo do pressuposto de que as tarefas são simples, pode-se inferir aqui que se os tempos forem demais elevados, então podem ser encontradas margens para sugestões de melhoria nos componentes relacionados com as tarefas.

### 3.2.2 Parâmetros Qualitativos

Para estas análises foi escolhido o protocolo Pensa Alto (em inglês *Think Aloud*). O emprego deste protocolo é muito comum em análises de usabilidade, e pode ser utilizado ainda que o número de participantes seja pequeno. Este protocolo consiste em apenas solicitar que o participante que está desenvolvendo uma tarefa fale o que pensa enquanto a está executando (GILL; NONNECKE, 2012). Existem duas formas mais comuns deste protocolo que são a concorrente e a retrospectiva. Na retrospectiva o participante comenta sobre a tarefa realizada ao término desta, contando apenas com a memória, o que dependendo do tempo levado, pode implicar na perda de algum detalhe ou informação valiosa. Já no caso

da concorrente, o participante vai comentando ao mesmo tempo que às executa (FREEMAN, 2011). A forma do protocolo utilizado neste trabalho é o Pensa Alto Concorrente. Para armazenar as contribuições do usuário para realização das análises foi necessário a gravação em vídeo do usuário durante a realização das tarefas, bem como a gravação em vídeo da tela do computador com a qual o usuário interagia e principalmente a gravação do áudio da voz do usuário em seus comentários sobre os cenários propostos e cada uma das tarefas realizadas.

### 3.3 Usuários

Ao todo 10 usuários participaram dos testes, todos estudantes da Universidade Federal do Pará e com alta frequência no uso de computadores. Desses participantes 2 usavam óculos, mas precisaram retirar para realização do teste.

### 3.4 Ambiente de Teste

Todo o desenvolvimento do trabalho foi feito utilizando um computador *desktop* HP EliteDesk com monitor EliteDisplay E231 de resolução 1920x1080, sistema operacional Windows 10 Home versão 1607, processador Intel(R) Core i5-4570, memória RAM 8GB e o dispositivo de rastreamento de olhos Eye Tribe, juntamente com seu SDK Eye Tribe UI versão 0.9.77.0.

## 4 Resultados

Neste capítulo encontram-se os resultados obtidos com os testes aplicados.

### 4.1 Análises Quantitativas

Considerando as métricas descritas na seção 3.2, em relação ao tempo, foram obtidos os valores conforme mostram as tabelas 3 para o Cenário 1 e 4 para o Cenário 2, sendo cada linha das tabelas correspondem ao tempo de cada um dos participantes em ordem de participação .

Tabela 3 – Tempo gasto pelo participante para concluir as tarefas do cenário 1

<b>Tarefa 1</b>	<b>Tarefa 2</b>	<b>Tarefa 3</b>	<b>Tarefa 4</b>
00:03	00:35	00:28	01:20
02:41	00:06	00:17	00:27
00:07	01:45	00:05	01:07
02:00	00:24	01:29	01:20
00:02	00:13	00:28	01:20
01:43	00:24	00:04	00:18
00:27	01:05	00:07	00:58
02:19	02:47	00:07	01:28
00:27	02:57	03:04	02:36
13:17	01:08	02:36	01:27

Tabela 4 – Tempo gasto pelo participante para concluir as tarefas do cenário 2

<b>Tarefa 1</b>	<b>Tarefa 2</b>	<b>Tarefa 3</b>	<b>Tarefa 4</b>
00:33	00:38	00:13	00:25
00:53	00:02	00:13	00:36
01:06	00:07	00:25	00:55
00:48	00:18	01:15	00:17
00:29	00:08	00:10	00:06
00:31	00:12	00:04	00:30
01:23	00:12	00:26	00:13
01:10	00:11	00:18	00:32
04:14	00:14	00:02	00:15
01:24	00:13	01:20	00:11

Nestas tabelas percebe-se que o tempo utilizado pelos participantes variou bastante, mas isto pode ser atribuído ao fato de que muitas vezes os participantes pararam para lubrificar os olhos fechando-os, outras vezes paravam para comentar algo que os desagradava. Outro motivo pelo qual a demora de alguns foi identificada foi devido ao fato de tentarem

se mover, achando que deslocar a cabeça, ou até mesmo o corpo, poderia lhes trazer melhores resultados. A diferença mais significativa vista na tabela 3 deve-se a um voluntário que inicialmente se mexia demais na tentativa obter o controle, porém, esse movimento exagerado implicou num enorme tempo gasto. Após o participante compreender isso, os teste se seguiram com melhor desempenho.

Os gráficos da Figuras 14 e 15 mostram o tempo médio que os participantes levaram para concluir as tarefas dos Cenários 1 e 2. .

