



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

**NÚCLEO DE TEORIA E PESQUISA DO COMPORTAMENTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROCIÊNCIAS E
COMPORTAMENTO**

RODRIGO CANTO MOREIRA

**INFLUÊNCIA DA LUMINÂNCIA DE FUNDO EM ESTÍMULOS
PSEUDOISOCROMÁTICOS SOBRE A DISCRIMINAÇÃO DE CORES**

BELÉM

2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO DE TEORIA E PESQUISA DO COMPORTAMENTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROCIÊNCIAS E
COMPORTAMENTO

RODRIGO CANTO MOREIRA

**Influência da luminância de fundo em estímulos pseudoisocromáticos sobre a
discriminação de cores**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Neurociências e Comportamento (Área de Concentração: Neurociências) da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção do grau de mestre em Neurociências e Comportamento.

Área de concentração: Neurociências.
Orientador: Prof. Dr. Givago da Silva Souza
Coorientador: Prof. Dr. Paulo Roney Kilpp
Goulart

BELÉM

2017

RODRIGO CANTO MOREIRA

**INFLUÊNCIA DA LUMINÂNCIA DE FUNDO EM ESTÍMULOS
PSEUDOISOCROMÁTICOS SOBRE A DISCRIMINAÇÃO DE CORES**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Neurociências e Comportamento da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção do grau de mestre em Neurociências e Comportamento.

Orientador: Prof. Dr. Givago da Silva Souza

Instituto de Ciências Biológicas, UFPA

Co-orientador: Prof. Dr. Paulo Roney Kilpp Goulart

Avaliadores:

Prof. Dr. Marcelo Fernandes da Costa

Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo - USP

Prof. Dr. Andrés Martín

Faculdade de Luminotecnia, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina

Prof. Dr. Euzébio de Oliveira

Faculdade de educação física, Universidade Federal do Pará - UFPA

BELÉM

2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
UFPA/Núcleo de Teoria e Pesquisa do Comportamento/Biblioteca

Moreira, Rodrigo Canto.

Influência da luminância de fundo em estímulos pseudoisocromáticos sobre a discriminação de cores / Rodrigo Moreira Canto. — 2017.

Orientador: Givago da Silva Souza
Coorientador: Paulo Roney Kilpp Goulart

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Núcleo de Teoria e Pesquisa do Comportamento, Programa de Pós-Graduação em Neurociência e Comportamento, Belém, 2017.

1. Estímulos pseudoisocromáticos. 2. Psicofísica visual. 3. Sensibilidade ao contraste (Visão). 4. Percepção de cores. I. Título.

CDD - 23. ed. 612.843

Dedico este trabalho à Maria Gorete, mãe guerreira.

AGRADECIMENTOS

A Deus por conduzir minha vida em direção à momentos de aprendizado e felicidade.

Aos Robertos, pai e irmão, que contribuíram diretamente para meu aperfeiçoamento educacional e profissional.

Ao Prof. Dr. Givago da Silva Souza e ao Prof. Dr. Paulo Roney Kilpp Goulart pela paciência, compreensão, aprendizado e valorosa amizade, além do privilégio de me aceitarem como parte de seus grupos de pesquisa.

Às professoras Almecília Dantas e Roberta Macedo pelos valores éticos agregados a minha vida estudantil.

Ao Prof. Dr. Euzébio de Oliveira pelo exemplo de profissionalismo e incentivo a carreira docente.

Aos amigos do Laboratório de Neurologia Tropical Patrícia, Yuri, Felipe, Terezinha e Bruna, pela troca de conhecimentos e momentos de descontração.

Aos amigos de laboratório Joyce, Leticia e Railson, incansáveis no auxílio à construção deste trabalho, bem como ao Diego Guimarães, que contribuiu para a construção da ferramenta metodológica.

Aos amigos do Programa de Pós-graduação em Neurociências e Comportamento por compartilharem comigo momentos inesquecíveis.

Aos voluntários que participaram deste projeto e contribuíram para o desenvolvimento da ciência.

As amigas Jacilaine e Cacilda por confiarem em meu profissionalismo e capacidade de aprendizado.

As amigas Juju, Kiki e Carli por sempre tornarem meus dias mais leves.

Lembre-mos de que o homem interior se renova sempre. A luta enriquece-o de experiência, a dor aprimora-lhe as emoções e o sacrifício tempera-lhe o caráter.

Chico Xavier

RESUMO

A percepção de cores é uma complexa atribuição do sistema sensorial humano e contribui para a sobrevivência na expressão de comportamentos alimentares, reprodutivos, sexuais, de vigilância e outros. Estímulos pseudoisocromáticos são largamente utilizados para a avaliação da visão de cores de humanos e outros primatas. Apesar do grande uso, não há normatizações para sua aplicação. Cada desenvolvedor destes testes tem usado configurações de estímulos variadas. O presente estudo objetiva avaliar os efeitos da luminância de fundo sobre a discriminação de cores em humanos utilizando estímulos pseudoisocromáticos. Foram testados 10 sujeitos tricromatas de ambos os sexos com idades entre 26 e 54 anos ($32,3 \pm 8,3$ anos de idade), acuidade visual normal ou corrigida e sem histórico de doenças progressivas que potencialmente tenham afetado o aparato visual e/ou sistema nervoso. Para avaliar a influência da luminância de fundo na discriminação de cor, foi utilizado um estímulo pseudoisocromático com ruído espacial de tamanho e de luminância (ruído de luminância entre 5 a 35 cd/m^2), com um fundo de iluminação de 0 cd/m^2 , $7,5 \text{ cd/m}^2$, 15 cd/m^2 , $22,5 \text{ cd/m}^2$ e 30 cd/m^2 . O alvo foi composto por um conjunto de círculos centrais que formavam uma letra C, os quais apresentavam diferentes cromaticidades em relação ao campo do mosaico em oito diferentes eixos cromáticos (0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° , 315°) em torno de uma coordenada do diagrama da CIE 1976 ($u' = 0,219$; $v' = 0,48$). Os limiares de discriminação de cor em cada eixo foram estimados usando um método de escolha forçada de 4 alternativas e uma escada (*staircase*) de 21 reversões, com regra de 2 acertos para 1 erro e o limiar era calculado como a média das 15 últimas reversões. Os resultados mostraram que a variação dos limiares de discriminação de cor em função da luminância do fundo foi dependente do ângulo que estava sendo estudado. Nos ângulos 0° , 45° , 180° e 225° , o tamanho dos vetores na percepção limiar foram maiores em 0 cd/m^2 e diminuíram acentuadamente em $7,5 \text{ cd/m}^2$, onde alcançaram seus menores valores e se mantiveram com valores baixos nas condições com maiores luminâncias de fundo. No ângulo 90° , o tamanho do vetor foi mínimo na condição de luminância de fundo de $7,5 \text{ cd/m}^2$ e aumentou para valores maiores e menores de luminância de fundo. Nos vetores de ângulo 135° , 270° e 315° a discriminação de cor não variou significativamente em função da mudança da luminância de fundo. A área da elipse de discriminação de cores variou em função da luminância do fundo do estímulo com valor mínimo em $7,5 \text{ cd/m}^2$. Os resultados mostram que a discriminação de cor é influenciada pela modificação do fundo de luminância do estímulo pseudoisocromático. Ativação de um mecanismo de oponência verde-vermelho e dois mecanismos de oponência azul-amarelo podem explicar as diferentes influências da variação do fundo do estímulo sobre a discriminação de cromaticidades nos diferentes eixos. Os resultados são importantes na compreensão da fisiologia da percepção de estímulos pseudoisocromáticos e na busca por uma padronização no uso desses estímulos na prática clínica com o intuito de facilitar a comparação de resultados entre diferentes estudos.

Palavras chave: Psicofísica visual, Luminância, Visão de cores, Sensibilidade ao contraste, Ruído de luminância.

ABSTRACT

Color perception is one of the most complex attributes of the human sensory system and contributes to survival in the expression of eating, reproductive, sexual, surveillance, and other behaviors. Pseudo-isochromatic stimuli are widely used for color vision assessment of humans and other primates. Despite the pervasive use, there are no norms for its application, each developer of these tests using varied stimulus configurations. The present study aims to evaluate the effects of background luminance on color discrimination in humans using pseudo-isochromatic stimuli. Ten trichromatic subjects of both sexes, aged 26 to 54 years (32.3 ± 8.3 years of age), normal visual acuity and no history of previous diseases that potentially affected the visual apparatus and / or nervous system were tested. To evaluate the influence of background luminance on color discrimination, a pseudo-isochromatic stimulus with spatial noise of size and luminance (luminance noise between 5 and 35 cd / m²) was used, with a background of 0 cd/m² illumination, 7.5 cd/m², 15 cd/m², 22.5 cd/m² and 30 cd/m². The target was composed of a set of central circles that formed a letter C, which presented different chromaticity in relation to the mosaic field in eight different chromatic axes (0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°) around a chromaticity point of the CIE 1976 diagram ($u' = 0.219$; $v' = 0.48$). The color discrimination thresholds on each axis were estimated using a 4-alternative forced choice method and a staircase of 21 reversals, with a 2-hit rule for 1 error, and the threshold was calculated as the average of the last 15 reversals. The variation of color discrimination thresholds as a function of background luminance was dependent on the angle being studied. At angles 0°, 45°, 180° and 225°, the size of vectors in threshold perception were higher at 0 cd/m² and decreased sharply by 7.5 cd/m², where they reached their lowest values and remained low in conditions with higher background luminances. At angle 90°, the vector size was minimal in background luminance condition of 7.5 cd/m² and increased to higher and lower background luminance values. On vectors of angle 135°, 270° and 315° the color discrimination did not change significantly as a function of change background luminance. The area of color discrimination ellipse varied as a function of luminance stimulus background with a minimum value of 7.5 cd/m². The results show that the color discrimination is influenced by modification of luminance background of pseudo-isochromatic stimulus. Activation of a red-green opposing mechanism and two blue-yellow opposing mechanisms may explain the different influences of background variation in stimulus on discrimination of chromaticity in different axes. The results are important in understanding the physiology of perception of pseudo-isochromatic stimuli and search for a standardization use of these stimuli in clinical practice to facilitate comparison of results between different studies.

Keywords: Visual psychophysics, Luminance, Color vision, Contrast sensitivity, Luminance noise.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Representação esquemática de um corte da retina	15
Figura 2	Cones e bastonetes	16
Figura 3	Comprimentos de onda de cones e bastonetes e seus	18
Figura 4	Espectro visual humano	20
Figura 5	Vias de processamento visual humano.	22
Figura 6	Oponência de cor e luminância no campo receptivo das células ganglionares.	28
Figura 7	Exemplo de placa pseudoisocromática	31
Figura 8	Estimulo visual do CCT, teste HRR e teste de Ishihara	33
Figura 9	Escala optométrica de Snellen.	38
Figura 10	Placa nº 13 do teste de Ishihara.	40
Figura 11	Variação de cromaticidade do alvo nos estímulos pseudoisocromáticos	43
Figura 12	Vetores utilizados pelo teste no espaço de cor da CIE	44
Figura 13	Gerador de estímulos ViSaGe e Monitor de alta resolução.	45
Figura 14	Controle CT6 Push Button Response Box.	46
Figura 15	Variação da luminância de fundo do CCT	47
Figura 16	Luminâncias utilizadas no fundo do CCT e eixos cromáticos	48
Figura 17	Comparações estatísticas entre os parâmetros de discriminação de vetores cromáticos para níveis de ruído de luminância de fundo	53
Figura 18	Elipses geradas nos eixos de cromaticidade da CIE 1976 para cada condição de luminância de fundo.	54
Figura 19	Áreas medidas das elipses estimadas a partir dos ângulos cromáticos	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Angulação da função linear ajustada aos valores de tamanho do vetor em função de diferentes faixas de luminância do fundo do estímulo	52
-----------------	---	----

LISTA DE ABREVIATURAS

SNC	Sistema Nervoso Central
CCG	Camada de Células Ganglionares
CNI	Camada Nuclear Interna
CNE	Camada Nuclear Externa
CPI	Camada Plexiforme Interna
CPE	Camada Plexiforme Externa
NGL	Núcleo Geniculado Lateral
CCT	<i>Cambridge Colour Test</i>
CIE	<i>ComissionInternationale de l'Éclairage</i>
cd/m ²	Candelas por metro quadrado
TCLE	Termo de consentimento livre e esclarecido

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
1.1.	FUNÇÃO VISUAL E O COMPORTAMENTO HUMANO	13
1.2.	VISÃO DE CORES	14
1.3.	VIAS ON/OFF E A PERCEPÇÃO DE CONTRASTE	21
1.4.	PERCEPÇÃO DE CONTRASTE DE COR E LUMINÂNCIA	25
15.	PLACAS PSEUDOISOCROMÁTICAS	29
2.	OBJETIVOS	35
2.1.	OBJETIVO GERAL	35
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	35
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	36
3.1.	TIPO DE ESTUDO	36
3.2.	ASPECTOS ÉTICOS	36
3.3.	PARTICIPANTES	36
3.4.	TESTES PSICOFÍSICOS	36
3.4.1	Escala optométrica de Snellen	36
3.4.2	Teste de figuras pseudoisocromáticas de Ishihara	38
3.4.3	Teste de discriminação de cores	41
3.4.5	Análise de dados	49
4	RESULTADOS	51
4.1.	Limiar de discriminação cromática em função da luminância de fundo	51
5.	DISCUSSÃO	56
6	CONCLUSÃO	61
7	REFERÊNCIAS	62
	APÊNDICES E ANEXOS	

1. INTRODUÇÃO

1.1. FUNÇÃO VISUAL E O COMPORTAMENTO HUMANO

Junto aos outros órgãos do sentido, o sistema visual foi aperfeiçoado ao longo da evolução na capacidade de perceber, interpretar e reagir aos estímulos externos (Dominy, Svenning, Li, 2003; Jacobs & Rowe, 2004). Ele participa efetivamente do comportamento humano através de mecanismos biológicos complexos que sofreram pressão evolutiva (Zhao *et al.*, 2009). Apesar do olho ser o órgão considerado como a “porta de entrada” de grande parte das informações ambientais ao corpo, o cérebro é que organiza informações e desencadeia as sensações experimentadas pelo ser humano, armazenando novas experiências a cada momento e proporcionando a interação do homem com o meio em que vive (Farina, 1994).

A detecção de perigos iminentes e a capacidade do homem em orientar-se espacialmente depende quase que exclusivamente de sua visão. Sendo assim, a visão possui suma importância para a sobrevivência, na expressão de comportamentos alimentares, reprodutivos, sexuais, de vigilância e outros (Barthem, 2005; Smith *et al.*, 2004; Lucas *et al.*, 1998; Dominy & Lucas, 2001).

Existem duas características do sistema visual humano que beneficiam a expressão de comportamentos em resposta ao estímulo ambiental e que merecem destaque pela sua importância: a percepção de cores e de brilho. A primeira, desempenha funções específicas que contribuem para a compreensão de relações taxonômicas e de usabilidade como hierarquizar informações, chamar atenção, memorizar, direcionar a leitura, simbolizar, dentre outros (Dondis & Camargo, 1997; Guimarães, 2011) e a segunda permite a diferenciação de planos, destaque de conteúdos e dimensões, inclusive para pessoas com baixa visão (Kulpa, Teixeira & da Silva, 2010).

1.2. VISÃO DE CORES

A retina humana está dividida em camadas que contêm células que participam do processamento visual de forma distinta, mas, ao mesmo tempo, integrada. A camada mais interna, conhecida como camada de células ganglionares (CCG) é o caminho final da informação da retina e é constituída exclusivamente de neurônios ganglionares que formam o nervo ótico em seus prolongamentos axonais (Dowling, 1987). A camada intermediária, denominada camada nuclear interna (CNI), contém células amácrinas, células horizontais e células bipolares, que participam diretamente do processamento da informação recebida pelos fotorreceptores. Estes fotorreceptores constituem a camada nuclear externa (CNE) da retina, que realiza a transdução (Kolb, 2003; Masland, 2001) (Figura 1).

Entre as camadas da retina que contém os fotorreceptores, gânglios e outras células neuronais, encontram-se as camadas plexiformes, que são divididas em: camada plexiforme externa (CPE), situada entre os fotorreceptores da CNE e neurônios da CNI e a camada plexiforme interna (CPI), situada entre os neurônios da CNI e da CCG (Masland, 2001). Estas conexões permitem que os neurônios (fotorreceptores, células bipolares, horizontais, amácrinas e ganglionares) desempenhem funções sensoriais e definam a discriminação de cor, resolução espacial e sensibilidade ao contraste (**Figura 1**) (Souza, 2013, Kolb, 2003).

As células receptoras de estímulos luminosos são divididas basicamente em bastonetes (células caracterizadas pela capacidade de captação de estímulos em ambientes de baixa luminosidade), encontrados em toda a retina menos na região central do fundo do olho, que corresponde a fóvea; e cones (capazes de captar de forma mais

apropriada estímulos em ambientes luminosos - visão fotópica), que estão mais expostos a luz no centro da retina, mais precisamente na fóvea (**Figura 2**) (Dowling, 1987).

