



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

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

PATRICIA SEIXAS ALVES SANTOS

**FUNÇÃO DE SENSIBILIDADE AO CONTRASTE DE LUMINÂNCIA E DE COR
PARA ESTÍMULOS DE MOSAICO**

BELÉM-PA

2017



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

PATRICIA SEIXAS ALVES SANTOS

FUNÇÃO DE SENSIBILIDADE AO CONTRASTE DE LUMINÂNCIA E DE COR
PARA ESTÍMULOS DE MOSAICO

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Neurociências e Comportamento como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Givago da Silva Souza
Co-Orientador: Prof. Dr. Paulo Roney Kilpp
Goulart

BELÉM-PA

2017

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

PATRÍCIA SEIXAS ALVES SANTOS

FUNÇÃO DE SENSIBILIDADE AO CONTRASTE DE LUMINÂNCIA E DE COR
PARA ESTÍMULOS DE MOSAICO

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Neurociências e
Comportamento como requisito parcial para obtenção do título de mestre. Orientador: Prof.

Dr. Givago da Silva Souza

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

Banca avaliadora

Prof. Dr. Givago da Silva Souza (UFPA), Orientador

Prof. Dr. Paulo Roney Kilpp Goulart (UFPA), Coorientador

Prof^a. Dr^a. Mellina Monteiro Jacob, (UFPA), Membro Titular

Prof. Dr. Thiago Leiros Costa, Membro Titular

Prof. Dr. Fernando Allan de Farias Rocha, Suplente

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) Biblioteca
Central da UFPA**

Santos, Patrícia Seixas Alves

Função de sensibilidade ao contraste de luminância e de cor para
estímulos de mosaico / Patrícia Seixas Alves Santos. —
2017

Orientador: Givago da Silva Souza

Co-orientador: Paulo Roney Kilpp Goulart

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

1. Percepção de cores - Testes. 2. Sensibilidade de contraste
(Visão) - Testes. 3. Defeitos da visão cromática - Testes. I. Título.

CDD - 23. ed. 152.145

Aos meus pais e amores da minha vida, Osvaldo e Diana.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Osvaldo Barbosa e Diana Seixas, que são meus maiores incentivadores e sem os quais a conclusão deste mestrado não seria possível. À minha irmã, Mabell Seixas pela assistência diária de sempre e à minha sobrinha Fiorella. À minha avó, Anita Seixas, pelo suporte que me deu durante toda minha vida. Eu os amo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Givago Souza. Minha eterna gratidão, respeito e admiração como profissional e ser humano. De fato, como se diz no laboratório, um verdadeiro “pai científico”.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Paulo Goulart. Uma referência de profissionalismo e empatia.

Ao Prof. Dr. Luiz Carlos de Lima Silveira pela contribuição inestimável para a realização desta pesquisa. Um exemplo a ser seguido pela dedicação ao trabalho e à ciência.

Aos meus amigos de laboratório, Letícia Miquilini e Raíson Salomão pela ajuda e apoio incondicional. À Eliza Lacerda, Rodrigo Canto, Yuri Campos, Isabelle Martins, Mellina Jacob, Terezinha Gonçalves, Joyce Freitas e Bruna Sousa. Os melhores.

Aos amigos de turma, Bruno Ribeiro e Luana Gomes. Imprescindíveis nessa jornada. Aos amigos de PPGNC, Flávia Brandão, Priscila Louzada, Jessica Gama e Alessandra Formento.

Aos amigos e voluntários que disponibilizaram seu tempo para a realização dos testes.

À Universidade Federal do Pará, ao Núcleo de Medicina Topical, ao Laboratório de Neurologia Tropical e ao Programa de Pós-graduação em Neurociências e Comportamento e aos seus respectivos professores.

