

## ESTUDO EXPLORATÓRIO PARA UTILIZAÇÃO DA PUPILOMETRIA COMO INDICADOR CONFIÁVEL DE CARGA COGNITIVA

MARIANA UCKER<sup>1</sup>; HENRIQUE COUTO<sup>2</sup>; JOANA COUTO<sup>3</sup>;  
DENIS MARTINEZ<sup>4</sup>; MARCIO BENDER<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal Sul Rio-grandense – Campus Pelotas – mariana.ucker@gmail.com

<sup>2</sup>Instituto Federal Sul Rio-grandense – Campus Pelotas – henriquecouto.tda@gmail.com

<sup>3</sup>Instituto Federal Sul Rio-grandense – Campus Pelotas – joana.marinideoliveira@gmail.com

<sup>4</sup>Hospital de Clínicas - Fac. de Medicina Universidade Federal do Rio Grande do Sul-dm@ufrgs.br

<sup>5</sup>Instituto Federal Sul Rio-grandense – Campus Pelotas – marcio.machado@pelotas.ifsul.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

Os primeiros estudos relacionados aos movimentos oculares, como potenciais indicadores de carga cognitiva, se deram há mais de um século. Na época, os métodos utilizados no rastreamento do olhar eram invasivos, uma vez que envolviam contato direto com a córnea. Desde o final do século XIX, quando se iniciaram as pesquisas a respeito do assunto, até os dias atuais, houve um avanço significativo, possibilitando o uso de métodos não invasivos (BARRETO, 2012).

Atualmente se busca obter através dos movimentos oculares, informações sobre o nível de esforço mental e atenção. A atenção pode ser determinada através de algumas medidas, dentre as quais, a duração de fixação do olhar, a taxa de intermitência ou frequência do piscar de olhos e o tamanho da pupila. Dentre as medidas citadas, a presente pesquisa avaliará o diâmetro da pupila como índice de carga cognitiva (BARRETO, 2012).

Para efetuar essas medições, utiliza-se o dispositivo *Eye Tracker*, constituído basicamente por duas câmeras, uma delas capta a imagem do ambiente e a outra capta a imagem de um dos olhos. O seu princípio de funcionamento baseia-se na emissão de raios infravermelhos na direção dos olhos do usuário, que por sua vez refletem na retina e voltam ao dispositivo, permitindo medir a variação do diâmetro da pupila e os movimentos oculares sacádicos, fixações e regressões, além de calcular com precisão a direção do olhar.

Nosso grupo está envolvido no projeto Oracle, financiado com verbas do PPSUS e já recrutou mais de 300 idosos. Através de uma bateria de testes cognitivos aplicados por psicólogos, foram reconhecidos diversos sintomas que potencialmente poderiam ser identificados por pupilometria. Considerou-se, então, justificável desenvolver equipamento tipo *Eye tracker* para avaliação de idosos com e sem transtornos do sono no projeto Oracle.

A variação do diâmetro da pupila, porém, pode ser tanto consequência de esforço mental quanto de emoções e luminosidade do ambiente. Um dos maiores problemas encontrados na medição da taxa de variação do diâmetro da pupila por esforço mental é a variação da luminosidade, visto que a pupila regula o nível de luminosidade recebido pela retina.

A presente pesquisa tem como objetivos principais: 1) desenvolver formas de compensação da luminosidade para que os dispositivos possam ser utilizados em ambientes menos restritos quanto aos níveis de iluminação; 2) estudar a atenção de idosos com e sem transtornos do sono; 3) utilizar o dispositivo desenvolvido para o diagnóstico de doenças neurodegenerativas e psiquiátricas em idosos.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada até o presente momento pode ser descrita como uma pesquisa exploratória. Foi feito um levantamento bibliográfico, através do qual se pretende fazer uma investigação aprofundada do objeto de estudo, para que posteriormente possam ser feitas pesquisas experimentais. A busca de informações foi feita a partir de artigos científicos relacionados ao tema de estudo.

Pretende-se em um primeiro momento reproduzir um *Eye tracker* para que esse, posteriormente, possa viabilizar as medições da variação do diâmetro da pupila. No desenvolvimento do protótipo, está sendo utilizado como referência LI (2006), autor que desenvolveu o sistema "OpenEyes", baseado na tecnologia de montagem à cabeça do usuário (basicamente um "capacete" equipado com câmeras). Para a construção desse hardware serão utilizadas duas mini câmeras infravermelhas sem fio e dois adaptadores AV para USB. De acordo com LI (2006), duas diferentes técnicas de análise de imagem podem ser empregadas para o rastreamento e detecção da pupila, baseadas no tipo de imagem adquirida: o algoritmo de *Starbust* para aquisição de imagens infravermelho e o algoritmo para espectro visível. A técnica baseada na identificação de imagens infravermelho apresenta a vantagem de já servir como um filtro de realce na região da pupila, no entanto, para uso em locais de alta incidência luminosa (ambientes externos), a segunda metodologia de detecção e rastreamento da pupila, baseada na detecção de imagens no espectro luminoso, oferece maior robustez. Em um primeiro momento, o trabalho partirá da análise de imagens infravermelho, pois o algoritmo de detecção e medição da área e diâmetro da pupila é mais simples de ser executado, devido ao alto contraste dessas imagens. A sequência natural da tecnologia, será a implementação do segundo método mencionado, para que testes em ambiente sem controle de luminosidade possam ser realizados. As análises de imagem serão implementadas inicialmente em Matlab, com o intuito de futuramente migrar para um sistema embarcado, de maneira a incrementar a usabilidade do sistema. Os equipamentos estão sendo adquiridos através de verbas do projeto Oracle.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa encontra-se em estado inicial de desenvolvimento, porém os resultados obtidos até então, a partir do levantamento de dados feito, levam a crer que o projeto tem um grande potencial inovador.