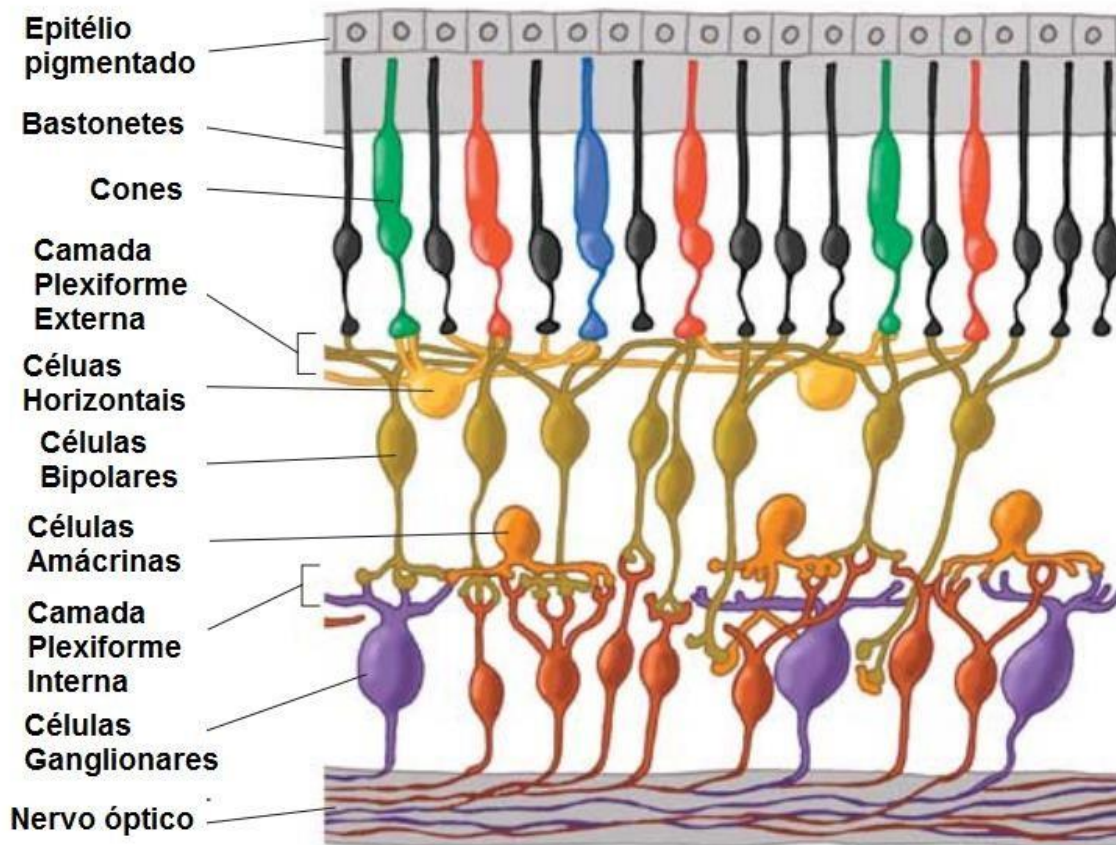


Figura 1. Representação esquemática de um corte da retina. A estimulação visual entra no epitélio pigmentar da retina e será convertida em mensagens elétricas (fototransdução) pelos fotorreceptores (cones e bastonetes). Posteriormente, a informação elétrica passa a ser transportada pelas células bipolares até as células ganglionares, modulada pela ação de células horizontais e células amácrinas. As células ganglionares concluem o percurso da informação através de seus axônios, que formam o nervo óptico e se comunicam com os centros visuais do cérebro. Modificada de Kolb, 2003.

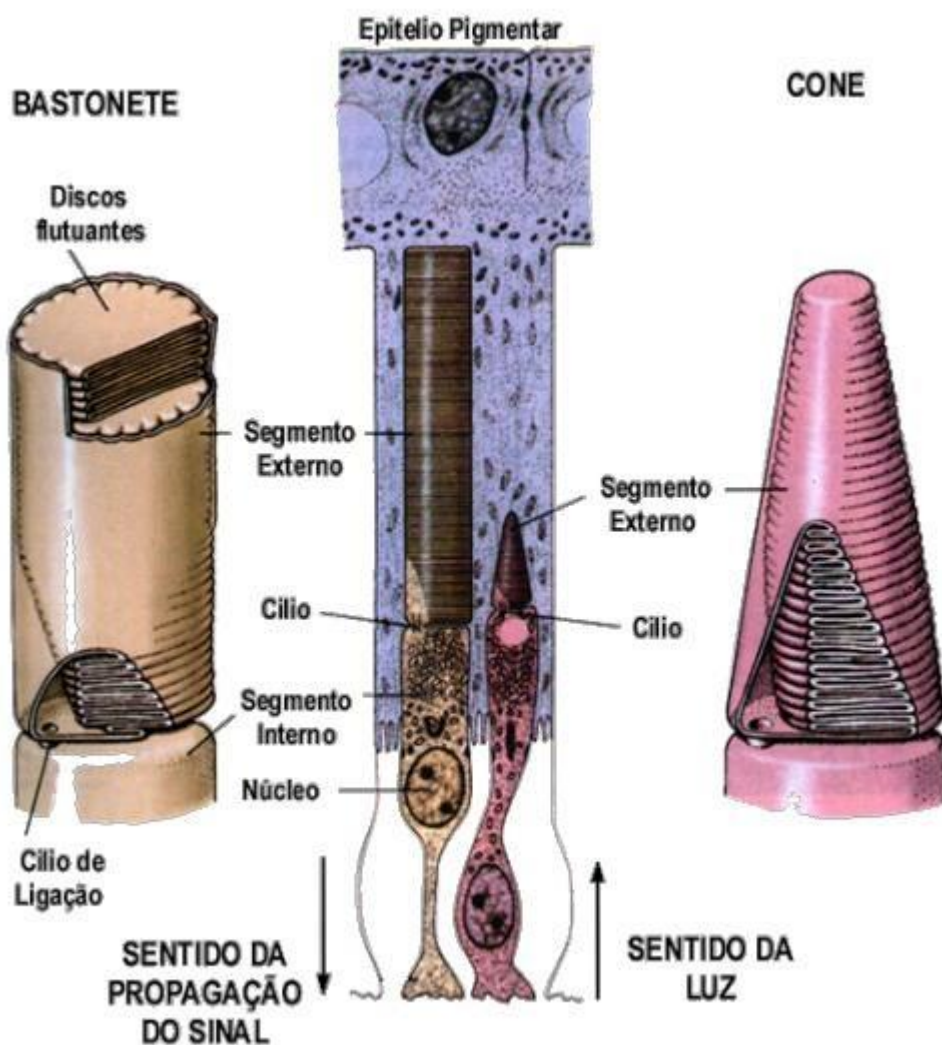


Figura 2. Cones e bastonetes. Ao centro, inserção de cones e bastonetes no epitélio pigmentar e os sentidos de recepção de luz e da propagação de estímulo eletroquímico. À direita, estrutura segmentar externa do cone, responsável pela visão fotóptica. À esquerda, estrutura segmentar externa do bastonete, responsável pela visão escotópica. Fonte: Nishida (2007)

Os cones estão dispostos em menor quantidade na retina humana quando comparados aos bastonetes e possuem a capacidade de absorver diferentes comprimentos de ondas de fótons graças as particularidades de suas opsinas, que captam as ondas eletromagnéticas dos fótons, traduzindo em percepção de cor no sistema sensorial (Jacobs, 1996). As diferentes opsinas que constituem os cones são os fotopigmentos que dão à retina humana a capacidade de perceber três tipos de curvas espectrais, que juntas formam o espectro de luz visível (Bowmaker *et al.*, 1991).

Obedecendo a constituição proteica da retina de um observador humano tricromata, existem três diferentes tipos de cones que são sensíveis a determinados comprimentos de ondas: os cones L, cones M e cones S. Eles absorvem fótons que dão ao observador a percepção de luz vermelha, verde e azul, respectivamente. Os cones L (sensíveis a longos comprimentos de onda) conseguem captar fótons com pico de comprimento de onda em aproximadamente 560nm; os cones M (sensíveis a médios comprimentos de onda) captam fótons com um pico de aproximadamente 530nm; e os cones S (sensíveis a curtos comprimentos de onda) captam fótons com um pico de aproximadamente 440nm de comprimento de onda (**Figura 3**) (Neitz, Neitz, 2000; Benson, 1995).

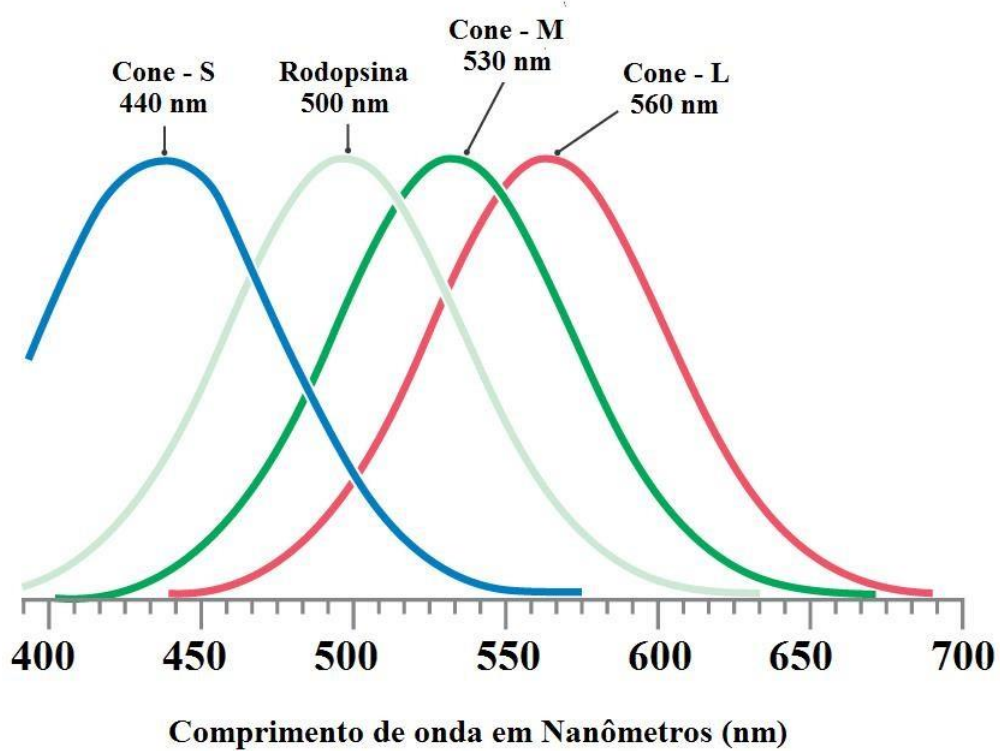


Figura 3. Representação dos comprimentos de onda de cones e bastonetes e seus respectivos picos (imagem modificada de Lynch & Corbett, 2015). Fonte: <http://clinicalgate.com>

O conjunto de cones dispostos na retina determinam o espectro eletromagnético de luz perceptível à visão que, em seres humanos, varia do violeta ao vermelho, referentes aos comprimentos de onda na faixa entre, aproximadamente, 400 nm a 700 nm (**Figura 4**) (Benson, 1995; Jacobs, 1996; Schnapf *et al.* 1987; Ventura *et al.*, 2007a).

Eles possuem resolução temporal e espacial superior quando comparados aos bastonetes, devido a rápida renovação de fotopigmentos e pela informação transmitida ser direcionada de poucos cones para somente uma célula pós-receptora (Davson, 1980).

Diferentemente dos cones, os bastonetes estão presentes em maior quantidade na retina humana e possuem baixa resolução temporal e espacial (Davson, 1980). Eles não possuem a capacidade de interpretar cores, são altamente saturados na presença de luz e possuem pico de sensibilidade espectral em torno de 500 nm (Dartnall, Bowmaker & Mollon, 1983). No entanto, quando o sistema visual está exposto a condições mesópicas (iluminação média), os bastonetes participam da visão de cores contribuindo para uma melhor distinção entre amarelos e azuis, realçando a capacidade de perceber os azuis frente ao amarelo (Buck *et al.*, 1998).

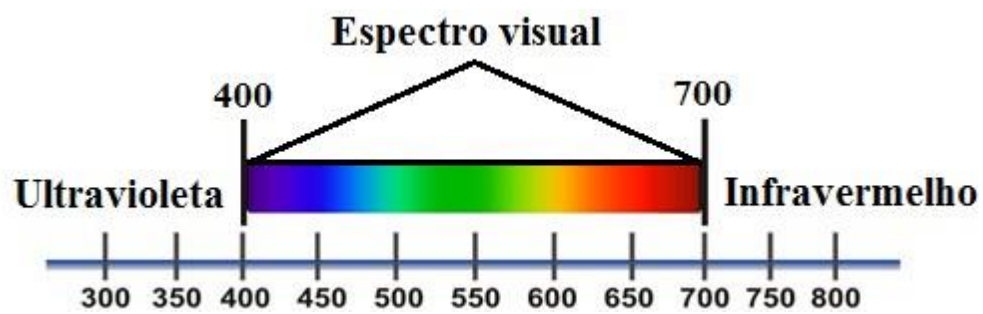


Figura 4. Espectro visual humano. Apresentação das variações de cromaticidade a partir do espectro de luz visível (400 nm – 700 nm). Fonte: Acervo do autor.

Os impulsos elétricos necessários para a reprodução da cor no SNC percorrem o nervo óptico até o quiasma óptico, que é uma zona de decussação onde as próprias fibras do nervo óptico cruzam a linha sagital que divide os hemisférios do encéfalo para innervarem a porção contralateral do trato óptico, permitindo a distribuição de informações sobre o campo visual de ambos os olhos para hemisférios opostos do córtex visual (Kupfer, Chumbley & Downer, 1967). Ao ultrapassar o quiasma óptico, os impulsos elétricos seguem no trato óptico até o núcleo geniculado lateral (NGL) e se dispersão na radiação óptica, penetrando de forma difusa nos hemisférios cerebrais ao nível do lobo occipital, onde se localiza o córtex visual, mais especificamente no córtex visual primário (V1) (Kosslyn & Andersen, 1995, Siegel, Baum & Hudspeth, 2000) **(Figura 5)**.

1.3. VIAS ON/OFF E A PERCEPÇÃO DE CONTRASTE

Para que o sistema visual possa identificar os elementos do ambiente, mecanismos eletroquímicos da retina são processados por diferentes neurônios, e obedecem um fluxo contínuo e sequencial para a geração de contraste (Livingstone & Hubel, 1984). Este processo, que basicamente consiste na combinação de estímulos oriundos de fotorreceptores sensibilizados e tradução das informações por meio de comparações e modulação de resposta, dão início ao processamento de contraste que permite a observação de objetos e suas formas (Buck, 2003; Zhang, Wu, 2009).

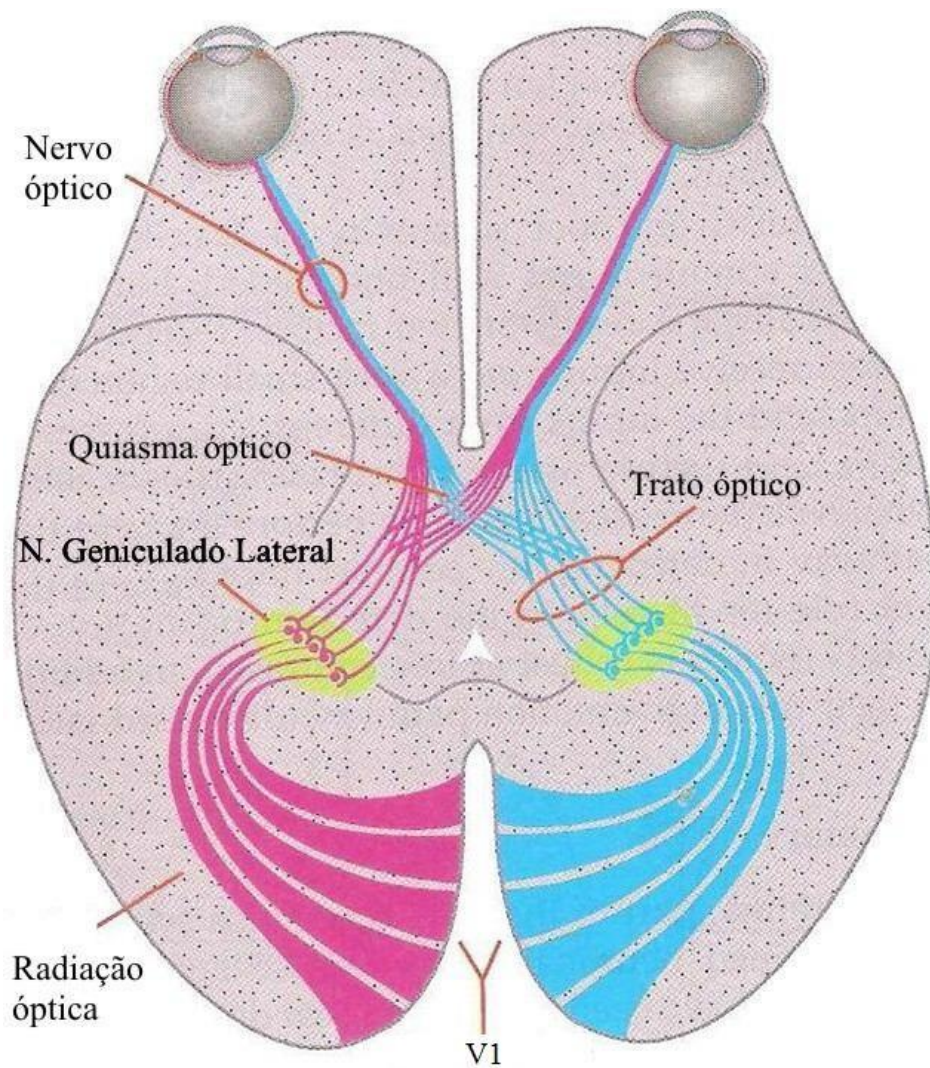


Figura 5. Vias de processamento visual humano. A informação visual é conduzida pelo nervo óptico, que decursa no quiasma óptico e segue nos tratos ópticos até o NGL. Os axônios das células do NGL constituem a radiação óptica e se projetam para o córtex visual primário (V1). Modificado de Reid & Usrey (2008).

Os fotorreceptores realizam a tarefa de transformar o estímulo ambiental luminoso em impulsos neurais num processo conhecido como fototransdução que está diretamente ligada à luminosidade presente no ambiente. A diminuição da luz no ambiente (redução da incidência de fótons), produz a despolarização dos fotorreceptores contidos na retina e o aumento da luminosidade do ambiente (aumento da incidência de fótons) desencadeia o efeito reverso nos fotorreceptores, resultando na hiperpolarização (Naka; Rushton, 1966).

