PuPILA - Pupilômetro Portátil para Investigação de Lapsos Autonômicos Parte I - Estrutura Mecânica[1].

Rodrigo Luiz da Costa[2] ; Fábio Cabral Pacheco[3]; Jony Laureano Silveira[4]; Leandro Schwarz[5]

Resumo Expandido

[1] Trabalho executado com recursos do Edital 12/2013, da PROPPI-IFSC e do projeto FA-14/2009 da Fundação Araucária.
[2] Estudante do Curso Técnico Integrado de Eletrônica do DAELN, *campus* Florianópolis, IFSC, <rodrigoluizdacosta@outlook.com.br>.
[3] TAE do DAELN, *campus* Florianópolis, IFSC, <fabio.pacheco@ifsc.edu.br>.
[4] Professor do DAELN, *campus* Florianópolis, IFSC, <jony@ifsc.edu.br>.
[5] Professor do DAELN, *campus* Florianópolis, IFSC, <schwarz@ifsc.edu.br>.

RESUMO: O presente trabalho tem como objetivo relatar o desenvolvimento de um pupilômetro binocular funcional, controlado por *hardware*, permitindo que o pesquisador especifique o número de pulsos de estímulo visual, a sua duração, coloração, intensidade e o intervalo de tempo entre pulsos. Devido a divisão do projeto em três grandes blocos: estrutura mecânica, sistema de controle e processamento de imagem, neste artigo, será dado enfoque ao desenvolvimento da estrutura mecânica do equipamento, desde as modificações feitas na câmera filmadora e no gabinete, até as placas de circuito impresso projetadas para o sistema de estímulo visual. Ao final destas etapas, obteve-se um equipamento com as características necessárias para testes de pupilometria.

Palavra Chave: Pupilometria. Sistema Nervoso. Reflexo Pupilar.

INTRODUÇÃO

A pupilometria foi proposta na década de 1950 (LOWENSTEIN; LOEWENFELD, 1958) e é, atualmente, utilizada para avaliação de diversas síndromes e condições do Sistema Nervoso Autônomo (SNA).

A pupilometria é realizada através de um pupilômetro: equipamento utilizado para adquirir a imagem do olho do indivíduo, segmentá-lo, detectar a pupila e medir seu diâmetro.

Alguns tipos de pupilômetro também são capazes de produzir estímulos luminosos para provocar a contração pupilar. Diversos trabalhos têm sido realizados de modo a se determinar quais formatos de estímulos provocam reações pupilares mais propícias para o estudo de uma determinada síndrome ou condição relacionada ao SNA.

Diante deste cenário, surgiu a necessidade de desenvolvimento de um pupilômetro adaptado ao ambiente acadêmico, ou seja, que permitisse ao pesquisados determinar as características do estímulo desejado, permitindo assim, maior flexibilidade no desenvolvimento de pesquisas relacionadas à avaliação da resposta pupilar.

Portanto, o projeto aqui apresentado objetivou o desenvolvimento de um novo pupilômetro, totalmente controlável, que permita ao pesquisador especificar o número de pulsos, sua duração, intensidade e comprimento de onda.

O desenvolvimento do projeto foi realizado em três frentes de trabalho distintas: estrutura mecânica, sistema de controle e processamento de imagem. O projeto completo foi detalhado em artigo publicado na Revista Ilha Digital, vol. 5, n. 1, 2014.

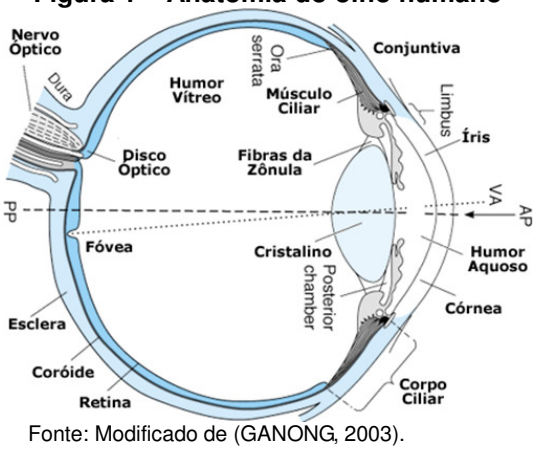
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Anatomia do olho humano