Observou-se que até então, há poucas pesquisas relacionadas a medição da atenção de idosos, menor ainda é o número de estudos que relacionam a atenção com diagnóstico de possíveis doenças e não foram encontradas publicações que relacionem os dois itens anteriores com o uso do *Eye tracker* como ferramenta para medição da atenção.

Além disso, foi observado que o dispositivo de rastreamento do foco ocular, utilizado como medidor da taxa de variação do diâmetro da pupila, ainda tem seu uso muito limitado, devido a diversos fatores que influenciam os resultados. Percebeu-se que existem muitas pesquisas relacionadas ao tema, porém poucos são os resultados devido às dificuldades encontradas na tentativa de solução dos problemas. O maior dos impasses está ligado à variação da luminosidade.

Segundo PFLEGING; FEKETY; KUN (2016) as variações do diâmetro da pupila relacionadas às variações de luminosidade do ambiente, são significativamente maiores quando comparadas com as variações ocasionadas por um trabalho mental. Além disso, de acordo com ROCHA (2011) para uma

mesma intensidade de luz, a resposta da pupila varia conforme o espectro luminoso. É importante citar também que, o diâmetro da pupila é diferente para cada indivíduo, o que leva a diferentes curvas de dilatação e contração. Há ainda o fato de que pessoas com olhos claros possuem uma sensibilidade maior as variações na luminosidade.

Existem diversas fórmulas que tentam relacionar a variação do diâmetro da pupila com os níveis de iluminação, porém, de acordo com YELLOTT; WATSON (2012) nenhuma incorpora diversos efeitos combinados, como por exemplo, os efeitos causados pela variação da luminosidade e da idade dos participantes. Os mesmos autores criaram uma fórmula um pouco mais abrangente, a qual combina quatro efeitos diferentes. No entanto, esta fórmula unificada é válida apenas para casos em que o observador fixa o olhar em um ponto, de acordo com as instruções dadas em um experimento, por exemplo. Este estudo é um excelente ponto de partida para o desenvolvimento da pesquisa, pois possibilita que a tecnologia da pupilometria aproxime-se do nível de aplicabilidade.

#### 4. CONCLUSÕES

O estudo da variação do diâmetro da pupila é uma ferramenta na busca pelo entendimento das atividades cerebrais. Por esse motivo, é necessário que seja feito um aperfeiçoamento do dispositivo *Eye tracker* para que as medições da variação da pupila sejam mais precisas e, dessa forma possam ser feitos estudos mais abrangentes, com um nível maior de detalhamento. Até o presente momento, o que se tem são resultados que podem ser utilizados para uma pequena minoria da população e, via de regra, em ambientes com condições restritas de iluminação. É imprescindível a elaboração de técnicas que sejam capazes de resolver os problemas relacionados à abrangência tanto das características físicas do usuário, como por exemplo, cor dos olhos e idade, como das características do ambiente como o hospital onde são feitas as avaliações do projeto Oracle.

Uma vez que sejam encontradas soluções que minimizem os efeitos citados acima, será possível conduzir experimentos mais aprofundados quanto a atenção de idosos relacionada às variações do diâmetro da pupila.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRETO, A. M. Eye tracking como método de investigação aplicado às ciências da comunicação. **Revista Comunicado**, v.1, n.1, p. 168 - 186, 2012.

PFLEGING, B. et al. A Model Relating Pupil Diameter to Mental Workload and Lighting Conditions. In: **PROCEEDINGS OF THE 2016 CHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS**. ACM, 2016. p. 5776-5788.

ROCHA, L.F.F.F.DA. **Resposta da pupila humana submetida a variações de intensidade luminosa e cor**. 2011. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Engenharia Elétrica com Ênfase em Eletrônica ) – Universidade de São Paulo.

YELLOTT, J. I; WATSON, A. B. A unified formula for light-adapted pupil size. **Journal of vision**, 12, p.1-16, 2012.

PORTER, G.; TROSCIANKO, T.; GILCHRIST, I. Effort during visual search and counting: Insights from pupillometry. **THE QUARTELY JOURNAL OF EXPERIMENTAL PSYCHOLOGY**, Hove, 60, 2, p. 211 - 229, 2007.

PREHN, K.; HEEKEREN, H. R.; VAN DER MEER, E. Influence of affective significance on different levels of processing using pupil dilation in an analogical reasoning task. **INTERNATIONAL JOURNAL OF PSYCHOPHYSIOLOGY**, v. 79, n. 2, p. 236-243, 2011.

HESS, E. H.; POLT, J. M. Pupil size in relation to mental activity during simple problem-solving. **SCIENCE**, v. 143, n. 3611, p. 1190-1192, 1964.

KAHNEMAN, D.; BEATTY, J. Pupil diameter and load on memory. **SCIENCE**, v. 154, n. 3756, p. 1583-1585, 1966.

ALLEN, P. A.; WEBER, T. A.; MADDEN, D. J. Adult age differences in attention: filtering or selection?. **JOURNAL OF GERONTOLOGY**, v. 49, n. 5, p. p213-p222, 1994.

LI, D. **Low-cost eye-tracking for human computer interaction**. 2006. Dissertação (A thesis submitted to the graduate faculty in partial fulfillment of the requirements for the degree of MASTER OF SCIENCE) Master of Science, Iowa State University.

Iowa State University. **Constructing a Low-Cost Mobile Eye Tracker**. OpenEyes. Acessado em 23 jul. 2016. Online. Disponível em: <http://thirtysixthspan.com/openEyes/hardware.html>