**Média de tempo para conclusão das tarefas do Cenário 1**

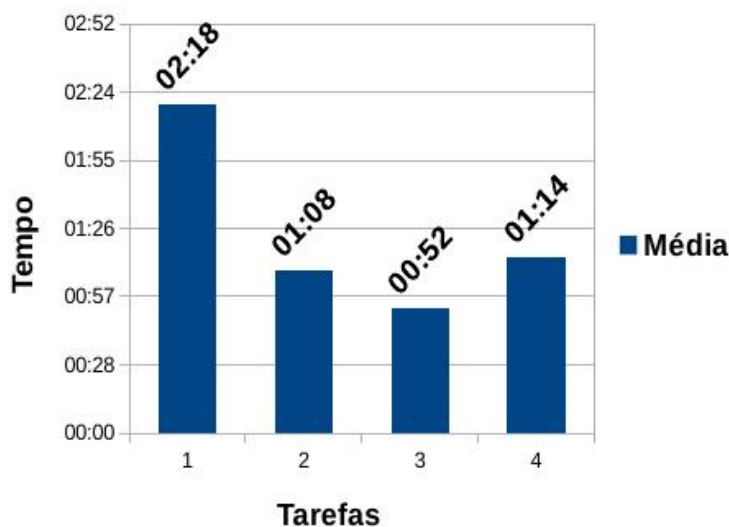


Figura 14 – Tempo médio para conclusão das tarefas do Cenário 1.

**Média de tempo para conclusão das tarefas do Cenário 2**

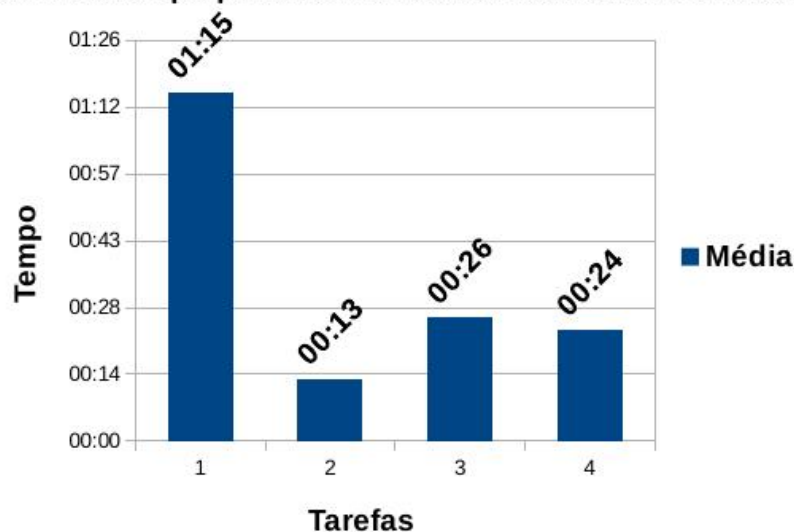


Figura 15 – Tempo médio para conclusão das tarefas do Cenário 2.

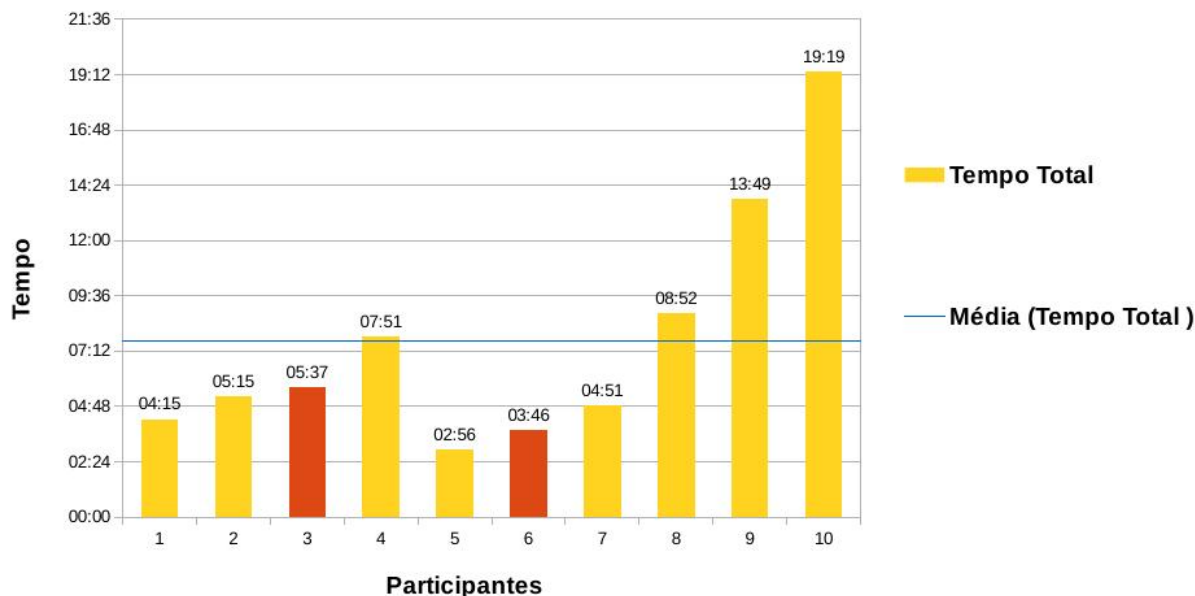


Figura 16 – Tempo total para conclusão dos dois Cenários.