É preciso ter um caos dentro de si para dar à luz uma estrela cintilante

Friedrich Nietzsche

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	CONTRASTE	15
1.2	SENSIBILIDADE AO CONTRASTE	21
1.3	FUNÇÃO DE SENSIBILIDADE AO CONTRASTE ESPACIAL (FSC)	22
1.4	FUNÇÕES DE SENSIBILIDADE AO CONTRASTE DE LUMINÂNCIA	23
1.5	FUNÇÕES DE SENSIBILIDADE AO CONTRASTE DE COR	26
1.6	FUNÇÕES DE SENSIBILIDADE AO CONTRASTE E A RELAÇÃO COM AS CÉLULAS M E P	30
1.7	PLACAS PSEUDOISOCROMÁTICAS E OUTROS ESTÍMULOS VARIEGADOS	32
2	OBJETIVOS	37
2.1	OBJETIVO GERAL	37
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	37
3	MATERIAL E MÉTODOS	38
3.1	SUJEITOS	38
3.2	ESTÍMULOS E PROCEDIMENTO PSICOFÍSICO	38
4	RESULTADOS	43
4.1	DISCRIMINAÇÃO DE COR E LUMINÂNCIA DOS SUJEITOS TRICROMATAS NORMAIS	43
4.2	DISCRIMINAÇÃO DE COR E LUMINÂNCIA DO SUJEITO DISCROMATÓPSICO	49
5	DISCUSSÃO	51

6	CONCLUSÃO	57
	REFERÊNCIAS	58
	APÊNDICE	64
	ANEXOS	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Exemplo de representação do contraste de cor	16
Figura 2.	Imagem para aplicar a métrica de contraste de Weber	18
Figura 3.	Imagem para aplicar a métrica de contraste de Michelson	19
Figura 4.	Imagem para aplicar a métrica de contraste de RMS	20
Figura 5.	Função de sensibilidade ao contraste espacial	24
Figura 6.	Aberrações cromáticas	28
Figura 7.	Comparação das funções de sensibilidade ao contraste psicofísica de cor (linha vermelha) e luminância (linha preta)	29
Figura 8.	Exemplos de estímulos variegados de mosaico	36
Figura 9.	Exemplos de estímulos utilizados para estimar os limiares de discriminação de cor	41
Figura 10.	Exemplos de estímulos utilizados para estimar os limiares de discriminação de luminância	42
Figura 11.	Limiares de discriminação de cor (A-C) e de luminância (D-F) em função das frequências espaciais de três sujeitos representativos da amostra	45
Figura 12.	Distribuição do número de ocorrências que cada frequência espacial apresentou os menores limiares de discriminação de cor (A) e de luminância (B)	46
Figura 13.	Contrastes limiares para discriminação de cor (A) e de luminância (B) em função das frequências espaciais	47
Figura 14.	Médias das funções de sensibilidade ao contraste de cor e luminância	48
Figura 15.	Comparação dos resultados obtidos do sujeito discromatópsico	50

	deuteranópico com os valores médios do grupo tricromata para os testes de discriminação de cor (A) e de luminância (B)	
--	--	--

RESUMO

Função de sensibilidade ao contraste de luminância e de cor para estímulos de mosaico.

Dissertação de Mestrado. Belém: UFPA 69 pp.

Imagens naturais são compostas por diferentes combinações de cor e luminância. No sistema visual há canais de processamento de cor e luminância que possuem distintas sensibilidades para ambas as informações. A via parvocelular tem alta sensibilidade ao contraste de cor verde-vermelho e baixa sensibilidade ao contraste de luminância e a via magnocelular possui baixa sensibilidade ao contraste de cor verde-vermelho e alta sensibilidade ao contraste de luminância. Estímulos de mosaicos que combinem as informações de cor e luminância podem nos ajudar a compreender como o sistema visual processa a informação da combinação de cor e luminância. Este trabalho busca investigar a função de sensibilidade ao contraste de cor e luminância usando estímulos que combinam ambas as informações. Foram estudados 15 indivíduos tricromatas normais e 1 sujeito discromatópsico congênito. Para estimar a função de sensibilidade ao contraste de cor, foram utilizados estímulos com configuração pseudoisocromáticas no qual o estímulo teste é constituído por um mosaico com ruído espacial de tamanho e de luminância. O alvo foi composto por uma rede cromática verde-vermelho que se diferenciava do fundo apenas pela cromaticidade. Para estimar a função de sensibilidade ao contraste de luminância, foram utilizados estímulos com ruído espacial de tamanho e de cor. O alvo era composto por uma rede de contraste de luminância que se diferia do fundo pela luminância. Foram utilizadas 9 frequências espaciais entre 0,1 e 5,4 cpg. Foi aplicado um método de escolha forçada de dois intervalos. O limiar foi estimado usando-se uma escada (*staircase*) de 20 reversões com regra de 2 acertos para 1 erro. O limiar foi estimado com as 14 últimas reversões. Para comparar ambas as funções, os limiares estimados em cada teste foram