As conexões sinápticas existentes entre os fotorreceptores e as células bipolares dão continuidade à condução da informação e iniciam o processo de percepção de contraste através da liberação e recepção do glutamato. Este neurotransmissor liga-se a receptores específicos nos dendritos das células bipolares para que sejam efetuados os primeiros mecanismos e comparação de estímulos através da organização do seu campo receptivo antagônico do tipo centro-periferia dos referidos neurônios (Kuffler, 1953; Zhang, Wu, 2009). Para que isso ocorra, existem dois tipos células bipolares, que se diferenciam quanto a recepção do neurotransmissor glutamato e resposta pós-sináptica da CPE: As células bipolares ON e OFF (DeVries, 2000, Sterling, 2003).

As células bipolares ON possuem receptores metabotrópicos de glutamato (mGluR6) e despolarizam na presença de luz por inverterem a polaridade do sinal enviado pelos fotorreceptores. As células bipolares OFF possuem receptores ionotrópicos de glutamato (iGluRs) e hiperpolarizam na presença de luz através da manutenção da polaridade do sinal enviado pelos fotorreceptores (Nomura *et al.*, 1994; Sterling, 2003). Os cones utilizam as células bipolares ON e OFF para transmitir informações para a CCG, enquanto os bastonetes utilizam prioritariamente as células bipolares ON (Kolb & Famiglietti, 1974).

Considerando que as informações de contraste já processadas pelas células bipolares ainda precisam ser mantidas para que possam chegar ao córtex visual, grande parte do percurso dos estímulos elétricos respeita a organização do campo receptivo antagônico do tipo centro-periferia através das sinapses entre células bipolares e células ganglionares na CPI (Masland, 2001). Suas similaridades permitem que estas últimas sejam denominadas células ganglionares centro-ON (CGC-ON) e células ganglionares centro-OFF (CGC-OFF). O campo receptivo antagônico funciona a partir da resposta de ambas à ativação ou inibição a partir da presença do estímulo luminoso no centro ou na periferia de seu campo receptivo (Kuffler, 1953).

No antagonismo centro-periferia, as CGC-ON respondem com a ativação quando o estímulo correspondente à luminosidade chega no centro de seu campo receptivo, já as CGC-OFF passam pelo processo de inibição quando recebem o estímulo luminoso no centro de seu campo receptivo. A inibição na CGC-ON ocorre quando a periferia do campo receptivo recebe o estímulo de luminosidade, e a CGC-OFF é ativada quando recebe o estímulo luminoso na periferia de seu campo (Kuffler, 1953; Hartline, 1940).

Devido as suas características de processamento de cor, contraste luminoso, frequência espacial e temporal, as células ganglionares podem ser classificadas em células P, células M e células K. As células P possuem sensibilidade a mudança de cromaticidade, alta sensibilidade à frequência espacial, baixa sensibilidade a contrastes luminosos e frequência temporal. As células M não possuem sensibilidade a mudanças de cromaticidade quando o brilho entre cores é equivalente, baixa sensibilidade à frequência espacial, alta sensibilidade a contrastes luminosos e frequência temporal (Perry *et al.*, 1984, Kaplan & Shapley, 1986; Wurtz & Kandel, 2003). As células K, contribuem para a visão das cores no eixo azul – amarelo, possuem velocidade de

condução intermediária e moderada sensibilidade à frequência espacial (Kaas *et al.*, 1978).

A extensão das CCG em direção ao NGL é formada por vias de condução das informações processadas na retina e se dividem em vias parvocelulares, magnocelulares e koniocelulares. Cerca de 80% das células da CCG são do tipo *midget* e correspondem a via parvocelular, 10% são do tipo parasol e correspondem a via magnocelular, e 9% são do tipo biestratificadas e correspondem a via koniocelular (Perry *et al.*, 1984).

A interligação das informações das diferentes vias é parte fundamental para a efetividade da sensação visual, proporcionando ao observador o reconhecimento de objetos e suas características numa visão tridimensional do todo (Purves *et al.*, 2005; Sincich & Horton, 2005). Este processamento integrado é realizado nos neurônios do córtex visual, os axônios oriundos do NGL, direcionados a região occipital do cérebro, entram em contato, principalmente, com a área V1, que também possuem seletividade ao processamento visual ON/OFF (Hubel & Wiesel, 1968).

A distribuição dos estímulos para as diferentes regiões do córtex ainda é muito estudada, já que os processos que culminam na percepção visual, inclusive de contrastes, ainda não estão totalmente explícitos (Purves *et al.*, 2005). Por isso, a compreensão dos mecanismos da visão é um desafio para a comunidade científica.

1.4. PERCEPÇÃO DE CONTRASTES DE COR E LUMINÂNCIA

A percepção visual para sensibilidade aos contrastes de cor e luminância são destacados em muitos estudos (Bowmaker *et al.*, 1991; Switkes, Bradley, De Valois, 1988; 1988; Silva *et al.*, 2011; Souza *et al.*, 2013; Souza *et al.*, 2014) e ajudam a entender os processos que dão base ao processamento visual que ainda não são totalmente compreendidos (Purves *et al.*, 2005).

A percepção visual ao contraste depende da habilidade de discriminar determinado objeto de sua vizinhança, por isso, o sistema visual é sensível ao contraste para que detalhes da cena sejam percebidos. O limiar desta sensibilidade é equivalente ao mínimo de contraste necessário para que se observe determinada imagem ou objeto (Silva *et al.*, 2011). A percepção das cores é uma das mais complexas atribuições do sistema sensorial humano e permite identificar diferenças entre componentes dispostos em determinado ambiente.

A cor pode ser definida como uma resposta perceptual de um conjunto de estímulos oriundos do espectro visual visível. Este conjunto de estímulos são percebidos pelo sistema nervoso através de três propriedades que, em conjunto, formam o que se pode chamar de cor: o matiz, a saturação e o brilho (Kaiser & Boynton, 1996; Long *et al.*, 2006). Ao matiz se atribui popularmente o conceito de cor, mas sua designação correta perpassa pela detecção dos diferentes comprimentos de onda de luz. A saturação está relacionada com a quantidade de luz branca adicionada ao matiz. O brilho condiz com a intensidade de luz (luminância) incidente na cor. Sem ele as outras propriedades da cor não conseguem ser percebidas pelo sistema visual e o brilho é a intensidade de luz percebida (Jacobs, 1996).

A absorção e transdução dos estímulos luminosos correspondentes a cada eixo cromático pelos fotorreceptores geram impulsos elétricos que se destinam a CCG para que as informações de cor sejam processadas. Os estímulos cromáticos recebidos pelas células ganglionares geram processos semelhantes aos de visão de contrastes e estão baseados na oponência centro-periferia dos campos receptivos das células P, M e K (De Valois *et al.*, 1958; Lee *et al.*, 1989).

Para a percepção de contrastes de luminância, que se traduz no contraste da dimensão preto-branco, as células ganglionares também participam de modo efetivo.

Utilizando o mecanismo de oponência centro-periferia, tanto células M quanto células P podem receber estímulos combinados, oriundos de cones M e L (Lee *et al.*, 1989) **(Figura 6)**.

O mecanismo de oponência responsável pela dimensão de cor azul-amarelo está presente nas células K. Nesta dimensão são comparados os sinais elétricos que carregam informações de ativação dos cones S e inibição dos cones M e L (Darcey & Lee, 1994, Rowe, 2002). Participam da oponência na dimensão verde-vermelho as células P, que podem receber sinais de ativação tanto dos cones M quanto dos cones L e receber sinais de inibição de cones M ou L **(Figura 6)**. Para que se entenda de um modo mais didático, pode-se dizer que quando os cones M participam do impulso que ativa o centro da célula P, os cones L participaram dos impulsos inibitórios da periferia, e às avessas também são verdadeiras (Lee *et al.*, 1989, De Valois *et al.*, 1958).

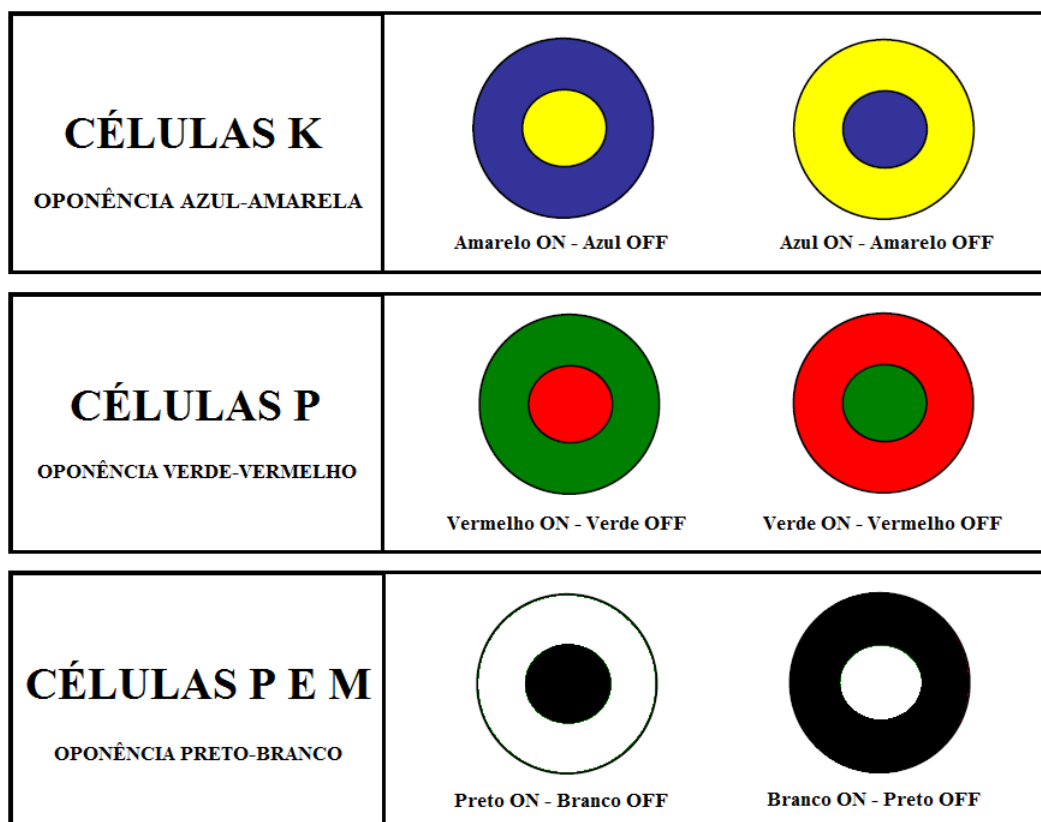


Figura 6. Oponência de cor e luminância no campo receptivo das células ganglionares.
Fonte: Acervo do autor.

1.5. PLACAS PSEUDOISOCROMÁTICAS

A deficiência na visão cromática vem sendo amplamente pesquisada na sua relação com patologias e defeitos genéticos (Mancuso *et al.*, 2009; Gualtieri, 2004; Teixeira, 2012; Jackson, Ongand Ripley, 2004; Pacheco-Cutillas, Sahraie, & Edgar, 1999) que cursam com o acometimento estrutural do sistema visual (Sato, 2002; Tagarelli *et al.*, 2004, Chan *et al.*, 2014). Para avaliar e detectar falhas na função visual cromática, estão disponíveis no mercado diversos testes como os de arranjo ou ordenamento de matizes, de equalização, de nomeação, computadorizados, entre outros (Bruni & Cruz, 2006).

As placas pseudoisocromáticas são uma das principais modalidades de teste, e consistem em empregar um mosaico de cores fragmentado que destaca um alvo de cromaticidade uniforme e que se diferencia em relação ao fundo (Regan *et al.*, 1994). Os fragmentos do mosaico possuem o formato arredondado e geram ruído espacial e de luminância, já que variam em tamanho e brilho com o objetivo de eliminar qualquer pista visual que possa induzir a percepção do alvo, levando em consideração somente a diferença cromática nesses testes (Mollon, 2003) (**Figura 7**).

Utilizando os princípios metodológicos das placas pseudoisocromáticas, onde um mosaico de cores com ruído de luminância e ruído espacial é apresentado para investigar a discriminação cromática, o teste computadorizado Mollon-Reffin e o teste de Ishihara são instrumentos que experimentam eixos cromáticos com certa distância espectral, ligando dois matizes equiluminantes (Mollon & Reffin, 1989; Mollon & Regan, 2000; Regan *et al.*, 1994).

O teste computadorizado de Mollon-Reffin (Mollon & Reffin, 1989), comercialmente conhecido como *Combridge Colour Test* (CCT) (**Figura 8A**), é utilizado para a avaliação da capacidade discriminativa de cores em humanos. Seu

emprego consiste na apresentação de um mosaico e na identificação e posição do alvo na forma de “C de Landolt”, que se destaca do fundo devido a mudança de cromaticidade. Tanto o alvo quanto o mosaico são compostos por discos diferentes entre si, com tamanhos e brilhos próprios, posicionados de forma aleatória (Mollon & Reffin, 1989).

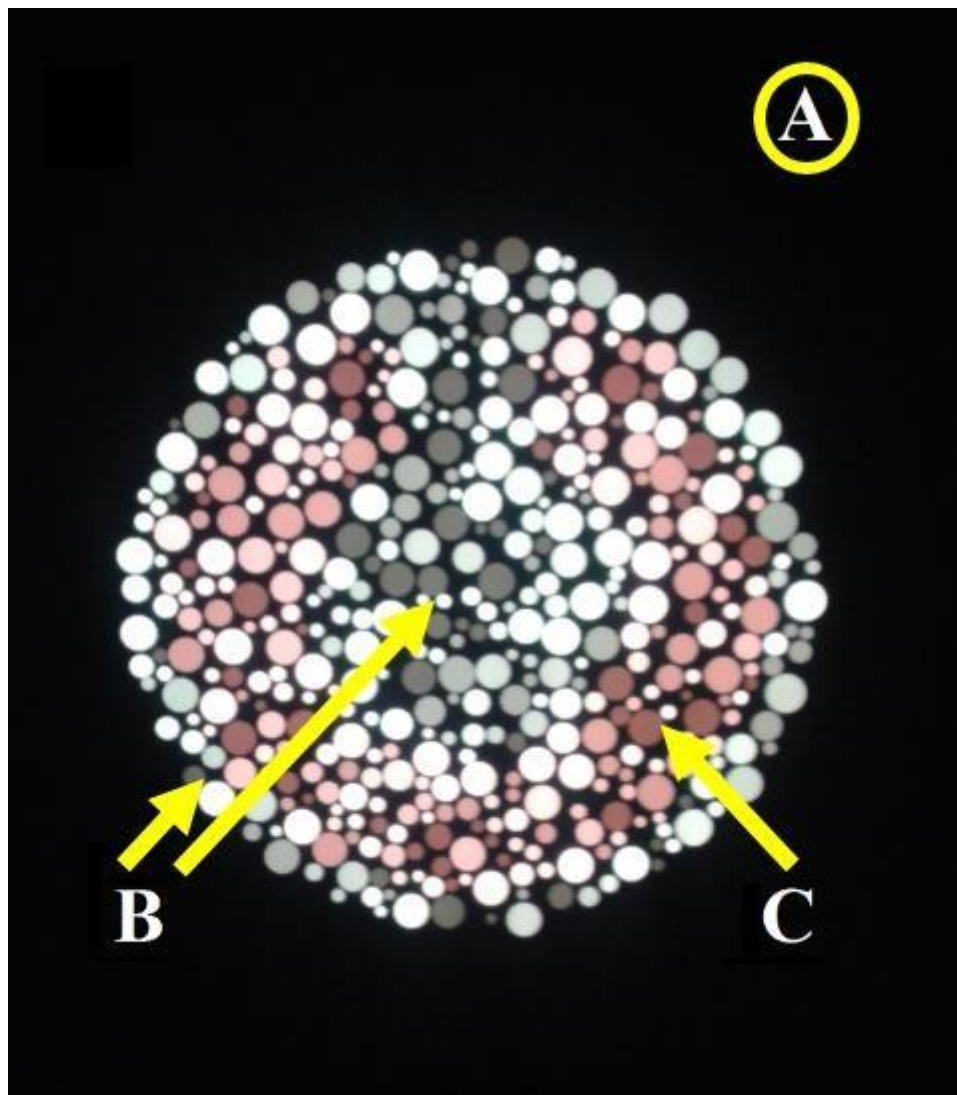


Figura 7. Exemplo de placa pseudoisocromática. Estímulo composto pelo mosaico de cores formado por círculos de luminância e tamanhos diferentes, distribuídos aleatoriamente; onde “A” corresponde ao fundo com luminância de 0cd/m^2 (cor preta), “B” ao campo ao redor do alvo no mosaico e “C” ao alvo do mosaico com cromaticidade no eixo 0° (cor vermelha). Fonte: Acervo do autor.

Esse teste possui vasta aplicabilidade por beneficiar a detecção de repercussões visuais de determinadas patologias visuais, como catarata (Delahunt *et al.*, 2004), atrofia óptica dominante (Simunovic *et al.*, 1998) e glaucoma (Castelo-Branco *et al.*, 2004; Pacheco-Cutillas, Sahraie, & Edgar, 1999). Além disso, patologias neurológicas com possíveis repercussões para visão também já foram estudadas, como a esclerose múltipla (Moura *et al.*, 2008), doença de Parkinson (Regan *et al.*, 1998) e distrofia muscular de Duchenne (Costa *et al.*, 2007).

O teste de Ishihara (**Figura 8C**) utiliza procedimentos metodológicos similares ao CCT (**Figura 8A**) quanto a apresentação de um mosaico com círculos de diâmetros e brilho distintos entre si, porém é um teste impresso e utiliza placas numéricas. Atualmente estão disponíveis versões de 24 e de 38 pranchas projetadas para avaliar e identificar defeitos de visão de cores no eixo verde-vermelho. Este teste continua sendo o exame considerado como “padrão ouro” para a detecção rápida de deficiências congênitas para visão de cores (Dain, 2004).