O olho é revestido externamente pela esclera e pela córnea (Figura 1). A esclera possui coloração branca opaca e reveste a parte posterior do olho, enquanto que a córnea reveste a parte anterior do olho e é transparente, possibilitando a passagem dos raios luminosos (GANONG, 2003). A córnea tem forma de uma calota esférica que fica em contato com o ar. Ela é mantida constantemente úmida pela secreção lagrimal, que é produzida pelas glândulas lacrimais e espalhada pelas pálpebras ao piscar (LENT, 2004). A esclera é revestida internamente pela coroide, cuja principal função é possibilitar a irrigação sanguínea através de diversas arteríolas e vênulas. Nos dois terços posteriores da coroide encontra-se a retina, o tecido que possui os receptores fotoelétricos e as conexões com o nervo óptico (GANONG, 2003).

 ISSN 2357-836X

Figura 1 – Anatomia do olho humano



Fonte: Modificado de (GANONG, 2003).

O cristalino é uma estrutura transparente biconvexa (LENT, 2004) que atua como lente do olho. À frente do cristalino, localiza-se um conjunto de fibras musculares circulares opacas e pigmentadas chamado íris (GANONG, 2003). A íris possui dois conjuntos de músculos com ações opostas, que permitem o ajuste de sua abertura (chamada pupila) através de controle neural (PURVES *et al.*, 2004). A pupila possui coloração escura, pois a luz que entra no olho é absorvida pelos pigmentos da retina (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2008).

Externamente à esclera, localizam-se três pares de músculos esqueléticos (LENT, 2004), chamados músculos extraoculares, cuja função é movimentar o globo ocular dentro da órbita ocular (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2008).

MATERIAIS E MÉTODOS

O pupilômetro desenvolvido consiste em três grande blocos: estrutura mecânica, sistema de controle e processamento de imagem. Neste artigo, será abordada a estrutura mecânica. Os outros blocos são abordados nos artigos partes II e III.

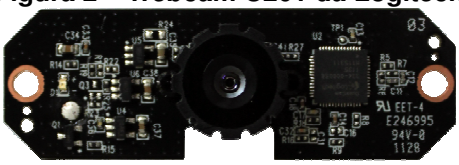
A estrutura mecânica foi subdividida em três blocos principais: câmera filmadora, câmara escura e fonte de iluminação de fundo e estimulação.

Câmera filmadora

Um dos fatores mais importantes é a escolha da câmera. Para se obter uma boa performance é necessário se utilizar uma câmera capaz de prover resolução e cadência suficientes. Outro parâmetro crucial é a sensibilidade da câmera ao infravermelho.

Uma característica importante para o projeto é o baixo custo, portanto, decidiu-se utilizar *webcams* ao invés de câmeras profissionais. Muitos modelos de diferentes fabricantes de *webcams* foram testados e os melhores resultados foram obtidos com a câmera C210 da Logitech (Figura 2).

Figura 2 – Webcam C201 da Logitech



Esta câmera provê resolução de 640x480 com cadência máxima de 30 fps e comunicação rápida através do protocolo USB 2.0.

Câmara escura

Para que ambas as pupilas atinjam um estágio máximo de dilatação é necessária a montagem de uma câmara escura com a ausência total de luz. Para isso, foi utilizado um gabinete PB-220/140 da Patola (Figura 3).

Figura 3 – Gabinete PB-220/140 da Patola

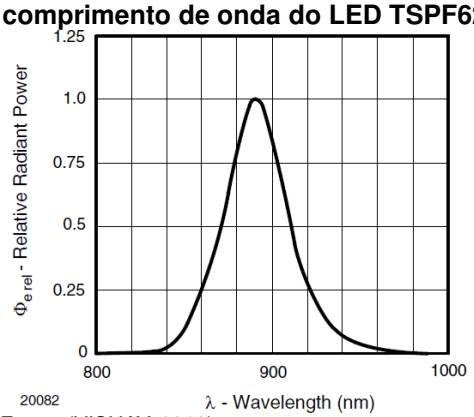
Fonte: Modificado de (PATOLA, 2014).