O gráfico da Figura 16 mostra o tempo total para conclusão de todo o teste. No gráfico da Figura 16 também podemos observar uma informação importante que está relacionada ao uso de óculos de grau (nas barras de cor laranja). Dois dos dez participantes que realizaram os testes usavam óculos de grau, porém o uso destes os impossibilitou de realizarem calibrações satisfatórias e foi necessário que os óculos fosse retirados. Portanto, o teste foi realizado com 100% dos usuário sem óculos ou lentes de contato. É válido observar que os usuários que aceitaram retirar os óculos não tiveram seu desempenho comprometido, pois conseguiam encher a distância imposta pelo Eye Tribe. Ainda

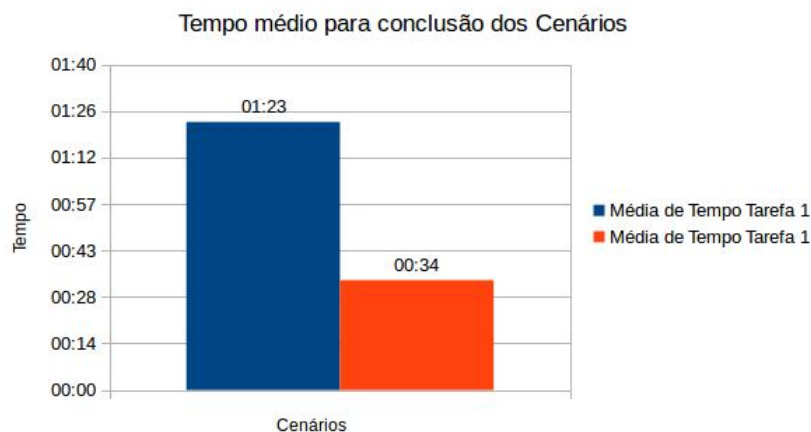


Figura 17 – Média de tempo por Cenário.

em relação ao tempo, no gráfico da Figura 17 pode-se perceber que o tempo médio para conclusão do Cenário 1 levou quase o triplo do tempo médio necessário aos participantes para terminar o Cenário 2. Considerando o *feedback* dos participantes e o desempenho

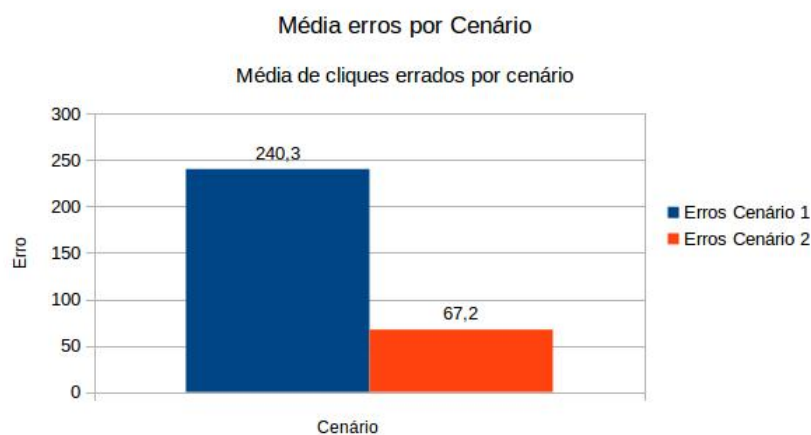


Figura 18 – Média de erros por cenário.

baseado no erro, como mostra o gráfico da Figura 18, pode-se concluir que os participantes acharam mais simples as tarefas do Cenário 2, no navegador *web*.

Em relação aos erros de interação, pode-se considerar alguns pontos importantes que levaram a grande quantidade deles: a habilidade do participante em piscar, algumas descalibrações devido ao participante se movimentar muito durante as tarefas e os olhos secarem ou arderem devido ao modo de interação que exige concentração e foco na tela. Os gráficos das Figuras 19 e 20 mostram a quantidade de cliques necessários para a

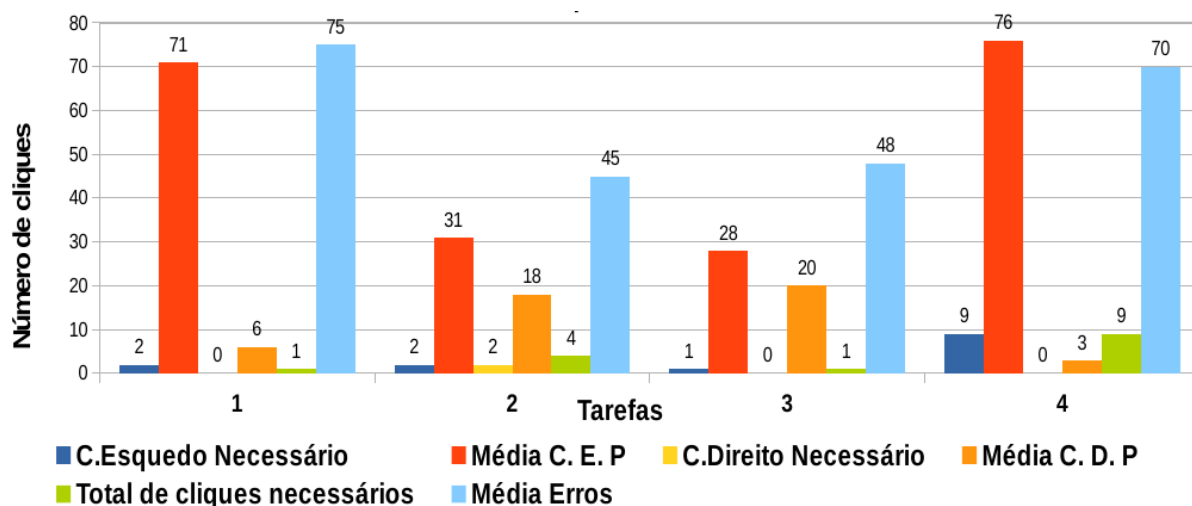


Figura 19 – Comparativo: Quantidade de cliques necessários VS média de cliques dos participantes e média de erros.

conclusão das tarefas, a média cliques direitos e esquerdos dados pelos participantes e a média de erros dos participante para conclusão do teste em cada cenário respectivamente.