Assim como o teste de Ishihara, o teste HRR (**Figura 8B**) também não segue qualquer outro padrão de luminância de fundo para a luminância de fundo, apesar de possuir similaridade em sua configuração e em seus procedimentos metodológicos quando confrontado aos teste aqui já citados (Bailey *et al.*, 2004).

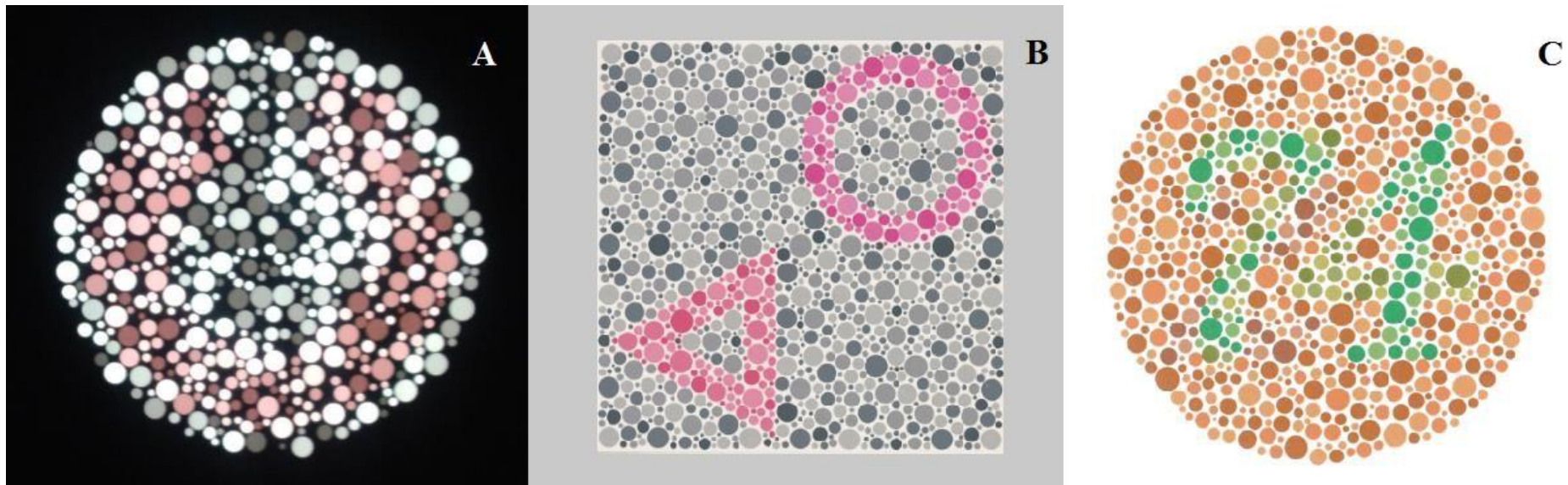


Figura 8. Estimulo visual do CCT, teste HRR e teste de Ishihara. Mosaico de cores utilizado no CCT com mínima luminância de fundo (A). Mosaico de cores utilizado no teste HRR com luminância de fundo intermediaria (B), e placa nº 7 do teste de Ishihara com alta luminância de fundo (C). Fonte: Acervo do autor.

Apesar dos princípios metodológicos empregados em alguns testes psicofísicos serem fundamentalmente semelhantes, sempre há diferenças que devem ser consideradas. Mesmo que as interferências para as placas pseudoisocromáticas tenham sido solucionadas, com a atuação do ruído espacial e de luminância (Regan, Reffin & Mollon, 1994), outros componentes dos testes ainda precisam ser explorados, já que se sabe que a variação das três propriedades da cor, que são o matiz, a saturação e brilho, interferem na percepção visual (Switkes, Bradley, De Valois, 1988; Long *et al.*, 2006).

Entre os testes pseudoisocromáticos CCT e Ishihara, por exemplo, existe uma diferença visível e potencialmente importante de luminância na apresentação dos estímulos visuais, onde no CCT se nota um baixo nível de luminância de fundo, e no teste de Ishihara o fundo apresenta um nível de luminância maior. Esta diferença potencialmente leva a geração de uma experiência visual desconhecida. Para a clínica oftalmológica e para pesquisas, isso abre margem para interferência em diagnósticos e resultados discordantes.

O recente estudo desenvolvido por Souza e colaboradores (2014) pesquisou a interação entre a discriminação de cor e o ruído de luminância do mosaico utilizado no CCT e revelou que a discriminação de cores no CCT fica facilitada a medida que os níveis que compõe o ruído de luminância diminuem, fazendo com que o desempenho do teste em tricromatas seja alterado e o teste passa a ser ineficaz em valores de ruído praticados abaixo de 18,6%. Os pesquisadores ainda concluem que os componentes dos testes pseudoisocromáticos devem ter parâmetros descritos de forma mais detalhada para melhor compreensão de resultados. Por tanto, a necessidade de avaliar os procedimentos metodológicos dos testes de visão de cores abre margem para estudos que beneficiem a ampliação de conhecimentos na psicofísica visual como um todo.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos da variação da luminância de fundo de estímulos pseudoisocromáticas sobre a discriminação de cores em humanos.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar e comparar limiares de discriminação de cor em diferentes eixos de cromáticos em um espaço de cor uniforme em estímulos pseudoisocromáticos com diferentes intensidades luminosas de fundo.
- Avaliar e comparar a área de elipses de discriminação de cores estimadas por estímulos pseudoisocromáticos com diferentes intensidades luminosas de fundo.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. TIPO DE ESTUDO

Trata-se de um estudo analítico, observacional, transversal realizado no laboratório de neurologia tropical da Universidade Federal do Pará.

3.2. ASPECTOS ÉTICOS

A execução do presente estudo foi aprovada pelo comitê de ética em pesquisa com seres humanos do Núcleo de Medicina Tropical da Universidade Federal do Pará como parte integrante do projeto “Efeito do ruído simbólico sobre a discriminação de cores utilizando estímulos pseudoisocromáticos”, correspondente ao protocolo 570.434 – CEP/NMT (ANEXO A)

3.3. PARTICIPANTES

Essa pesquisa contou com a colaboração de dez participantes (4 mulheres e 6 homens), com idades entre 26 e 54 anos ($32,3 \pm 8,3$ anos de idade). Eles foram recrutados a partir do convite direto. Todos foram esclarecidos quanto aos procedimentos a serem realizados e aos riscos e benefícios do estudo para que pudessem demonstrar sua concordância em participar. Após o aceite verbal, os voluntários foram instruídos a ler e assinar o termo de consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE 1). Nenhum dos sujeitos tinha histórico de doenças visuais, nervosas ou sistêmicas que pudessem comprometer o funcionamento do sistema visual.

3.4. TESTES PSICOFÍSICOS

3.4.1. Escala optométrica de Snellen

Este teste foi realizado com o objetivo de recrutar pessoas com o mínimo de discrepância relativa à acuidade visual, bem como selecionar o olho que possuía melhor acuidade para que fosse utilizado durante todo o procedimento psicofísico. Por tanto, os

participantes que porventura possuíssem diagnóstico de baixa acuidade visual seriam instruídos a utilizar suas lentes corretivas em todos os procedimentos, inclusive nos testes de visão cromática, já que isso não teria o potencial de modificar os resultados e prejudicar o alcance dos objetivos da pesquisa.

Inicialmente, o teste de Snellen (**Figura 9**) foi aplicado para avaliar a acuidade visual de forma monocular em ambiente iluminado (lâmpada fluorescente tubular Philips 40w -T10/6400k). O quadro que continha teste de Snellen foi posicionado na altura dos olhos do participante, que foi posto em sedestação a 5 m de distância. A tarefa foi transmitida pelo pesquisador, que realizou previamente uma “tentativa-teste” para confirmar se o participante não tinha dúvidas quanto a aplicação do procedimento.

Com o procedimento iniciado, a tarefa constou na identificação, pelo participante, de qual orientação a abertura do optótipo “E” estava posicionada (cima, baixo, esquerda ou direita). A cada linha completada e identificada corretamente, a linha subsequente era iniciada, tornando a tarefa mais difícil devido a diminuição do tamanho do optótipo. Caso o participante apresentasse qualquer erro, a linha anterior, correspondente a uma acuidade visual menor, era repetida. Após a conclusão de 60% do teste com êxito, equivalente a 0,5 logMAR, o participante já estava apto a realizar o teste pseudoisocromático. Esse teste foi realizado em ambos os olhos.

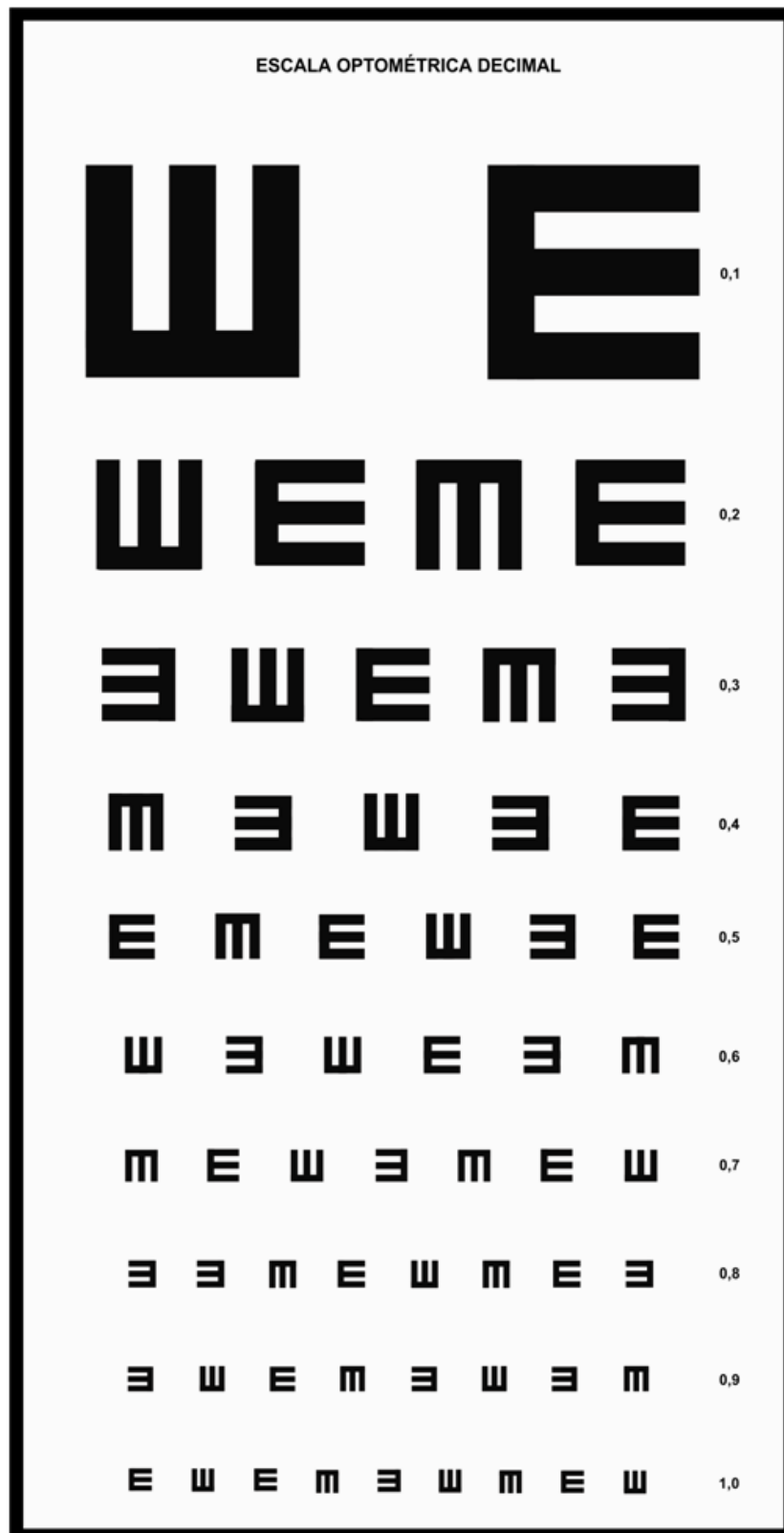


Figura 9. Escala optométrica de Snellen. Fonte: Farias (2015)

3.4.2. Teste de figuras pseudoisocromáticas de Ishihara

A triagem dos sujeitos foi feita a partir da aplicação do teste de figuras pseudoisocromáticas de Ishihara, que teve como objetivo identificar e classificar o fenótipo de visão de cores dos integrantes da amostra. Para isso, utilizou-se o livro “*Ishihara’s Tests for Colour Deficiency*” (Ishihara, 1997).

O referido livro conta com 38 figuras compostas por estímulos pseudoisocromáticos, apresentados a partir de um mosaico de cores com seu respectivo alvo que diferencia do fundo exclusivamente pela sua configuração de cor (**Figura 10**). No presente estudo foram utilizadas somente as primeiras vinte e cinco figuras contidas no livro.

A execução do teste foi realizada com o sujeito posicionado 75 cm de distância e 45° de angulação entre o seu olho e a placa pseudoisocromática. A placa foi apresentada por uma única vez por três segundos para que fosse feita a identificação do alvo camuflado. Os alvos das placas variaram entre números naturais sem organização ordinal e o estímulo foi interrompido independente da percepção e consequente resposta do sujeito ao estímulo.

A tarefa do sujeito constou em responder qual número era formado pelo alvo do mosaico de cores na placa. As respostas foram organizadas em uma planilha de acompanhamento fornecida pelo próprio manual do teste pra posterior análise (**Anexo B**). Finalmente, o diagnóstico de discromatopsia seria dado àquele que obtivesse erros iguais ou superiores a oito placas (Ishihara, 1997).

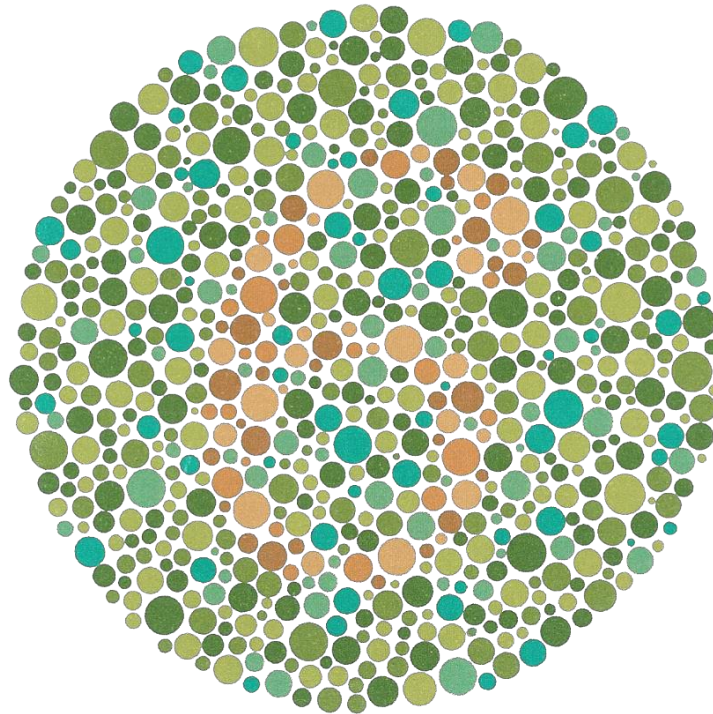


Figura 10. Placa nº 13 do teste de Ishihara. Pessoas percebem um mosaico de cores com um alvo formado um número (6) possuem padrão normal de visão cromática (tricromata). Já os que somente percebem um mosaico de cores e não identificam nenhum alvo, possuem discromatopsia. Fonte: <http://en.academic.ru/>

3.4.3. Teste de discriminação de cores

Nesse trabalho, foi utilizada uma adaptação do teste CCT desenvolvida no laboratório de neurologia tropical da Universidade Federal do Pará. Para a produção do teste utilizou-se um computador Dell Precision T1600 (Dell, Round Rock, Texas, EUA) com sistema operacional Windows 7 (Microsoft, Redmond, Washington, EUA). As rotinas computacionais foram programadas em linguagem MATLAB, usando a biblioteca gráfica do sistema ViSaGe (14 bits de resolução de cor, Cambridge Research System, CRS, Rochester, Inglaterra, Reino Unido). Os estímulos foram exibidos em uma tela de 21" CRT de alta resolução espacial e temporal (1600×1200 pixels, 125 Hz, Mitsubishi, Tóquio, Japão) (**Figura 11**).

Os estímulos usados foram mosaicos pseudoisocromáticos com ruído espacial de tamanho (10 tamanhos) e de luminância. O ruído de luminância foi composto por seis valores linearmente distribuídos entre 5 e 35 cd/m^2 . Um subgrupo de círculos apresentou cromaticidade diferente da cromaticidade do restante do estímulo, compondo um alvo no formato de uma letra C com as dimensões com $4,4^\circ$ de ângulo visual externo, $2,2^\circ$ interno e 1° de ângulo visual de abertura da letra C (**Figura 12**). O limiar de cromaticidade do alvo foi estimado em oito diferentes eixos cromáticos (0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° , 315°) em torno de uma cromaticidade de referência no diagrama da CIE1976, cujas coordenadas são $u' = 0,219$ e $v' = 0,480$, a qual foi a cromaticidade do campo do estímulo em todas as condições de teste (**Figura 13**). Foram usadas 5 diferentes intensidades luminosas no fundo do estímulo: 0 cd/m^2 , $7,5 \text{ cd/m}^2$, 15 cd/m^2 , $22,5 \text{ cd/m}^2$ e 30 cd/m^2 .