relativizados em função da maior sensibilidade de cada sujeito dentro de cada teste. A função de sensibilidade ao contraste de cor observada mostrou uma sintonia passa-baixa, com maiores sensibilidades ao contraste nas frequências espaciais médias e baixas, enquanto a função de sensibilidade ao contraste de luminância apresentou uma sintonia passa-banda, com diminuição da sensibilidade ao contraste nas frequências espaciais maiores e menores que 2,7 cpg. Os resultados sugerem que a percepção limiar de ambos os estímulos pode ter como substrato fisiológico a ativação da via paralela visual parvocelular ou via P.

Palavras chave: visão de cores, sensibilidade ao contraste, cor, luminância

ABSTRACT

Luminance and color contrast sensitivity function for mosaic stimuli. Master's Thesis.

Belém: UFPA 69 pp.

Natural images are compound of different blends of color and luminance. In the visual system, there are processing channels of color and luminance that have distinct sensitivities for both information. The parvocellular pathway has high sensitivity to red-green color contrast and low sensitivity to luminance contrast, and the magnocellular pathway has low sensitivity to red-green color contrast and high sensitivity to luminance contrast. Mosaic stimuli which combines color and luminance information may help us to understand how the visual system processes the information of color and luminance. This study aims to investigate the luminance and color contrast sensitivity function using stimuli that combine both information. Fifteen normal trichromats and 1 congenital dyschromatopsic participant were evaluated. To estimate the color contrast sensitivity function, we used stimuli with a pseudoisochromatic setting in which the test stimulus consists of a mosaic with size and luminance spatial noise. The target was compound by a red-green chromatic grating that differed from the background only by the chromaticity. To estimate the luminance contrast sensitivity function, we used stimuli with size and color spatial noise. The target was compound of a luminance contrast grating that differed from the background by the luminance. We used 9 spatial frequencies between 0,1 and 5,4 cpg. It was applied a two-interval forced choice method. The threshold was estimated by using a staircase of 20 reversions with a rule of 2 hits to 1 error. The threshold was estimated with the last 14 reversions. To compare both functions, the thresholds estimated in each test were relativized in function of the higher sensitivity of each participant within each test. The observed color contrast sensitivity function showed a low-pass tuning, with higher contrast

sensitivities on the medium and low spatial frequencies, while the luminance contrast sensitivity function presented a band-pass tuning, with decrease of the contrast sensitivity on the spatial frequencies that were higher and lower than 2,7 cpg. The results suggest that the threshold perception of both stimuli may have as physiological substrate, the activation of the parvocellular pathway or P pathway.

Keywords: color vision, contrast sensitivity, color, luminance.

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTRASTE

Ao observar um ambiente, nota-se que este não apresenta a mesma iluminação ou cor de todos os objetos nele inserido, mas sim uma mistura de cores e brilhos perceptíveis a partir das luzes refletidas por estes objetos, e isso se dá o nome de contraste (Kaplan & Shapley, 1986; Schwartz, 2010; Souza, *et al*, 2013). Contraste é uma medida fundamental para o sistema visual. Graças ao contraste, os objetos se tornam visíveis e invisíveis em relação ao ambiente ao seu redor. O contraste representa a diferença percebida pelo sistema visual após este captar as distintas distribuições de iluminação em um ambiente. Isso possibilita ao observador a contemplação detalhada de uma cena e dos detalhes presentes na mesma graças a capacidade deste sistema de reconhecer as diferenças que compõe as áreas (Campbell & Maffei, 1974).