As análises relacionadas à região onde são encontrados os componentes de interação de cada tarefa foi avaliado em função do tempo que o participante levou para concluir a

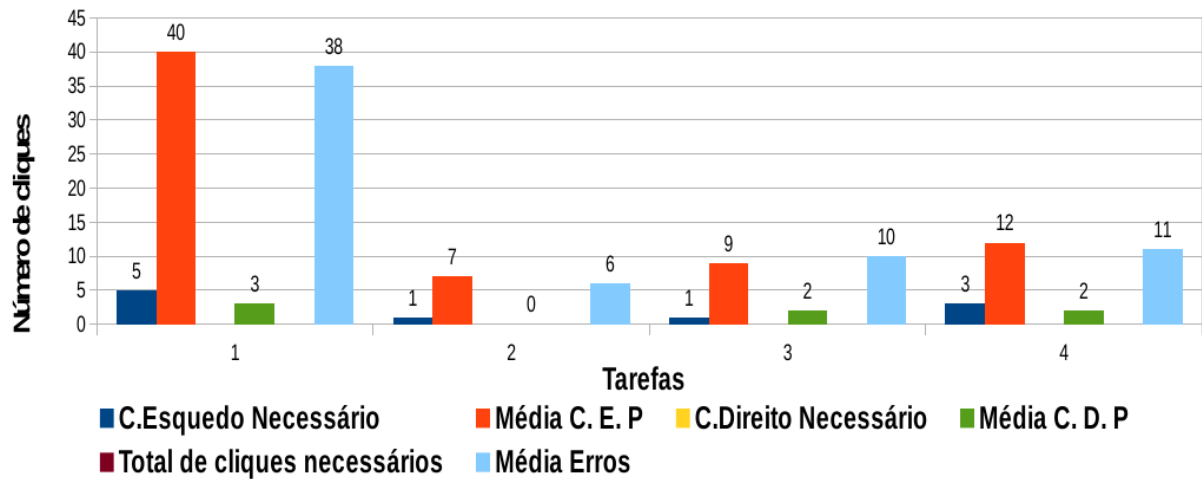


Figura 20 – Comparativo: Quantidade de cliques necessários VS média de cliques dos participantes e média de erros.

respectiva tarefa. Como pode-se observar na Figura 21, se desconsiderarmos a primeira

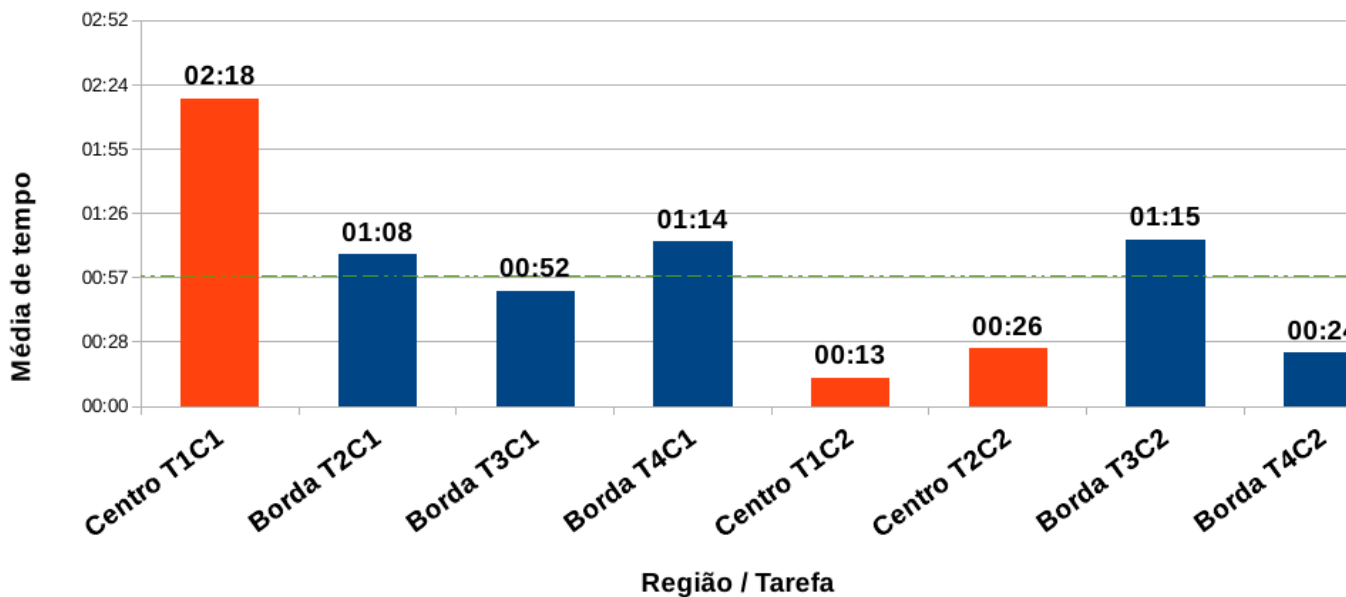


Figura 21 – Tempo médio de conclusão das tarefas VS localização do componente na tela.

tarefa do cenário 1 onde o usuário tem seu primeiro contato com o rastreador de olhos, podemos dizer que as tarefas realizadas no *centro* foram mais fáceis de concluir, uma vez que o tempo delas foi, em média, menor.