Sistema de iluminação de fundo e estimulação

Uma vez que fontes de luz visível excitam a retina e provocam alteração no diâmetro pupilar, a iluminação de fundo para a câmera filmadora deve ser feita através de luz infravermelha. Para isso, foram escolhidos os LEDs infravermelhos TSPF6200 da Vishay. Estes LEDs possuem ângulo de meia-intensidade de 22º, intensidade radiante típica de 55 mW/sr e comprimento de onda de pico em 890 nm. A Figura 4 apresenta o diagrama da potência radiante relativa em função do comprimento de onda emitido pelo LED TSPF6200.

ISSN 2357-836X

Figura 4 – Potência radiante relativa em função do comprimento de onda do LED TSPF6200

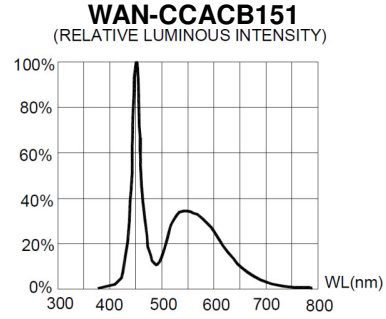


Fonte: (VISHAY, 2013).

Os LEDs coloridos para estimulação utilizados foram o modelo C503B-RCN-CW0Z0AA da Cree Inc. para a cor vermelha, o modelo C503B-GAS-CB0F0791 da Cree Inc. para a cor verde, o modelo OVLGY0C9B9 da Optek Inc. para a cor amarela e o modelo C503B-BAS-CY0C0462 da Cree Inc. para a cor azul, e os LEDs brancos frios utilizados foram os C503B-WAN-CCACB151.

O LED branco emite uma combinação de comprimentos de onda para compor a luz. O diagrama de intensidade luminosa relativa em função do comprimento de onda do LED C503B-WAN-CCACB151 é apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Intensidade luminosa relativa em função do comprimento de onda do LED C503B-WAN-CCACB151



Fonte: (CREE, 2009).

As principais características dos LEDs são apresentadas na Tabela 1, onde λ é o comprimento de onda dominante, 2θ é o ângulo de meia-intensidade e I_L é a intensidade luminosa do LED.

RESULTADOS

A câmera possui um filtro infravermelho posicionado junto à lente (Figura 6). Este filtro bloqueia a radiação infravermelha e foi removido para o funcionamento adequado do pupilômetro.

Tabela 1 - Características dos LEDs coloridos utilizados no pupilômetro

Cor	λ (nm)	2θ (°)	I_L (mcd)
Azul	465	15	32.900
Amarelo	589	8	14.000
Branco	-	15	18.000
Verde	527	15	53.650
Vermelho	624	30	12.000

Figura 6 – Detalhe da lente e do filtro infravermelho da webcam C210 da Logitech

O gabinete foi pintado internamente com tinta *spray* na cor preto fosco de modo a minimizar o efeito da reflexão de luz. No interior do gabinete, foram posicionadas duas câmeras e dois sistemas de iluminação e estimulação. Um anteparo, também pintado de preto, foi utilizado como separador no interior do gabinete para dividi-lo em duas câmaras completamente isoladas de qualquer fonte de luz cruzada, conforme apresentado na Figura 7.

Figura 7 – Câmara escura

Foram posicionadas duas câmeras e dois sistemas de iluminação e estimulação dentro do gabinete, de modo permitir a aquisição da imagem e a estimulação de cada olho individualmente.

Na parte frontal da câmara escura foi posicionada uma máscara de mergulho modelo Dua da Sea Sub. A máscara é internamente revestida

ISSN 2357-836X

por siliprene mole e permite que o rosto do usuário se acomode confortavelmente no pupilômetro.