O procedimento de teste foi realizado usando o método psicofísico de escolha forçada de quatro alternativas. O teste iniciava com a cromaticidade do alvo diferindo da cromaticidade de referência em 0,06 unidades no diagrama da CIE1976. O estímulo

foi apresentado por 3 s e o sujeito testado tinha que decidir se a abertura da letra C estava orientada para a direita, esquerda, para cima ou para baixo. O sujeito testado verbalizava a resposta e o experimentador controlava uma caixa de resposta de 4 botões (Controle CT6 *Push Button Response Box*, CRS, **Figura 14**) para registrar a resposta do sujeito testado. Um procedimento de escada com regra de 2 acertos para 1 erro foi utilizado para estimar os contrastes limiares nos diferentes eixos cromáticos. O procedimento de escada parou quando se alcançava 21 reversões. Os limiares de discriminação de cor representaram a média das últimas 15 reversões. Foram ajustadas elipses aos limiares de discriminação de cor para quantificar a tarefa para as diferentes condições experimentais. Os valores de área da elipse e o tamanho limiar do vetor cromático foram estudados em função da luminância do fundo dos estímulos pelo qual foram estimados.

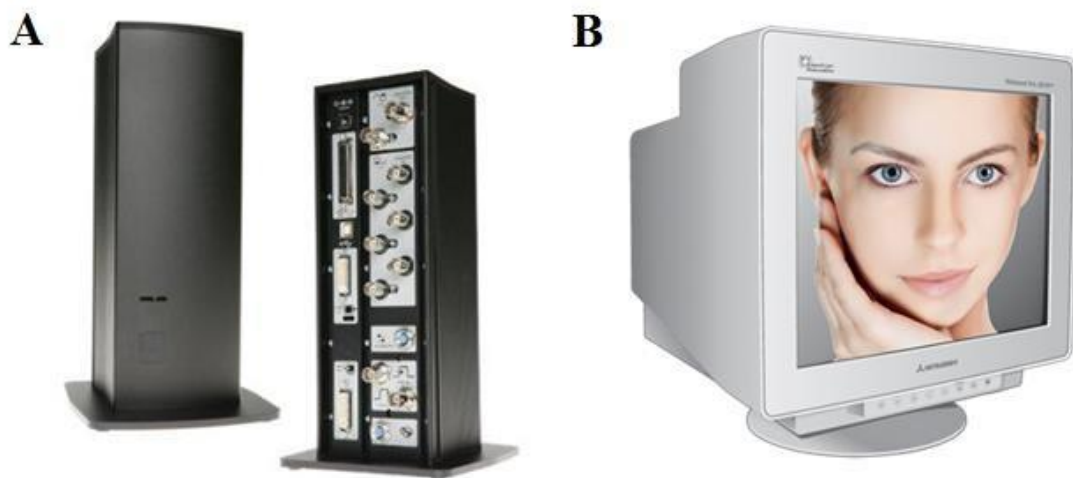


Figura 11. Gerador de estímulos ViSaGe (A) e Monitor de alta resolução (B). Fonte: <http://www.crs ltd.com/>

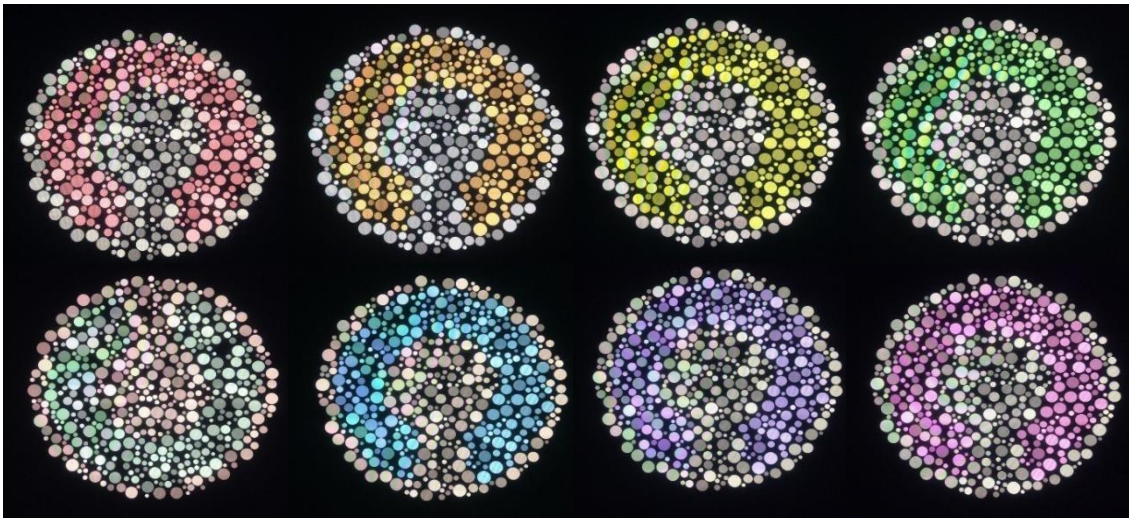


Figura 12. Variação de cromaticidade do alvo nos estímulos pseudoisocromáticos utilizados no presente estudo, com luminância de fundo a 0 cd/m^2 . Os estímulos foram constituídos por círculos com 10 diferentes tamanhos. O alvo se destaca do restante do mosaico e possui o formato de letra C, cuja abertura possui 1° de ângulo visual. Os círculos tiveram a luminância distribuída aleatoriamente entre 5 e 35 cd/m^2 e o alvo diferiu do campo de fundo apenas pela informação de cromaticidade. Fonte: Guimarães, 2016.

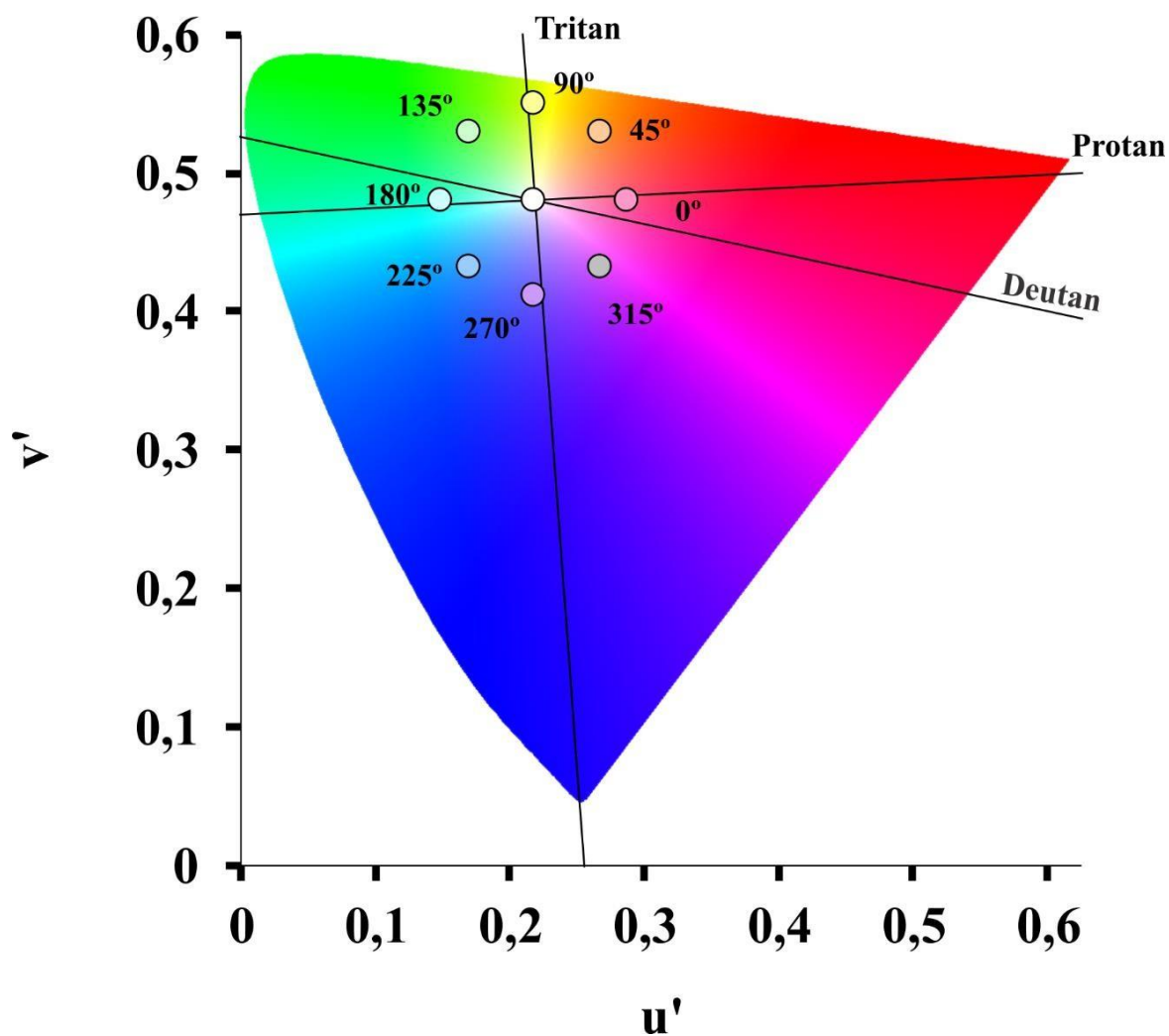


Figura 13. Vetores utilizados pelo teste no espaço de cor da CIE 1976. A cromaticidade do alvo é comandada por oito vetores espaçados a 45° um dos outros: 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° e 315°. As linhas contínuas representam os eixos de confusão de cor protan, deutran e tritan. Fonte: Acervo pessoal.



Figura 14. Controle CT6 Push Button Response Box. Fonte: <http://www.crsLtd.com>

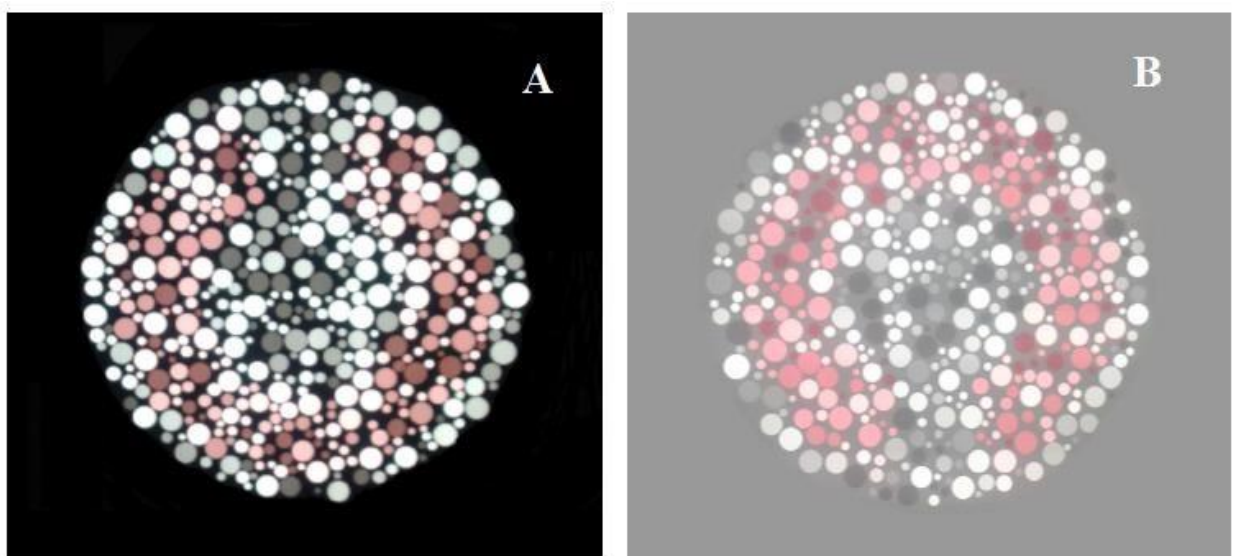


Figura 15. Variação da luminância de fundo do CCT. Após a realização do CCT em cada eixo cromático, a luminância de fundo foi acrescida em $7,5 \text{ cd/m}^2$, iniciando com 0 cd/m^2 (A) até que se chegue a luminância de 30 cd/m^2 (B). Fonte: Acervo do autor

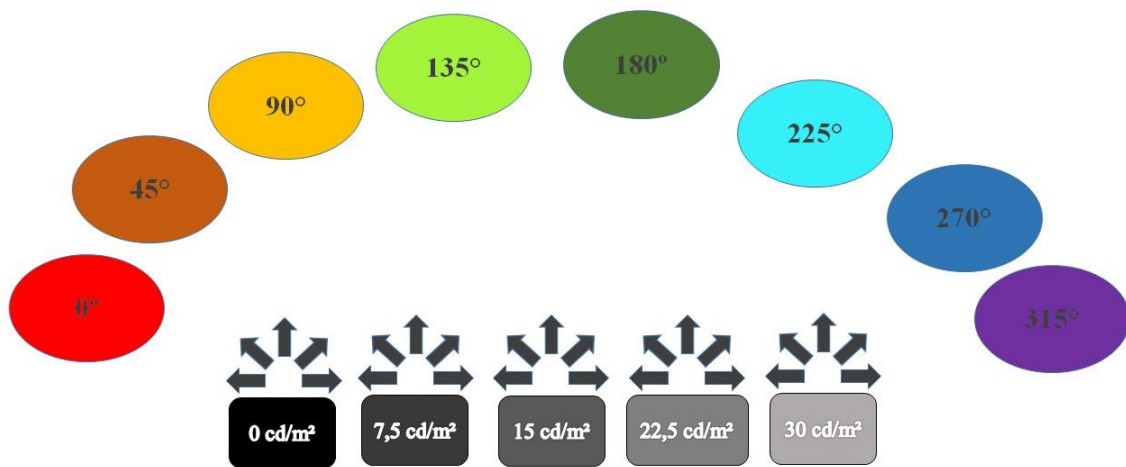


Figura 16. Luminâncias utilizadas no fundo do CCT e eixos cromáticos do alvo do mosaico. Fonte: Acervo do autor

O participante da pesquisa foi posicionado há uma distância de 3 m dos estímulos psicofísicos gerados pelo monitor. A tarefa do mesmo era responder para que orientação se encontrava a abertura do C de Landolt: cima, baixo, direita e esquerda. O estímulo visual foi apresentado durante três segundos e o procedimento de escolha forçada de 4 alternativas norteou a regra de respostas. Esse teste foi realizado no melhor olho do participante de acordo com os resultados de acuidade visual.

A apresentação da intensidade do estímulo foi modulada de acordo com as respostas obtidas durante o teste, tornando-o adaptativo ao utilizar o método de escada. A medida que o sujeito conseguiu identificar o alvo e responder adequadamente a posição do intervalo, o contraste cromático entre o alvo e o fundo do mosaico diminuiu, tornando a tarefa mais difícil. Respostas erradas levaram ao inverso, ou seja, maior contraste com consequente facilitação da tarefa. A regra da escada foi de 2 acertos para 1 erro. Após o registro de 21 reversões o ciclo de apresentações era finalizado.

O teste foi concluído quando todas as 40 combinações diferentes entre as oito cromaticidades do alvo e as cinco luminâncias de fundo foram esgotadas. Os dados foram organizados em tabelas e gráficos para a avaliação dos resultados

Para que o teste pudesse ter a máxima atenção do sujeito e não se tornasse desgastante fisicamente e psicologicamente, pausas para descanso foram sugeridas constantemente nos intervalos de cada fase do teste, que também pode ser realizado em dias alternados.

3.5. ANÁLISE DOS DADOS

Os dados utilizados foram gerados usando rotinas computacionais programadas em ambiente MATLAB R2010b. Os limiares de cada sujeito foram relativizados em relação ao maior tamanho de vetor na percepção limiar. Este procedimento foi feito para diminuir a influência da variabilidade dos resultados entre os sujeitos. Os resultados da relação entre a

discriminação cromática e luminância foram apresentados a partir de comparações entre os limiares de percepção visual de cor para cada eixo do diagrama da CIE 1976 em função da luminância de fundo do estímulo visual. Além disso, foram realizadas comparações entre áreas das elipses geradas pelos ângulos, com seus respectivos desvios-padrão.

4. RESULTADOS

4.1. LIMIAR DE DISCRIMINAÇÃO CROMÁTICA EM FUNÇÃO DA LUMINÂNCIA DE FUNDO.

A **Figura 17** mostra as médias dos vetores de cor estimados a partir dos estímulos com diferentes luminâncias de fundo. Quando avaliado o tamanho do vetor para cada um dos ângulos estudados, pode-se observar que no ângulo 0° , o tamanho do vetor foi significativamente maior na condição de luminância de fundo de 0 cd/m^2 ($p < 0,05$) que nas demais condições e o mesmo não diferiu nas demais comparações possíveis ($p > 0,05$). No vetor angulado a 45° , o tamanho do vetor foi maior na condição de 0 cd/m^2 que nas condições de $7,5 \text{ cd/m}^2$, 15 cd/m^2 e 22 cd/m^2 ($p < 0,01$). As demais comparações não apresentaram diferenças significativas. No vetor angulado em 90° , o tamanho do vetor foi maior na condição de 0 cd/m^2 em comparação com a condição de $7,5 \text{ cd/m}^2$ ($p < 0,05$). O tamanho do vetor na condição de $7,5 \text{ cd/m}^2$ foi significativamente menor que na condição de 30 cd/m^2 . As demais comparações não apresentaram diferença ($p > 0,05$). O tamanho do vetor angulado em 135° não apresentou diferenças em função da luminância do fundo do estímulo ($p > 0,05$). No ângulo 180° , o tamanho do vetor foi maior na condição 0 cd/m^2 que nas demais condições de luminância de fundo ($p < 0,01$) e não houve diferença nas demais comparações ($p > 0,05$). O mesmo resultado foi observado para o vetor angulado em 225° . Para os vetores angulados em 270° e 315° , foi observado que os tamanhos não diferiram em função da luminância do fundo ($p > 0,05$).