Na seção 4.2 é considerada a experiência de cada participante para melhores avaliações.

## 4.2 Análises Qualitativas

Esta análise contou prioritariamente com o protocolo Pensa Alto. Para todas as tarefas e cenários, foram coletadas as opiniões daqueles que utilizaram o rastreador de olhos diretamente. Os participantes que se voluntariaram ao teste se mostraram bastante empolgados com a ideia de utilizar uma interação não convencional como o rastreamento de olhos. Porém a utilização de um dispositivo assim não é tão simples, ela necessita de uma boa calibragem, de que o usuário não se mova tanto e que tente manter os olhos abertos o suficiente para que o rastreamento siga adequadamente. O Eye Tribe trabalha com a estimativa do olhar, ou seja, o cursor guiado pelo olhar do usuário nunca fica de fato parado ou fixado em um ponto, mas fica se movimentado em torno das regiões de interesse do usuário. Isto foi extremamente incômodo para alguns usuários, que perguntaram se não haveria outra forma de saber o objeto que se deseja selecionar sem que o cursor do mouse ficasse se movendo.

Ainda em relação ao cursor, os usuários sentiram dificuldades em relação aos eventos de clique, pois não tinham certeza se de fato haviam realizado a ação, então, foi sugerido por alguns participantes que houvesse alguma resposta visual ou auditiva para quando uma ação fosse executada, por exemplo um bipe ou um efeito em cima do local onde o clique fosse realizado.

Uma pergunta feita aos participantes antes que estes começassem os teste era a respeito de sua habilidade de piscar, dado que o mapeamento dos eventos de interação precisam ser realizados com os olhos, e nenhum dos participantes afirmou ter problemas em relação a isto, porém isto se mostrou um pouco mais trabalhoso do que os participantes esperavam. Conforme descrito na seção 3.1.2, os eventos são mapeados para esta configuração específica, mas os participantes tinham liberdade para solicitar que o mapeamento dos eventos fossem invertidos. Apenas um dos participantes solicitou que o mapeamento fosse invertido, ficando o olho esquerdo responsável pelo controle dos cliques direito e o olho direito responsável pelos cliques esquerdo, mas esse remapeamento não ajudou como fora esperado.

Outro problema detectado foi em relação a fisionomia dos participantes: alguns possuem, normalmente, as pálpebras mais fechadas (como os olhos de asiáticos e indígenas), e isso atrapalhou diversas vezes alguns dos que tinham essa característica, pois o dispositivo captura de forma errônea o piscar.

A interação com os olhos não é uma atividade com a qual o usuário não se depara todos os dias, deste modo é compreensível e foi esperado que os participantes reclamassem de desconforto nos olhos, de lagrimarem muito e sentirem vontade de fechar os olhos com muita frequência.

A priori, os participantes ficaram tensos e se posicionavam rígidos em frente ao

dispositivo, porém, prosseguindo com as tarefas, ganhavam confiança para relaxar e se mover.

Enquanto os participantes iam se adaptando ao rastreador, movimentos exagerados acabavam sendo feitos por conta do esforço que o participante fazia para levar o cursor a apontar o alvo. Entenda-se aqui por movimentos exagerados o ato de sair do espaço de rastreamento do Eye Tribe.

Em relação às tarefas e a diferença de ambiente, o gerenciador de arquivos e o navegador *web*, os participantes de modo geral expressaram que é mais fácil interagir com o navegador. Porém, vale ressaltar que as tarefas no navegador exigiam menos interações de clique do que o Cenário 1. As tabelas 5 e 6 mostram algumas das falas dos participantes extraídas dos áudios utilizando o protocolo Pensa Alto Concorrente nos dois cenários.

Tabela 5 – Frases coletadas com o protocolo Pensa Alto Concorrente para as tarefas do Cenário 1

Tarefa 1	Tarefa 2	Tarefa 3	Tarefa 4
"Eu tô clicando!"	"Não consigo!"	"Foi Fácil"	"Já?"
"Estou olhando pra ele mas não consigo levar o cursor pra lá"	"É muito difícil"	"Mais "tranquila"	"Já foi a letra?"
"É muito difícil deixar ele parado"(o cursor)	"Eu não tô piscando tudo isso"		"Tem que ficar olhando toda hora pra ver se clicou certo"

Tabela 6 – Frases coletadas com o protocolo Pensa Alto Concorrente para as tarefas do Cenário 2

Tarefa	Tarefa 2	Tarefa 3	Tarefa 4
"Agora está mais fácil"	"Esse é bem fácil"	"Posso escolher qualquer um?"	"É ruim alcançar o canto "
"Já sei como escrever"	"Não tive problema"	"Não é tão simples"	"As tarefas aqui são mais fáceis"
"Já me acostumei, dá pra escrever mais rápido"	"Só isso?"	"Esse cenário é mais fácil"	"Deu pra fazer rápido porque já tô entendendo como ele funciona"