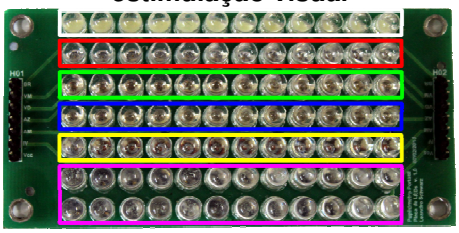
A proteção nasal da máscara foi removida para permitir a respiração normal do usuário. Os vidros frontais também foram removidos para evitar o embaçamento devido à respiração do usuário.

O pupilômetro desenvolvido pode ser visto na Figura 8.

Figura 8 – Câmara escura

Uma vez que as divisões da câmara escura são isoladas entre si, é necessário que um sistema de iluminação e estimulação seja posicionado em cada lado. Foi desenvolvida uma placa para esta função, apresentada na Figura 9.

Figura 9 – Placa de iluminação de fundo e estimulação visual



A iluminação de fundo de cada lado é realizada por duas colunas de LEDs infravermelhos, cada qual composta por duas associações em série de 6 LEDs, totalizando 12 LEDs por coluna. Para o arranjo, foram utilizados os LEDs O sistema de estimulação por luz visível é composto por 60 LEDs, arranjados espacialmente em 5 colunas, totalizando 12 por coluna. Cada coluna possui emissores de cores diferentes, e o número de associação em série depende da cor dos LEDs da coluna. As colunas de LEDs amarelos, azuis, verdes e brancos frios, possuem 4 associações de 3 LEDs em série, já a coluna de LEDs vermelhos é composta por 3 associações de 4 LEDs em série. Este arranjo foi estabelecido, pois a tensão direta do LED vermelho é menor que a dos outros LEDs. Desta forma, com o aumento no número de emissores por coluna, diminui-se o valor do resistor necessário para a limitação da corrente elétrica, reduzindo também, a perda no mesmo.

As colunas de LEDs também são acionadas individualmente e a sua intensidade é controlada através de um sinal PWM de 10 kHz.

CONCLUSÕES

O protótipo desenvolvido apresenta todas as características necessárias para a execução de testes de pupilometria.

Durante os testes, verificou-se que a cadência dos vídeos adquiridos giravam em torno de 25 fps, resultando em um quadro de imagem a cada 40ms. Com vistas a melhorar ainda mais o desempenho obtido, sugere-se a substituição das *webcams* por dispositivos com maior resolução e cadência, entretanto, tal substituição acarreta aumento substancial no custo do equipamento.

REFERÊNCIAS

BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. **Neurociências:** Desvendando o sistema nervoso. 3a. ed. Porto Alegre: Artemed Editora, 2008. ISBN ISBN-13: 978-85-363-1333-7.

CREE. Folha de dados do C503B-WAN-CCACB151. **Cree Inc.**, 2009. Disponivel em: <http://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/CREE%20Power/C503B-WAN_2009.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2014.

GANONG, W. F. **Review of Medical Physiology**. 21st. ed. [S.l.]: McGraw-Hill/Appleton & Lange, 2003. ISBN ISBN-13: 978-0071402361.

LENT, R. **Cem Bilhões de Neurônios – Conceitos Fundamentais**. São Paulo: Atheneu, 2004. ISBN ISBN-10: 857379383X.

LOWENSTEIN, O.; LOEWENFELD, I. E. Electronic pupillography – A new instrument and some clinical applications. **Archives of Ophtalmology**, v. 59, n. 3, p. 352–363, 1958. ISSN DOI:http://dx.doi.org/10.1001/archopht.1958.00940040058007.

PATOLA. Gabinete injetado sob alta pressão de injeção PB-220/140. **PATOLA Indústria de plásticos injetáveis.**, 2014. Disponivel em: <http://www.patola.com.br/>. Acesso em: 14 jun. 2014.

PURVES, D. et al. **Neuroscience**. 3rd. ed. [S.l.]: Sinauer Associates, 2004. ISBN ISBN: 0-87893-725-0.

VISHAY. Folha de dados do TSPF6200. **Vishay Semiconductors**, 5 jul. 2013. Disponivel em: <http://www.vishay.com/docs/82425/tspf6200.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2014.

ISSN 2357-836X