Outra maneira de demonstrar diferenças na variação do tamanho dos vetores em função da luminância de fundo do estímulo pode ser observar a taxa de variação do tamanho do vetor entre as condições de 0 cd/m^2 e $7,5 \text{ cd/m}^2$ e a taxa de variação tamanhos dos vetores entre as condições de luminância de fundo de $7,5$ e 30 cd/m^2 . A Tabela 1 mostra o coeficiente de

inclinação da função linear da variação média do tamanho dos vetores entre as condições de 0 cd/m^2 e 7,5 cd/m^2 e entre 7,5 e 30 cd/m^2 .

Tabela 1. Angulação da função linear ajustada aos valores de tamanho do vetor em função de diferentes faixas de luminância do fundo do estímulo.

Ângulo do vetor (graus)	Taxa de variação do vetor	Taxa de variação do vetor
	entre 0 e 7,5 cd/m^2	entre 7,5 e 30 cd/m^2
0	-0,0482	0,0021
45	-0,0462	0,0065
90	-0,031	0,0134
135	-0,0294	0,0057
180	-0,0591	0,0026
225	-0,0457	0,0042
270	-0,006	0,0012
315	-0,0214	-0,0008

Foi observado que as taxas de variação do tamanho do vetor dependiam do ângulo do vetor e da faixa de luminância do fundo do estímulo. O valor da taxa de variação do tamanho do vetor entre as condições 0 cd/m^2 e 7,5 cd/m^2 foi maior em 0° e diminuiu até 135° para então aumentar novamente em 180° e novamente diminuir com o aumento do valor da inclinação até 270° e um ligeiro aumento da inclinação em 315°. O valor da taxa de variação do tamanho do vetor entre as condições 7,5 cd/m^2 e 30 cd/m^2 foi baixa em 0° e aumentou com o aumento da angulação do vetor até 90°, para logo em seguida diminuir até a angulação de 180° e voltar a aumentar em 225°. Nos ângulos 270° e 315° a taxa de variação do vetor foi muito baixa.

A avaliação global da discriminação de cores através da medida da área das elipses de discriminação mostrou que a área da elipse foi maior em 0 cd/m² que em 7,5, 15 e 22, cd/m² ($p < 0,05$). As demais comparações não apresentaram diferenças estatísticas ($p > 0,05$) **(Figuras 18 e 19)**.

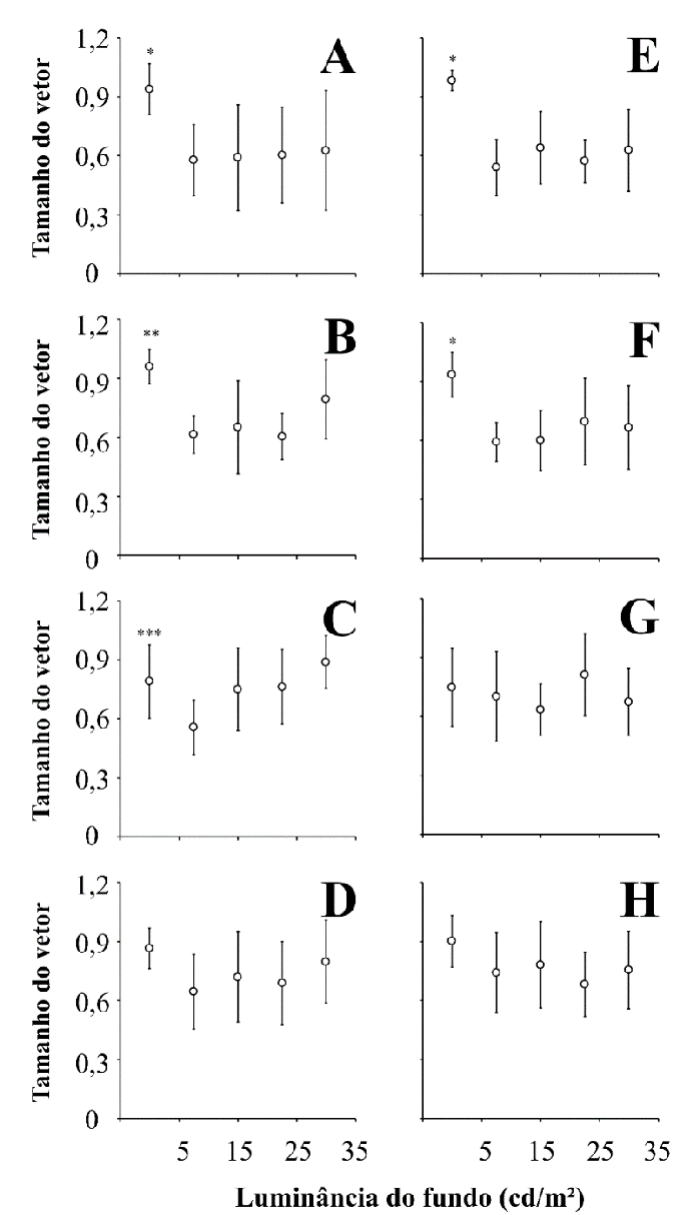


Figura 17. Comparações estatísticas entre os parâmetros de discriminação de vetores cromáticos para níveis de ruído de luminância de fundo. Vetor 0° (A), vetor 45° (B), vetor 90° (C), vetor 135° (D), vetor 180° (E), vetor 225° (F), vetor 270° (G), vetor 315° (H). *O fundo de luminância 0cdm² apresentou diferença significativamente maior quando comparado aos demais. ** O fundo de luminância com 0 cd/m² apresentou diferença significativamente maior quando comparado a luminância de fundo de 7,5 cd/m², 15 cd/m² e 22 cd/m² *** O fundo de luminância com 0 cd/m² apresentou diferença significativamente maior quando comparado a luminância de fundo de 7,5 cd/m². O fundo a 7,5 cd/m² apresentou diferença significativamente menor quando comparado a luminância de fundo de 30 cd/m²

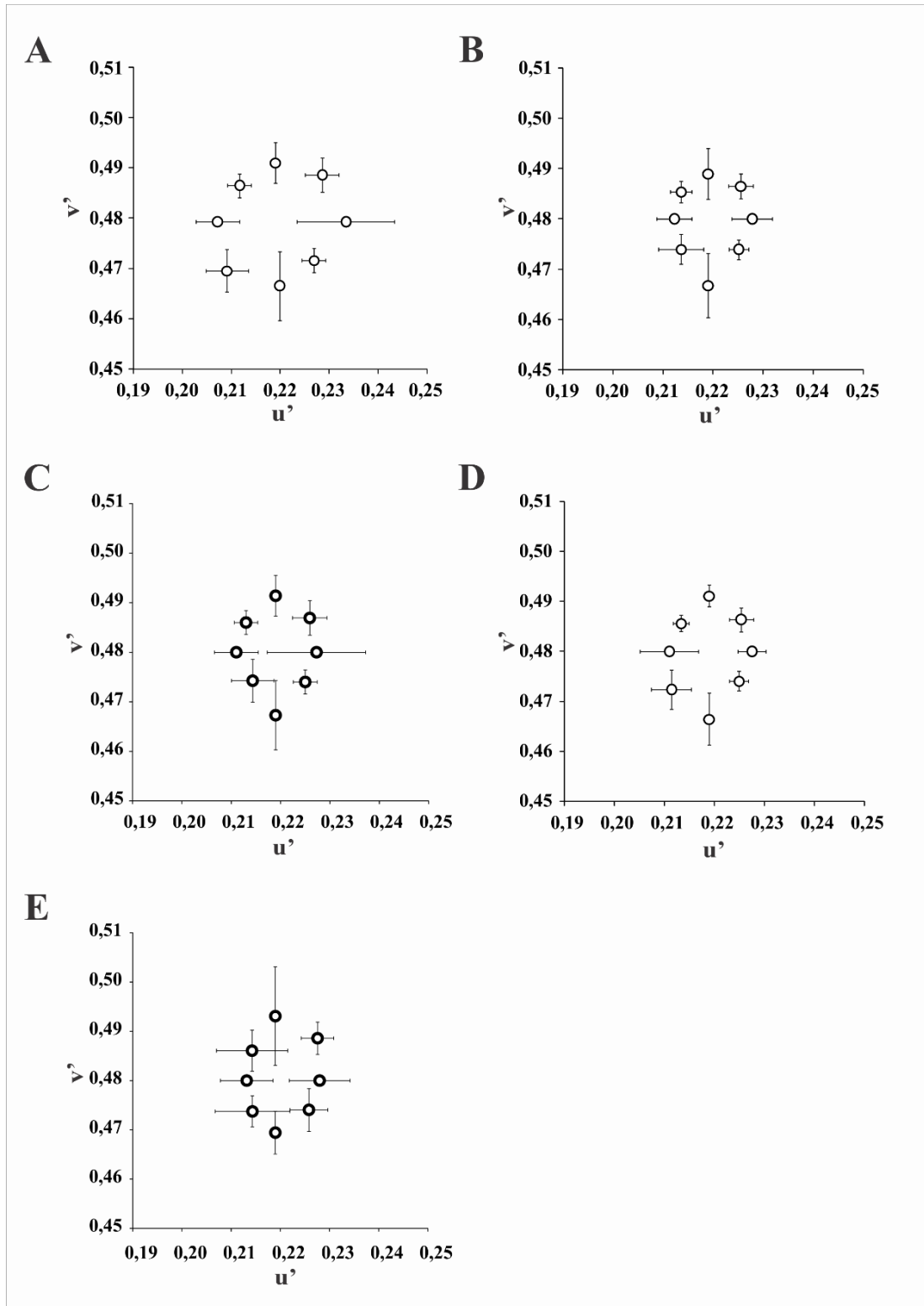


Figura 18. Elipses geradas nos eixos de cromaticidade da CIE 1976 para cada condição de luminância de fundo. Representação das elipses geradas pelos ângulos de cromaticidade utilizados nos alvos do CCT adaptado, a partir das as coordenadas $u' = 0,219$ e $v' = 0,480$ do diagrama da CIE1976. Cada elipse foi gerada pela análise dos limiares de cromaticidade nos níveis de luminância em 0 cd/m² (A); 7,5 cd/m² (B); 15 cd/m² (C); 22,5 cd/m² (D); 30 cd/m²(E).

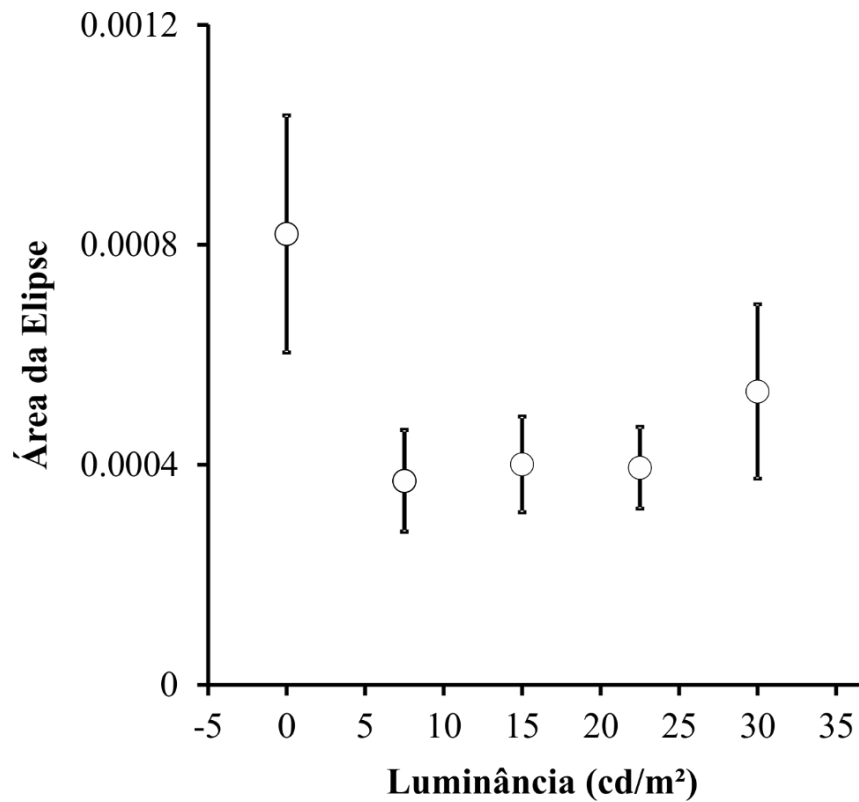


Figura 19. Áreas médias das elipses estimadas a partir dos ângulos cromáticos aplicados no alvo do estímulo adaptado em função da luminância de fundo. A área da elipse estimada no nível 0 cd/m² possui uma área maior quando comparada as elipses estimadas em 7,5 - 30 cd/m². A configuração apresenta a maior área de elipse estimada no nível 0 cd/m², com uma posterior queda acentuada em 7,5 cd/m² e aumento sensível a cada de nível de luminância até 30 cd/m².

5. DISCUSSÃO

O presente estudo mostra o efeito da variação da luminância de fundo sobre a discriminação de cores em sujeitos tricromatas. Os resultados mostram que houve dependência entre o efeito a luminância de fundo e os ângulos dos vetores estudados. As variações do tamanho dos vetores nos ângulos 0° e 180° foram muito semelhantes entre si, o tamanho do vetor foi maior em 0 cd/m^2 que em todas as demais condições. Além disso, as taxas de variação do tamanho do vetor foram também semelhantes, sendo altas taxas entre as condições de luminância de fundo de 0 cd/m^2 e $7,5 \text{ cd/m}^2$ e baixas entre as condições $7,5 \text{ cd/m}^2$ e 30 cd/m^2 . Os ângulos 0° e 180° apresentam cromaticidades que variam principalmente no eixo de oponência de cor verde-vermelho. As variações de tamanho do vetor nos ângulos 90° e 270° mostraram-se assimétricas, na qual em 90° a variação da luminância do fundo provocou modificações significativas no tamanho do vetor e em 270° a mesma variação não provocou as mesmas variações. Os ângulos 90° e 270° apresentam cromaticidades que variam principalmente no eixo de oponência de cor azul-amarela. Os resultados apresentados nos ângulos 45° e 225° foram intermediários entre os observados em 0° - 180° e 90° , no ângulo 135° foi intermediário entre 90° e 180° e no ângulo 315° foi semelhante aos resultados apresentados em 270° . Os pares de eixos 45° - 225° e 135° - 315° têm cromaticidades que variam em ambos os eixos de oponência de cor verde-vermelho e azul-amarelo.

As implicações dos resultados aqui apresentados refletem na necessidade de buscar normatizações para o uso dos estímulos pseudoisocromáticos na pesquisa e na aplicação clínica. Poucos trabalhos têm dedicado à investigação da fisiologia por trás da manipulação dos parâmetros de teste ou do próprio estímulo (Regan *et al.*, 1994; Souza *et al.*, 2014; Mendez *et al.*, 2015; Costa *et al.*, 2016). Os trabalhos pioneiros dos pesquisadores da Universidade de Cambridge - Inglaterra, que levaram a criação do teste Cambridge Colour

Test (Mollon & Reffin, 1989; Regan *et al.*, 1994), mostraram que era possível realizar um teste de discriminação de cores computadorizado e que permitiria avaliar o fenótipo da visão de cores do sujeito testado. Souza *et al.* (2014) mostrou que com o aumento do nível de luminância (número de valores de luminância dentro do ruído) aumentava a discriminação de cores. Este achado confirma dados anteriores de Switkes *et al.* (1988) que mostram que a presença do contraste de luminância nas tarefas de discriminação de cores exerce influência excitatória. Mendez *et al.* (2015) mostrou que a discriminação de cores em função da luminância média do estímulo variava de acordo com a forma de modulação do ruído de luminância do estímulo. Foi visto que com a mudança da luminância média do estímulo é necessário que se aumente a variação do ruído de luminância com o intuito de se manter o valor do contraste de Weber entre as luminâncias mínima e máxima do ruído para que não ocorra variação da discriminação de cores. O presente trabalho vem adicionar que ao se modificar a luminância do fundo, a discriminação de cores é afetada, no entanto a repercussão dessa mudança não ocorre de forma homogênea entre os vários eixos de cor.

Nos eixos de cor com cromaticidades que variavam principalmente no eixo de oponência verde-vermelho, a presença do fundo com luminância acima de 0 cd/m^2 fez com que a performance do sujeito testado fosse maior. Esse achado pode ser explicado pelo valor médio do contraste de Weber entre a luminância de cada elemento do mosaico com a luminância do fundo do estímulo. Na condição de luminância de fundo de 0 cd/m^2 , o contraste de Weber é máximo¹ (média de 119:1) e nas demais condições de luminância de fundo os valores do contraste valores bem reduzidos (entre 0,03-3,66:1). O papel do ruído de luminância no estímulo pseudoisocromático é de aumentar a camuflagem do estímulo de cor para um sujeito com discromatopsias (Mollon, 2003). Os achados para a discriminação no eixo verde-vermelho confirmam que com a diminuição do contraste dentro do ruído de

¹ Como o fundo do estímulo apresenta uma luminância residual do monitor, para os cálculos de contraste de Weber para a condição de 0 cd/m^2 foi usado o valor de $0,1 \text{ cd/m}^2$ apenas para poder fazer o cálculo do contraste.

luminância ocorreu um benefício à discriminação de cores no eixo de oponência de cor verde-vermelha. O processamento de cor verde-vermelho é principalmente processado pelos neurônios da via P, os quais podem processar tanto informações de contraste de luminância (com pouco sensibilidade ao contraste) e de contraste de cor verde-vermelho (com muita sensibilidade ao contraste) (Hicks *et al.*, 1983; Lee *et al.*, 1989). As células da via M também podem responder para estímulos verde-vermelho, mas com baixa sensibilidade, ao contrário de sua responsividade para o contraste de luminância que apresenta alta sensibilidade ao contraste (Hicks *et al.*, 1983; Lee *et al.*, 1989). No córtex visual primário a informação de cor verde-vermelha é parcialmente convergida com a informação de contraste de luminância em células localizadas nas camadas mais profundas do córtex visual primário (Johnson *et al.*, 2001; Li *et al.*, 2014). Ainda não se sabe exatamente como as interações de cor e luminância no córtex visual funcionam, mas experimentos psicofísicos têm mostrado que a presença do contraste de luminância mascarando o contraste de cor verde-vermelho aumenta a discriminação psicofísica (Switkes *et al.*, 1988; Souza *et al.*, 2014) e que com a diminuição da magnitude do ruído há melhora no desempenho da discriminação de cor (Mendez *et al.*, 2016, presente investigação).