No Cenário 1 os participantes sentiram muita dificuldade. Na tarefa 1, possivelmente por que era a primeira de todo o teste aplicado, os participantes sentiram muita dificuldade em realizar o clique duplo, alguns optaram por realizar a tarefa que solicita a abertura de um diretório, utilizando um clique direito e um esquerdo, que tem o mesmo efeito na conclusão da tarefa. Isto foi permitido. Uma solução que poderia resolver este problema seria realizar um novo mapeamento para o evento de duplo clique. Na tarefa 2 os participantes sentiram dificuldade na interação com o menu utilizado para selecionar as opções do copiar e colar. Em relação ao tamanho dos componentes com os quais o participante interage e baseando-se na análise dos resultados das tarefas subsequentes, pode-se entender que nesta etapa o participante ainda estava se habituando ao modo de interação, pois no Cenário 2 o

desempenho das interações com este tamanho de componente melhorou bastante. Pode-se também atribuir a dificuldade à necessidade de interagir obrigatoriamente com os cliques em uma ordem certa. Deste modo, uma possível solução seria mapear as interações para que cada evento seja independente, por exemplo, para que ao copiar um arquivo, não seja necessário clicar com o botão direito e em seguida com o esquerdo, mas utilizar o clique esquerdo para selecionar o arquivo e selecionar com o clique esquerdo em um menu auxiliar a função de copiar. Na tarefa 3, a interação acontece com um componente *pequeno* na região da *borda* inferior. Apenas dois participantes sentiram dificuldade de alcançar o alvo. Durante o teste foi possível identificar que alguns participantes se moviam mais do que deveriam, e isso acabou ocasionando esta e algumas outras dificuldades que aparecem mais à frente no trabalho. A solução para este problema é orientar constantemente o participante de que ele não deve sair do raio de captação do dispositivo e fornecer para ele, constantemente, o *feedback* visual Figura 9, até que este se habitue ao seu uso. Na tarefa 4, na qual o participante deve inserir uma frase que lhe é instruída, a maior dificuldade foi a ausência de *feedback* visual ou sonoro, pois quando o participante selecionava uma tecla no teclado virtual, precisava olhar para o texto para saber se a ação, de fato, havia sido realizada. Uma questão que se deixava analisar era em relação a disposição dos componentes de interação no teclado virtual, mas nenhum participante julgou mais difícil ou mais fácil o fato de as teclas estarem dispostas próximas umas das outras, como é o caso do trecho "123", e o mesmo vale para o trecho "qbl" que apresenta os componentes afastados

No Cenário 2 o desempenho do usuário melhorou bastante. Possivelmente isto se deve ao tipo de ação de interação que neste ambiente é apenas do tipo clique esquerdo. Outra possível resposta para essa melhoria do desempenho pode ser atribuída ao fato de o participante já ter entendido o funcionamento do dispositivo. Durante a realização das tarefas, alguns participantes diziam já ter entendido o funcionamento do dispositivo e cada um encontrava a melhor maneira para concluir as atividades. Uns entendiam que deviam olhar um pouco acima do alvo desejado, outros olhavam mais ao lado, em fim, cada um escolhia seu modo particular de completar o teste. Na tarefa 1 do Cenário 2, o participante também precisa inserir um texto, a palavra "gato", porém o desempenho e a velocidade com a qual os participantes o fizeram melhorou significativamente. Nas tarefas 2 e 3 simplesmente não houve dificuldade alguma. Não houve reclamações. Por último, na tarefa 4 do Cenário 2, por mais que os valores de tempo tenham bons resultados, quando comparados às outras tarefas, houveram queixas quanto às interações no canto superior direito, interação que ocorre quando é necessário fechar o navegador. O problema aqui pode ser relacionado à descalibração devido ao usuário já ter se movido bastante até o final do teste.

O gráfico da Figura 22 mostra um agrupamento por idéias similares dos pontos mais comentados pelos participantes durante a realização dos testes.

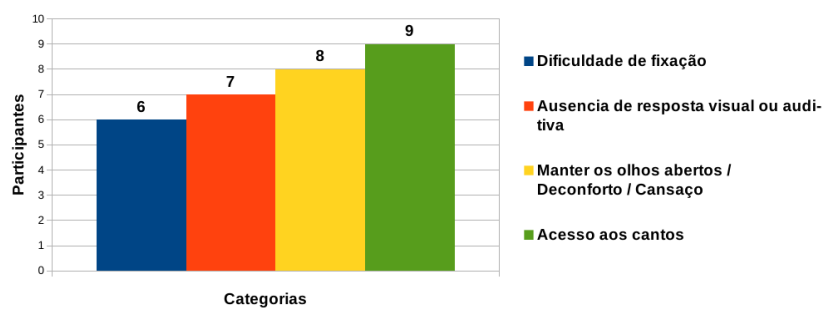


Figura 22 – Categorização por agrupamento de idéias

Os resultados apresentados tem por objetivo oferecer uma visão geral dos diferentes ângulos que podemos olhar para a problemática do uso de rastreadores de olhos em ambientes não controlados. A seguir, as conclusões deste trabalho com base nos resultados apresentados.

## 5 Conclusão

Os rastreadores de olhos estão cada vez mais populares, principalmente no que se refere a imersividade em jogos e estudos comportamentais, porém na área de assistividade eles ainda apresentam uma carência, pois para tanto, os dispositivos precisam de uma precisão maior e as empresas que investem nesta tecnologia cobram um preço elevado pelos dispositivos, o que desfavorece a população com baixa condição financeira. A partir das contribuições dos participantes deste trabalho, pode-se verificar que o modo de interação com os olhos se mostrou desconfortável e desafiador, devido a dificuldade de fixação do cursor na tela da interface de interação. Nenhum dos participantes chegou a desistir de completar as tarefas, e ainda que todos tenham se apresentado empolgados com a ideia de utilizar um dispositivo incomum para eles, houveram os que se apresentaram mais irritados no decorrer das atividades. Em relação as tarefas básicas do dia a dia, para os participantes, o rastreamento de olhos se apresentou como mais uma forma de interação, mas para pessoas que realmente não tem como escolher, devido à limitações físicas, os rastreadores de olhos podem representar uma libertação. O uso de rastreadores de olhos em ambientes computacionais comuns, como um sistema operacional de propósito geral<sup>1</sup>, ainda não foram explorados a fundo e tentar entender como funcionam as interação nestes ambientes e analisar os pontos fortes e fracos fornecem meios para que questões sejam levantadas e proposições sejam feitas para melhorar o desenvolvimento de *softwares*, interfaces e até mesmo distribuições de sistemas operacionais livres adaptados para as pessoas que necessitam de ferramentas diferenciadas para auxiliar na comunicação por meios computacionais. Este trabalho forneceu bases para análises que mostram que um dispositivo comum ainda não é capaz de atender de forma satisfatória as atividades básicas de um usuário, porém, com esforço é possível se fazer uma configuração suficiente para dar início ao uso destes aparelhos. O Eye Tribe é um excelente aparelho para ser estudado e utilizado para aprofundamento no conhecimento dos mecanismos de funcionamento dos rastreadores de olhos e era um dos dispositivos com o valor monetário mais acessível, porém agora que a empresa vendeu a marca e ainda não foi divulgado o que será feito, nos resta buscar mais conhecimento na área para trazer soluções livres que possam ser disponibilizadas ao mundo em forma de ciência e em benefício da sociedade.

---

<sup>1</sup> Considera-se aqui sistemas operacionais de propósitos gerais como sistemas sem recurso especial para auxiliar a assistividade.

## 5.1 Trabalhos Futuros

As análises aqui realizadas buscaram caracterizar o ambiente de um sistema operacional de propósito geral para entender as dificuldades encontradas ao realizar as interações convencionais em um computador utilizando o não convencional rastreamento de olhos, porém, mais avaliações devem ser feitas considerando o ambiente descrito para que parâmetros, como o tamanho dos componentes, sejam mais precisamente analisados.

A disposição dos componentes na tela foi testada, porém os testes realizados não foram conclusivos, assim, faz-se necessário a realização de pesquisas mais profundas em busca de uma melhor classificação das regiões. Sugere-se aqui a elaboração de uma interface controlada para testar as diferentes posições dos componentes relacionando a tamanhos mais específicos.

Sugere-se também o desenvolvimento de um estudo com o Eye Tribe tomando a ISO 9241-400 (ISO, 2007)<sup>2</sup> como referência e meio para entender e classificar melhor este dispositivo.

---

<sup>2</sup> Este é um padrão desenvolvido para classificar dispositivos de entrada sem teclado

# Referências

ARPACI-DUSSEAU, R. H.; ARPACI-DUSSEAU, A. C. *Operating Systems: Three Easy Pieces*. 0.91. ed. [S.l.]: Arpaci-Dusseau Books, 2015. Citado na página 12.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10520: Informação e documentação — apresentação de citações em documentos*. Rio de Janeiro, 2002. 7 p. Citado na página 27.

BARDINI, T. *Bootstrapping: Douglas Engelbart, Coevolution, and the Origins of Personal Computing*. [S.l.]: Stanford University Press, 2000. Citado na página 11.

CHUAN, N. K.; SIVAJI, A. Combining eye gaze and hand tracking for pointer control in hci: Developing a more robust and accurate interaction system for pointer positioning and clicking. In: *2012 IEEE Colloquium on Humanities, Science and Engineering (CHUSER)*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 172–176. Citado 2 vezes nas páginas 7 e 16.

COPENHAGEN, U. of. *University of Copenhagen*. s.d. <<http://www.ku.dk/english/>>. Acesso em: 03 de março de 2017. Citado na página 17.

DUCHOWSKI, A. T. *Eye Tracking Methodology: theory and practice*. 2nd. ed. [S.l.]: Springer, 2007. Citado na página 15.

EYEGAZE. *What is Eye tracking?* s.d. <<http://www.eyegaze.com/what-is-eye-tracking/>>. Acesso em: 03 de março de 2017. Citado na página 15.

FREEMAN, B. Triggered think-aloud protocol: Using eye tracking to improve usability test moderation. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA: ACM, 2011. (CHI '11), p. 1171–1174. ISBN 978-1-4503-0228-9. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/1978942.1979117>>. Citado na página 30.

FREITAS, A. A. de. *Sugestões de Boas Práticas de Interação com Head-Tracker e Comandos de Voz*. Dissertação (Tese de Bacharelado) — Universidade Federal do Pará, Belém, Março 2016. Citado 3 vezes nas páginas 22, 25 e 26.