Outro resultado importante desta dissertação foi a presença de assimetrias na percepção limiar no eixo de oponência azul-amarelo. Foi observado que o tamanho do vetor angulado em 90° foi menor na condição de luminância do fundo de $7,5 \text{ cd/m}^2$ e aumentava para as luminâncias menores e maiores, enquanto o vetor angulado em 270° não variou significativamente em tamanho com a mudança da luminância do fundo. Alguns estudos têm mostrado que o canal de oponência azul-amarelo apresenta assimetrias funcionais como tempo de reação mais longo para o azul que para o amarelo (Medina & Diaz, 2006; 2010; Tailby, 2008; Medina & Mullen, 2010). Tailby *et al.* (2008) registraram neurônios no núcleo geniculado lateral que recebiam sinais excitatórios e sinais inibitórios dos cones-S. Eles

observaram que essas duas classes de células apresentavam um conjunto de diferenças funcionais. As células com sinal excitatório dos cones S (células S+) recebem informações dos cones L e M de mesma característica (excitatória ou inibitória), enquanto as células que recebem informações inibitórias dos cones S (células S-) recebem informações dos cones L e M com sinais opostos (quando um é excitatório, o outro é inibitório), tornando possível dentro do canal de células S- a existência de um mecanismo capaz de distinguir informações dos cones L e M. As células S+ tem preferências por cores próximas ao eixo de oposição do cone S (tonalidades de azuis), enquanto as células S- têm preferência por uma quantidade mais dispersa de cores próxima da cor amarela. De Valois *et al.* (2000) também descreveram que células S- tinham preferência por matizes amarelas. As assimetrias entre as células S+ e S- devem ser responsáveis pela diferença na influência da variação da luminância do fundo sobre a discriminação de cor sobre os vetores no eixo azul amarelo. Devos *et al.* (1996) e Costa *et al.* (2016) mostraram que sujeitos com discromatopsias verde-vermelha também tinham vetores tritan maiores que sujeitos tricromatas normais, devido à possível perda do mecanismo de discriminação verde-vermelha dentro do canal S-.

Os resultados desta dissertação nos motivam a questionar sobre os testes atuais para avaliação da visão de cores que usam estímulos pseudoisocromáticos. O teste de Ishihara utiliza estímulos pseudoisocromáticos inseridos em um fundo de luminância com valor maior que as luminâncias presentes no ruído de luminância do próprio estímulo. Isso faz com que o ruído de luminância do mosaico tenha menos efeito sobre a discriminação verde-vermelha (foco da ferramenta avaliativa do teste) e o teste se tornaria mais fácil para esta tarefa. (Sloan & Habel, 1956; Belcher *et al.*, 1958; Cronem, 1961; Katavisto, 1961; Aarnisalo, 1979; Haskett & Hovis, 1986; Birch & McKeever, 1993; Birch, 1997; Cosstick *et al.*, 2005; Miyahara, 2008; Rodriguez-Carmona *et al.*, 2012). O mesmo pode ser questionado sobre o teste HRR para a avaliação da visão de cores (Birch, 2010).

A presente dissertação unindo-se aos resultados prévios de Souza et al. (2014) e Mendez et al. (2016) sugere que a discriminação de cores estimada com o uso de estímulos pseudoisocromáticos é dependente da quantidade de contrastes de luminância no ruído de cor e da magnitude do ruído de luminância, a qual pode estar alterada tanto devido modificações nos limites do próprio ruído quanto pela inserção de um fundo luminoso ao estímulo.

6. CONCLUSÃO

Conclui-se que a variação de luminância do fundo do estímulo exerce influência sobre a discriminação de cores em sujeitos tricromatas normais. O efeito foi simétrico no eixo de oponência de verde-vermelho e assimétrico no eixo de oponência azul-amarelo. Os resultados desta dissertação podem contribuir para uma busca por normatização do uso de placas pseudoisocromáticas.

7. REFERÊNCIAS

- Aarnisalo, E. (1979). Screening of red-green defects of colour vision with pseudoisochromatic tests. *Acta ophthalmologica*, 57(3), 397-408.
- Adler, F. H. (1965). *Physiology of the Eye*. Academic Medicine, 40(7), 720.
- Barthem, R. (2005). *A Luz, Temas Atuais de Física*. Editora Livraria da Física: Sociedade Brasileira de Física. São Paulo, 1, 38.
- Belcher, S. J., Greenshields, K. W., and Wright, W. D. (1958). Colour vision survey: using the Ishihara, Dvorine, Boström and Kugelberg, Boström, and American-Optical Hardy-Rand-Rittler tests. *The British journal of ophthalmology*, 42(6), 355.
- Benson, W. E. (1995). *An introduction to color vision*. Duane's Clinical Ophthalmology. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1-19.
- Birch, J. (1997). Efficiency of the Ishihara test for identifying red-green colour deficiency. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 17(5), 403-408.
- Birch, J. (2010). Identification of red–green colour deficiency: sensitivity of the Ishihara and American Optical Company (Hard, Rand and Rittler) pseudo-isochromatic plates to identify slight anomalous trichromatism. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 30(5), 667-671.
- Birch, J., and McKeever, L. M. (1993). Survey of the accuracy of new pseudoisochromatic plates. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 13(1), 35-40.
- Bowmaker, J. K., Astell, S., Hunt, D. and Mollon, J. D. (1991). Photosensitive and photostable pigments in the retinae of Old World monkeys. *Journal of Experimental Biology*, 156, 1-19.
- Boynton, R. M. *Human color vision*. 2ª ed. Washington: Optical Society of America, 1996. p. 33-57.
- Bruni, Lígia Fernanda, & Cruz, Antonio Augusto Velasco e. (2006). Sentido cromático: tipos de defeitos e testes de avaliação clínica. *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*, 69(5), 766-775. <https://dx.doi.org/10.1590/S0004-27492006000500028>

- Buck S. L., Knight R., Fowler G., and Hunt B. (1998). Rod influence on hue-scaling functions. *Vision Research*, 38, 3259-3263.
- Buck, S. L. (2003). Rod-cone interactions in human vision. In: L. M. Chalupa & J. S. Werner (Eds.). *The visual neurosciences* (pp. 863-878). Cambridge, MA: MIT Press
- Castelo-Branco, M., Faria, P., Forjaz, V., Kozak, L. R., and Azevedo, H. (2004). Simultaneous comparison of relative damage to chromatic pathways in ocular hypertension and glaucoma: correlation with clinical measures. *Investigative ophthalmology & visual science*, v 45, pp 499-505.
- Chan, X.B.V.;Goh, S.M.S.; Tan, N.C. (2014) Subjects with colour vision deficiency in the community: what do primary care physicians need to know? *Asia Pacific Family Medicine*. 13:10.
- Coren, S. (2003). Sensation and perception. In: Freedhein, D. K.; Weiner, I. B.; *Handbook of psychology: History of psychology* (chap. 5, pp. 85-108). New Jersey: John Wiley & Sons.
- Cosstick, M., Robaei, D., Rose, K., Rochtchina, E., and Mitchell, P. (2005). Numerical confusion errors in ishihara testing: findings from a population-based study. *American journal of ophthalmology*, 140(1), 154-156.
- Costa, M. F., Goulart, P. R., Barboni, M. T., and Ventura, D. F. (2016). Reduced Discrimination in the Tritanopic Confusion Line for Congenital Color Deficiency Adults. *Frontiers in psychology*, 7.
- Costa, M. F., Oliveira, A. G. F., Feitosa-Santana, C., Zatz, M., and Ventura, D. F. (2007). Red-green color vision impairment in Duchenne muscular dystrophy. *The American Journal of Human Genetics*, v 80, pp 1064-1075.
- Cronem, R. A. (1961). Quantitative Diagnosis of Defective Color Vision** From the Veterans Administration Hospital and Department of Pathology, University of Utah College of Medicine, Salt Lake City, Utah.: A comparative evaluation of the Ishihara test, the farnsworth dichotomous test and the Hardy-Rand-Rittler polychromatic plates. *American journal of ophthalmology*, 51(2), 298-305.

- Curcio, C. A., Sloan, K. R., Kalina, R. E., and Hendrickson, A. E. (1990). Human photoreceptor topography. *Journal of Comparative Neurology*, 292(4), 497-523.
- Dacey D. M., and Lee B. B. (1994). The 'blue-on' opponent pathway in primate retina originates from a distinct bistratified ganglion cell type. *Nature*, 367(6465), pp 731-735.
- Dain, S.J. (2004). Clinical colour vision test. *Clinical & experimental optometry. JOSA A*, 87 (4-5), 276-93.
- Dartnall, H. J., Bowmaker, J. K., and Mollon, J. D. (1983). Human visual pigments: microspectrophotometric results from the eyes of seven persons. *Proceedings of the Royal Society of London*, 220, 115-130.
- De Valois, R. L., Cottaris, N. P., Elfar, S. D., Mahon, L. E., and Wilson, J. A. (2000). Some transformations of color information from lateral geniculate nucleus to striate cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(9), 4997-5002.
- De Valois, R. L., Smith, C. J., Kitai, S. T., and Karoly, A. J. (1958). Response of single cells in monkey lateral geniculate nucleus to monochromatic light. *Science*. 127, 238-239.
- Delahunt, P. B., Webster, M. A., Ma, L., and Werner, J. S. (2004). Long-term renormalization of chromatic mechanisms following cataract surgery. *Visual neuroscience*, v21, pp 301-307.
- Devos, M., Spileers, W., and Arden, G. (1996). Colour contrast thresholds in congenital colour defectives. *Vision research*, 36(7), 1055-1065.
- DeVries, S. H. (2000). Bipolar cells use Kainate and AMPA receptors to filter visual information into separate channels. *Neuron*, 28, 847-856.
- DeVries, S. H.; and Schwartz, E. A. (1999). Kainate receptors mediate synaptic transmission between cones and off bipolar cells in a mammalian retina. *Nature*, v.397, p.157-60
- Dominy, N. J., and Lucas P.W. (2001). Ecological importance of trichromatic colour vision to primates. *Nature*, 410:363-365.
- Dominy, N. J., Svenning, J. C., and Li, W. H. (2003). Historical contingency in the evolution of primate color vision. *Journal of Human Evolution*. 44:25-45.

- Dondis, D. A., & Camargo, J. L. (1997). *Sintaxe da linguagem visual*. (3ª ed.) São Paulo: Martins fontes.
- Dowling, J. E. (1987). *The retina: an approachable part of the brain*. Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Farias, L. M. D. A. (2015). *Correlação entre parâmetros estimados pelos testes Colour Assessment and Diagnosis e Cambridge Colour Test na avaliação da discriminação de cores*. tese de mestrado, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém.
- Goodale, M. A., and Milner, A. D. (1992). Separate visual pathways for perception and action. *Trends in neurosciences*, 15(1), 20-25.
- Goulart, P. R., Bandeira, M. L., Tsubota, D., Oiwa, N. N., Costa, M. F., and Ventura, D. F. (2008). A computer-controlled color vision test for children based on the Cambridge Colour Test. *Visual neuroscience*, 25(3), 445.
- Gualtieri, M. (2004). *Visão de cores e sensibilidade ao contraste em indivíduos com diabetes melito: avaliação psicofísica e eletrofisiológica*. Master's Dissertation, Instituto de Psicologia, University of São Paulo, São Paulo. Retrieved 2016-08-11, from <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/47/47135/tde-19032009-164115/>
- Guimarães, L. (2011). *As cores na mídia*. *Revista Ghrebh*, 1(01).
- Guimarães, D.L, Lacerda, E.M.C.B., Salomão, R.C., Leão, R.F.C., Fuzii, H.T., Costa, C.A., Sousa, M.S., Silveira, L.C.L., Souza, G.S. (2016). *Pacientes assintomáticos infectados por vírus linfotrópico humano do tipo 1 apresentam perda da visão de cores e visão de luminância preservada*. XXXI Reunião Anual da Federação de Sociedades de Biologia Experimental. Foz do Iguaçu, PR.
- Hartline, H. K. (1940). The receptive fields of optic nerve fibers, *American Journal of Physiology*, 130, 690–699.
- Haskett, M. K., and Hovis, J. K. (1987). Comparison of the Standard Pseudoisochromatic Plates to the Ishihara color vision test. *Optometry & Vision Science*, 64(3), 211-216.

- Hendry, S. H., and Reid, R. C. (2000). The koniocellular pathway in primate vision. *Annual review of neuroscience*, 23(1), 127-153.
- Hendry, S. H., and Yoshioka, T. (1994). A neurochemically distinct third channel in the macaque dorsal lateral geniculate nucleus. *Science*, 264(5158), 575-578.
- Hicks, T. P., Lee, B. B., & Vidyasagar, T. R. (1983). The responses of cells in macaque lateral geniculate nucleus to sinusoidal gratings. *The Journal of physiology*, 337, 183.
- Hubel, D. H. and Wiesel, T. N. (1968). Receptive fields and functional architecture of monkey striate cortex. *The Journal of physiology*, v. 195, pp. 215-243.
- Ishihara, S (1997). *Series of Plates Designed as Tests for Colour-blindness*. Tokyo: Handaya Hongo Harukich, pp 5.
- Jackson T. L., Ong G. L, and Ripley L. G. (2004). Orientational contrast sensitivity and chromatic contrast thresholds in multiple sclerosis. *American Journal Of Ophthalmology* 137:283-286.
- Jacobs, G. H.(1996). Primate photopigments and primate color vision. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 93,577-581.
- Jacobs, G. H., and Rowe, M. P. (2004). Evolution of vertebrate colour vision. *Clinical and Experimental Optometry*, 87(4-5), 206-216.
- Johnson, E. N., Hawken, M. J., and Shapley, R. (2001). The spatial transformation of color in the primary visual cortex of the macaque monkey. *Nature neuroscience*, 4(4), 409-416.
- Kaas, J. H., Huerta, M. F., Weber, J. T., and Harting, J. K. (1978). Patterns of retinal terminations and laminar organization of the lateral geniculate nucleus of primates. *Journal of Comparative Neurology*, 182(3), 517-553.
- Kaiser, P. K., and Boynton, R. M. (1996). *Human color vision*. 2^a ed. p. 33-57. Washington: Optical Society of America
- Kanski, J. J., and Bowling, B. (2011). *Clinical ophthalmology: a systematic approach*. Elsevier Health Sciences. 6 th. ed. [S.I.]: [s.n], 2007.

- Kaplan, E., and Shapley, R.M. 1982. X and Y cells in the lateral geniculate nucleus of macaque monkeys. *Journal of Physiology*, vol. 330: pp. 125-143.
- Katavisto, M. (1961). Pseudo-isochromatic plates and artificial light. *Acta ophthalmologica*, 39(3), 377-390.
- Kolb, H. (2003). How the retina works. *American scientist*, 91(1), 28-35.
- Kolb, H., and Famiglietti, E. V. (1974). Rod and cone pathways in the inner plexiform layer of the cat retina. *Science*, 186, 47-49.
- Kosnik, W., Winslow, L., Kline, D., Rasinski, K., and Sekuler, R. (1988). Visual changes in daily life throughout adulthood. *Journal of Gerontology*, 43(3), P63-P70.
- Kosslyn, S. M., and Andersen, R. A. (1995). *Frontiers in cognitive neuroscience*. MIT Press
- Kuffler, S. W. (1953). Discharge patterns and functional organization of mammalian retina. *Journal of neurophysiology*, 16(1), 37-68.
- Kulpa, C. C., Teixeira, F. G., and da Silva, R. P. (2010). Um modelo de cores na usabilidade das interfaces computacionais para os deficientes de baixa visão. *Design & Tecnologia*, 1(01), 66-78.
- Kupfer, C., Chumbley, L., and Downer, J. D. C. (1967). Quantitative histology of optic nerve, optic tract and lateral geniculate nucleus of man. *Journal of anatomy*, 101(Pt 3), 393.
- Lee, B. B., Martin, P. R., and Valberg, A. (1989). Amplitude and phase of responses of macaque retinal ganglion cells to flickering stimuli. *The Journal of physiology*, London, 414, 245.
- Leek, M. R. (2001). Adaptive procedures in psychophysical research. *Perception & Psychophysics*, 63(8), 1279-1292.
- Levine M. E. (2000). *Fundamentals of Sensation and Perception*. Oxford: Oxford University Press.
- Li, X., Chen, Y., Lashgari, R., Bereshpolova, Y., Swadlow, H. A., Lee, B. B., and Alonso, J. M. (2015). Mixing of chromatic and luminance retinal signals in primate area V1. *Cerebral Cortex*, 25(7), 1920-1937.

- Lima, M. G.; Gomes, B. D.; Ventura, D. F.; & Silveira, L. C. L.(2011). Métodos utilizados na avaliação psicofísica da visão de cores humana. *Psicologia. USP* [online]., vol.22, n.1, pp. 197-222. ISSN 0103-6564.
- Livingstone, M. S., and Hubel, D. H. (1984). Anatomy and physiology of a color system in the primate visual cortex. *Journal of Neuroscience*, 4(1), 309-356.
- Lucas, P.W.; Darvell, B.W.; Lee P.K.D.; Yuen, T.D.B. and Choong, M.F. (1998). Colour cues for leaf food selection by long-tailed macaques (*macacafascicularis*) with a new suggestion for the evolution of trichromatic colour vision. *Folia primatologica*, 69:139-154.
- Mancuso K, et al. (2009) Gene therapy for red-green colour blindness in adult primates. *Nature* 461:784 –787.
- Martinovic, J.; Mordal, J.; and Wuerger, S. (2011). Event-related potentials reveal an early advantage for luminance contours in the processing of objects. *Journal of Vision*,11: pp. 1-15
- Masland, R. H. (2001). The fundamental plan of the retina. *Nature neuroscience*, 4(9), 877-886.
- Medina, J. M., and Díaz, J. A. (2006). Postreceptoral chromatic-adaptation mechanisms in the red-green and blue-yellow systems using simple reaction times. *JOSA A*, 23(5), 993-1007.
- Medina, J. M., and Díaz, J. A. (2010). S- cone excitation ratios for reaction times to blue-yellow suprathreshold changes at isoluminance. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 30(5), 511-517.
- Medina, J. M., and Mullen, K. T. (2009). Cross-orientation masking in human color vision. *Journal of vision*, 9(3), 20-20.
- Méndez, I. C., Martín, A., Charmichael, T. L., Jacob, M. M., Lacerda, E. M., Gomes, B. D., ... and Souza, G. S. (2016). Color Discrimination Is Affected by Modulation of Luminance Noise in Pseudoisochromatic Stimuli. *Frontiers in Psychology*, 7.

- Miyahara, E. (2008). Errors reading the Ishihara pseudoisochromatic plates made by observers with normal colour vision. *Clinical and Experimental Optometry*, 91(2), 161-165.
- Mollon J. D. (2003). “The origins of modern color science,” in *Color Science* ed. Shevell S., editor. (Washington, DC: Optical Society of America) 1–39.
- Mollon, J. D. and Reffin, J. P. (1989). A computer-controlled colour vision test that combines the principles of Chibret and of Stilling. *Journal of Physiology*, pp.414, p.5.
- Mollon, J.D. and Regan, J.P. (2000). *Handbook of the Cambridge Colour Test*. London, UK: Cambridge Research Systems. www.crsLtd.com
- Naka, K. I.; and Rushton, W. A. H. (1966). S-potentials from colour units in the retina of fish (Cyprinidae). *Journal of Physiology, London*, v.185, p.536-55.
- Neitz, M. and Neitz, J. (2000). Molecular genetics of color vision and color vision defects. *Archives of Ophthalmology*, 118, 691-700.
- Nelson, R., Famiglietti, E. V., and Kolb, H. (1978). Intracellular staining reveals different levels of stratification for on-and off-center ganglion cells in cat retina. *Journal of Neurophysiology*, 41(2), 472-483.
- Newell F. *Oftalmologia - Fundamentos e conceitos* Madrid: Mosby; 1997.
- Nishida, S. M. (2007). *Curso de Fisiologia Ciclo de Neurofisiologia*. Departamento de Fisiologia, IB Unesp-Botucatu.
- Nomura, A., Shigemoto, R., Nakamura, Y., Okamoto, M., Mizuno, N., and Nakanishi, S. (1994). Developmentally regulated postsynaptic localization of a metabotropic glutamate receptor in rat rod bipolar cells. *Cell*, 77. 361- 369.
- Pacheco-Cutillas, M., Edgar, D., and Sahraie, A. (1999). Acquired colour vision defects in glaucoma—their detection and clinical significance. *The British Journal of Ophthalmology*, 83(12), 1396–1402.
- Pereira, J. R., Reis, A. M., & Magalhães, Z. (2003). Neuroanatomia funcional: Anatomia das áreas activáveis nos usuais paradigmas em ressonância magnética funcional. *Acta médica portuguesa*, 16, 107-116.

- Perry, V. H., and Cowey, A. (1984). Retinal ganglion cells that project to the superior colliculus and pretectum in the macaque monkey. *Neuroscience*, 12(4), 1125-1137.
- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Kartz, L. C., LaMantia, A. S., McNamarra, J. O., ... (2005). *Neurociências*. (2ª ed.). Porto Alegre: Artmed.
- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Katz, L. C., LaMantia, A. S., McNamara, J. O., & Williams, S. M. (2001). Types of eye movements and their functions. *Neuroscience*, 361-390.
- Regan, B. C., Freudenthaler, N., Kolle, R., Mollon, J. D., and Paulus, W. (1998). Colour discrimination thresholds in Parkinson's disease: results obtained with a rapid computer-controlled colour vision test. *Vision research*, 38(21), 3427-3431.
- Regan, B. C., Reffin, J. P., and Mollon, J. D. (1994). Luminance noise and the rapid determination of discrimination ellipses in colour deficiency. *Vision research*, 34(10), 1279-1299.
- Regan, B. C., Reffin, J. P. and Mollon, J. D. (1994). Luminance noise and the rapid determination of discrimination ellipses in colour deficiency. *Vision Research*, 34, 1279-1299.
- Reid, R. C.; and Usrey, W. M. (2008). Vision. In: Squire, L., Berg, D., Bloom, F. E., Du Lac, S., Ghosh, A., and Spitzer, N. C. (Eds.) (pp. 03-15). *Fundamental neuroscience*. Academic Press in a print Elsevier.
- Rodriguez-Carmona, M., O'Neill-Biba, M., and Barbur, J. L. (2012). Assessing the severity of color vision loss with implications for aviation and other occupational environments. *Aviation, space, and environmental medicine*, 83(1), 19-29.
- Rowe, M. H. (2002). Trichromatic color vision in primates. *News in Physiological Sciences*, 17, 93-98.
- Sato, M. T., Moreira, A. V., Guerra, D. R., Carvalho, A. C. A. D., and Júnior, C. A. M. (2002). Discromatopsias congênicas e condução de veículos. *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*, 65(1), 53-58. <https://dx.doi.org/10.1590/S0004-27492002000100010>
- Schiffman, H. R. (2005). *Sensação e percepção* (5ª ed.). Rio de Janeiro: LTC.

- Schiller, P. H., Sandell, J. H., and Maunsell, J. H. (1986). Functions of the ON and OFF channels of the visual system. *Nature*, 322(6082), 824-825.
- Farina, M. (1982). *Psicodinâmica das cores em comunicação*. Editora Edgard Blucher.
- Schnapf, J. L., Kraft, T. W., and Baylor, D. A. (1987). Spectral sensitivity of human cone photoreceptors. *Nature*, 325(6103), 439-441.
- Siegelbaum, S. A., and Hudspeth, A. J. (2000). Principles of neural science (Vol. 4, pp. 1227-1246). E. R. Kandel, J. H. Schwartz, & T. M. Jessell (Eds.). New York: McGraw-hill.
- Silva, J. A. D., Gadelha, M. J. N., Andrade, M. J. O. D., Silva, J. S. C. D., & Santos, N. A. D. (2011). Sensibilidade ao contraste espacial de adultos jovens para grades senoidais verticais em condições diferentes de luminância. *Psicologia: teoria e prática*, 13(3), 15-25.
- Silveira, L. C. L. and de Mello Jr., HD (1998) Parallel pathways of the primate vision: Sampling of the information in the Fourier space by M and P cells. In: Chalupa, I. M. & Finlay, B.L. Development and organization of the retina: From molecules to function. Plenum press, New York, pp, 173-199.
- Simunovic, M. P., Votruba, M., Regan, B. C., and Mollon, J. D. (1998). Colour discrimination ellipses in patients with dominant optic atrophy. *Vision research*, v38, pp 3413-3419.
- Sincich, L. C., and Horton, J. C. (2005). The circuitry of V1 and V2: integration of color, form, and motion. *Annual Review of Neuroscience*, 28, 303-326.
- Sloan, L. L., and Habel, A. (1956). Tests for Color Deficiency Based the Pseudoisochromatic Principle: A Comparative Study of Several New Tests. *AMA archives of ophthalmology*, 55(2), 229-239.
- Smith, A. C.; Kelez, S.; and Buchaman-Smith, H. M. (2004). Factor saffecting vigilance within wild mixed-speciestro ops of saddle back (*Saguinusfuscicollis*) and moustached tamarins (*S. mystax*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 56: 18-25.
- Souza, G. D. S., Lacerda, E. M. D. C. B., Silveira, V. D. A., Araújo, C. D. S., & Silveira, L. C. D. L. (2013). A visão através dos contrastes. *Estudos avançados*, 27(77), 45-60.

- Souza, G. S., Malone, F. L., Crawford, T. L., Miquilini, L., Salomão, R. C., Guimarães, D. L., Ventura, D. F., Fitzgerald, M. E. C., and Silveira, L. C. L. (2014). Low number of luminance levels in the luminance noise increases color discrimination thresholds estimated with pseudoisochromatic stimuli. *Frontiers in Psychology*, 5, 1291. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01291>
- Sterling, P. (2003). How retinal circuits optimize the transfer of visual information. In: L. M. Chalupa and J. S. Werner (Eds.). *The visual neurosciences* (pp. 234-259). Cambridge: MIT Press.
- Switkes E., Bradley A., and De Valois K. K. (1988). Contrast dependence and mechanisms of masking interactions among chromatic and luminance gratings. *JOSA A*, 5, 1149–1162. 10.1364/JOSAA.5.001149.
- Tagarelli, A., Piro, A., Tagarelli, G., Lantieri, P. B., Risso, D. and Olivieri, R. L. (2004) Colour blindness in everyday life and car driving. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, 82(4), 436–442.
- Tailby, C., Solomon, S. G., and Lennie, P. (2008). Functional asymmetries in visual pathways carrying S-cone signals in macaque. *Journal of Neuroscience*, 28(15), 4078-4087.
- Teixeira R.A.A (2012). Relação entre funções cognitivas e perdas adquiridas na visão de cores de pacientes com esclerose múltipla tipo remitente-recorrente. Tese de doutorado, Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Ventura, D. F., Gualtieri, M., Oliveira, A. G., Costa, M. F., Quiros, P., Sadun, F., ... & Sadun, A. A. (2007a). Male prevalence of acquired color vision defects in asymptomatic carriers of Leber's hereditary optic neuropathy. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 48(5), 2362-2370.
- Ventura, D. F. (2007b). Visão de cores no primeiro ano de vida. *Psicologia USP*, 18(2), 83-97.
- Vidyasagar, T. R., Kulikowski, J. J., Lipnicki, D. M., and Dreher, B. (2002). Convergence of parvocellular and magnocellular information channels in the primary visual cortex of the macaque. *European Journal of Neuroscience*, 16(5), 945-956.
- Wandell, B. A. (1995). *Foundations of vision*. Sinauer Associates.

- Weinstein, J. (1997). An Introduction to the Biology of Vision. *Archives of Ophthalmology*, 115(12), 1608-1608.
- World Health Organization. (2010). International classification of diseases. 2010. Retrieved from WHO Programs and Projects: <http://apps.who.int/classifications/apps/icd/icd10online>.
- Wurtz, R. H., & Kandel, E. R. (2003). Vias visuais centrais. Em: Kandel, J. H. Schwartz, & T. M. Jessel, *Princípios da neurociência* (4ª ed.) (pp. 523-547). São Paulo: Manole.
- Zhang, A. J., and Wu, S. M. (2009). Receptive fields of retinal bipolar cells are mediated by heterogeneous synaptic circuitry. *The Journal of Neuroscience*, 29(3), 789-797.
- Zhao, H.; Rossiter, S. J.; Teeling, E.C.; Li, C.; Cotton, J.A.; and Zhang, S (2009). The evolution of color vision in nocturnal mammals. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106: 8980-5.

APÊNDICE E ANEXOS

Apêndice 1



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

PROJETO: INFLUÊNCIA DA LUMINÂNCIA DE FUNDO EM ESTÍMULOS PSEUDOISOCROMÁTICOS SOBRE A DISCRIMINAÇÃO DE CORES EM HUMANOS.

ESCLARECIMENTO DA PESQUISA

Este projeto tem o objetivo avaliar os efeitos da luminância de fundo sobre a discriminação de cores em humanos utilizando estímulos pseudoisocromáticos. Para isso, será utilizado um teste pseudoisocromático baseado no *Cambridge Colour Test*, que consiste na apresentação de um mosaico compostos por discos diferentes entre si, com tamanhos e brilhos próprios, posicionados de forma aleatória; e na identificação da posição de um alvo na forma de “C de Landolt”, que se destaca do fundo devido ao seu contraste cromático. O teste avalia o limiar de contraste cromático em função da mudança da luminância de fundo e gera automaticamente dados para posterior comparação. As pessoas que participarem deste estudo terão a simples tarefa de pressionar os botões do Controle *CT6 Push Button Response Box* para indicar a sua percepção quanto a abertura do alvo. Os resultados da relação entre a discriminação cromática e luminância serão apresentados a partir de comparações entre os limiares para cada eixo do diagrama da CIE 1976 em função da luminância de fundo do estímulo visual e das comparações entre áreas das elipses geradas pelos ângulos. Os procedimentos não são invasivos e serão aplicados nos sujeitos que **voluntariamente** desejarem passar pela avaliação visual.

O possível desconforto do projeto para a pessoa que será testada está na disposição tempo para as avaliação e na necessidade de permanecer por muito tempo sentado. Ao sinal de qualquer queixa, o exame será finalizado. Os benefícios para a pessoa que participará voluntariamente da pesquisa é que ela terá uma avaliação de visão de cores importante que ajudará a fazer aconselhamento pessoal e educacional. Para a ciência, o benefício será o de contribuir para aumentar os conhecimentos sobre os procedimentos metodológicos aplicados em testes pseudoisocromáticos e entender a fisiologia da percepção de cor. Deixamos claro que as pessoas testadas serão voluntárias e poderão desistir em qualquer parte do processo de avaliação visual. Garantimos a privacidade e o anonimato das pessoas testadas no uso dos dados na pesquisa científica. Qualquer tipo de reclamação ou denúncia pode ser feito através do telefone e endereços do comitê de ética em pesquisa que constam ao final deste termo. Por fim, os resultados da pesquisa serão apresentados como trabalho para obtenção do título de mestre, resumos de congressos e artigos no meio científico.

Responsável: Esp. Rodrigo Canto Moreira

End.: Avenida Generalíssimo Deodoro, 92. Fone: 32010964/982149403/996041372

CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Declaro que li as informações acima sobre a pesquisa, que me sinto perfeitamente esclarecido sobre o conteúdo da mesma, assim como seus riscos e benefícios. Declaro ainda que, por minha livre vontade, aceito participar da pesquisa cooperando com a coleta de dados.

, / /

Assinatura do sujeito da pesquisa ou do responsável

Núcleo de Medicina Tropical, Av. Generalíssimo Deodoro, 92 – Umarizal CEP 66.055-240 Belém – PA. (CEP-NMT/UFPA) – Av. Generalíssimo Deodoro, 92, 1º andar, Umarizal – CEP: 66.055-240 – Belém – Pará. Tel: (91) 3201-6857. E-mail: cepbel@uf

Anexo A - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: EFEITO DO RUÍDO SIMBÓLICO SOBRE A DISCRIMINAÇÃO DE CORES UTILIZANDO ESTÍMULOS PSEUDOISOCROMÁTICOS.

Pesquisador: Givago da Silva Souza
21973813.3.0000.5172

CAAE:

Instituição Proponente: Núcleo de Medicina Tropical-NMT/ Universidade Federal do Pará – UFPA

Patrocinador Principal: MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 570.434
13/02/2014

Data da Relatoria:

Apresentação do Projeto:

Esse projeto está sendo submetido pela segunda vez. A versão atual apresenta todos os itens exigidos. Esse projeto pretende avaliar a influência de diferentes símbolos na composição do mosaico de estímulos pseudoisocromáticos na discriminação de cores de sujeitos tricromatas e dicromatas.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário: Avaliar o efeito do número e tipo de símbolos que compõem os estímulos pseudoisocromáticos sobre a discriminação de cores de sujeitos tricromatas e dicromatas.

Objetivo Secundário: Desenvolver estímulos pseudoisocromáticos com 1, 2, 3 ou 4 símbolos separados ou conjugados; Estimar a discriminação de cores com estímulos pseudoisocromáticos com diferentes combinações de símbolos.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Os participantes envolvidos nesta pesquisa podem sentir-se cansados durante os testes, devido à quantidade de testes executados e tempo demandado nestes. Portanto, são dados intervalos entre os testes para que não haja prejuízo ao bem estar do sujeito. Caso o participante sinta mal estar, o teste é finalizado.

Benefícios: Os benefícios para a pessoa que participará voluntariamente da pesquisa é que ela terá uma avaliação médica visual importante. Para a ciência, o benefício será o de contribuir para aumentar os conhecimentos sobre a visão de cor em humanos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Baseado no parecer do relator anterior o autor realizou as alterações sugeridas.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O TCLE foi apresentado e o autor fez as correções sugeridas pelo relator.

Situação do Parecer:

Aprovado

Anexo B – PLANILHA DE ACOMPANHAMENTO DE RESULTADOS DO LIVRO “Ishihara’s Tests for Colour Deficiency”

Teste das Lâminas Pseudoisocromáticas de Ishihara						
Planilha para acompanhamento do teste de Ishihara						
Placa	Normal	Discriminação Deficiente		Resposta do Sujeito		
				Ausente	D	E
1	12		12	12		
2	8		3	X		
3	6		5	X		
4	29		70	X		
5	57		35	X		
6	5		2	X		
7	3		5	X		
8	15		17	X		
9	74		21	X		
10	2		X	X		
11	6		X	X		
12	97		X	X		
13	45		X	X		
14	5		X	X		
15	7		X	X		
16	16		X	X		
17	73		X	X		
18	X		5	X		
19	X		2	X		
20	X		45	X		
21	X		73	X		
		Protan		Deutan		
		Grave	Leve	Grave	Leve	
22	26	6	(2) 6	2	(2) 6	X
23	42	2	(4) 2	4	(4) 2	X
24	35	5	(3) 5	3	(3) 5	X
25	96	6	(9) 6	9	(9) 6	X
Conclusão:						