GILL, A. M.; NONNECKE, B. Think aloud: Effects and validity. In: *Proceedings of the 30th ACM International Conference on Design of Communication*. New York, NY, USA: ACM, 2012. (SIGDOC '12), p. 31–36. ISBN 978-1-4503-1497-8. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/2379057.2379065>>. Citado na página 29.

HANSEN, J. P. et al. *Command Without a Click: Dwell Time Typing by Mouse and Gaze Selections*. *Human-Computer Interaction – INTERACT03*. M. Rauterberg et al. 2003. Citado na página 22.

HEO, H. et al. A realistic game system using multi-modal user interfaces. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, v. 56, n. 3, p. 1364–1372, Aug 2010. ISSN 0098-3063. Citado 3 vezes nas páginas 7, 15 e 16.

- HEWETT et al. *ACM SIGCHI Curricula for Human-Computer Interaction*. 2009. ACM SIGCHI Curricula for Human-Computer Interaction. Disponível em: <[http://old.sigchi.org/cdg/cdg2.html#2\\_3\\_1](http://old.sigchi.org/cdg/cdg2.html#2_3_1)>. Acesso em: 01.03.2017. Citado 2 vezes nas páginas 11 e 12.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 9241-400:2007: Ergonomics of human — system interaction — part 400: Principles and requirements for physical input devices*. [S.l.], 2007. Citado 3 vezes nas páginas 23, 29 e 41.
- LIFFICK, B. W. Assistive technology in computer science. In: *Proceedings of the International Symposium on Information and Communication Technologies ISICT03*, [s.n.], 2003. Disponível em: <<http://cs.millersville.edu/~bliffick/isict/atcs.pdf>>. Acesso em: 01.03.2012. Citado na página 12.
- NIELSEN, J. *Usability Engineering*. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 1993. Citado 3 vezes nas páginas 24, 26 e 29.
- OCULUS. *Oculus*. s.d. <<https://www.oculus.com/>>. Acesso em: 03 de março de 2017. Citado na página 17.
- OOMS, K. et al. Accuracy and precision of fixation locations recorded with the low-cost eye tracker in different experimental setups. *JOURNAL OF EYE MOVEMENT RESEARCH*, v. 8, n. 1, p. 20, 2015. ISSN 1995-8692. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.16910/jemr.8.1.5>>. Citado na página 23.
- PARMAR, D. *HUMAN COMPUTER INTERACTION*. 2009. HUMAN COMPUTER INTERACTION. Disponível em: <<http://sit.iitkgp.ernet.in/research/aut04seminar1/5r.pdf>>. Acesso em: 01.03.2017. Citado na página 11.
- PERRY, T. S.; VOELCKER, J. Of mice and menus: Designing the user-friendly interface. *IEEE Spectr.*, IEEE Press, Piscataway, NJ, USA, v. 26, n. 9, p. 46–51, set. 1989. ISSN 0018-9235. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1109/6.90184>>. Citado na página 24.
- PRO, T. *What is an Eye Tracking*. 2017. What is an Eye Tracking. Disponível em: <<http://www.tobii.com/group/about/this-is-eye-tracking/>>. Acesso em: 01.03.2017. Citado na página 12.
- SHARMA, C.; DUBEY, S. K. Analysis of eye tracking techniques in usability and hci perspective. In: *2014 International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*. [S.l.: s.n.], 2014. p. 607–612. Citado na página 15.
- SMI. *SensoMotoric Instruments*. 2017. SMI. Disponível em: <<https://www.smivision.com/>>. Acesso em: 01.03.2017. Citado na página 23.
- STARTUPBOOTCAMP. *Startupbootcamp*. s.d. <<https://www.startupbootcamp.org/>>. Acesso em: 03 de março de 2017. Citado na página 17.
- SUTHERLAND, I. E. Sketchpad a man-machine graphical communication system. In: *PROCEEDINGS-SPRING JOINT COMPUTER CONFERENCE*. [S.l.: s.n.], 1963. Citado na página 11.
- TOBII. *Tobii*. 2017. Tobii. Disponível em: <<http://www.tobii.com/>>. Acesso em: 01.03.2017. Citado na página 16.

- TRIBE, E. *The Eye Tribe*. 2017. The Eye Tribe. Disponível em: <<https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/theeyetribe.com/theeyetribe.com/index.html>>. Acesso em: 01.03.2017. Citado 4 vezes nas páginas 12, 16, 17 e 21.
- WARE, C.; MIKAELIAN, H. H. An evaluation of an eye tracker as a device for computer input. In: *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*. [S.l.: s.n.], 1987. p. 183–188. Citado na página 22.
- YOO, D. H.; CHUNG, M. J. A novel non-intrusive eye gaze estimation using cross-ratio under large head motion. In: . [s.n.], 2004. ISSN 1936-6434. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s12052-009-0128-1>>. Citado na página 15.
- ZHANG, X.; MACKENZIE, I. S. Evaluating eye tracking with iso 9241 - part 9. In: *Proceedings of the 12th International Conference on Human-computer Interaction: Intelligent Multimodal Interaction Environments*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2007. (HCI'07), p. 779–788. ISBN 978-3-540-73108-5. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1769590.1769678>>. Citado na página 23.