O contraste pode ser calculado de acordo com diferentes atributos visuais. Um objeto se diferencia totalmente de seu ambiente ao redor quando ele se diferencia a partir de seis características: luminância, cor, textura, movimento, disparidade binocular e tempo (Regan, 2000). A métrica para determinar o contraste pode variar grandemente de estudo para estudo e pode ser aplicada de acordo com o estímulo escolhido para estudar.

O contraste simples pode ser representado pela diferença de duas grandezas ou pela razão das duas grandezas (Equações 1 e 2).

$$C_{\text{simples}} = I_{\text{Max}} - I_{\text{Min}} \text{ (Equação 1),}$$

$$C_{\text{simples}} = \frac{I_{\text{Max}}}{I_{\text{Min}}} \text{ (Equação 2),}$$

Onde C_{simples} é o valor do contraste, I_{Max} é o valor máxima de um determinado atributo visual e I_{Min} é o valor mínimo de um determinado atributo visual. Um exemplo de contraste simples pode ser aplicado à diferença de um atributo que é distribuído em um espaço cartesiano, como são as cores no espaço de cor da CIE de 1976 (**Figura 1**).

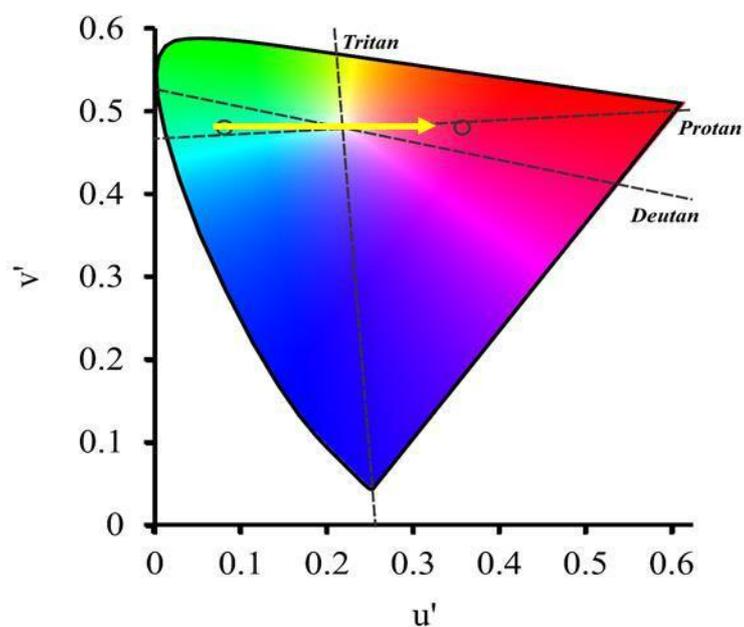


Figura 1. Exemplo de representação do contraste de cor. Dois pontos quaisquer em um espaço cartesiano (Diagrama da CIE de 1976, neste exemplo) podem estar distanciados por um determinado vetor (seta amarela) que representa o contraste entre estes dois pontos. No caso deste exemplo, os pontos representam cromaticidades.

O contraste de Weber (C_{Weber}) é representado pela Equação 3 e normalmente é usado quando um alvo homogêneo e não periódico (**Figura 2**) se difere do fundo em um dos atributos visual.

$$C_{Weber} = \frac{I_{Max} - I_{Min}}{I_{Min}} \text{ (Equação 3)}$$

O contraste de Michelson ($C_{Michelson}$) é normalmente usado para quantificar diferença de estímulos periódicos e que mantenham a magnitude média quando há modificação dos contrastes. O contraste de Michelson, também conhecido como Modulação ou Contraste de *Rayleigh*, (Shapley, Kaplan & Purpura; 1993) é prioritariamente empregado no estudo visual com redes senoidais (**Figura 3**) e é calculado pela Equação 4.

$$C_{Michelson} = \frac{(I_{Max} - I_{Min})}{(I_{Max} + I_{Min})} \text{ (Equação 4)}$$

O contraste da raiz quadrática média (C_{RMS}) ou RMS^1 é calculada pela Equação 5 e normalmente é usada em estímulos mais complexos cujo alvo é não periódico e não homogêneo como imagens naturais (**Figura 4**).

$$C_{RMS} = \frac{1}{\mu_{Fundo}} \times \left(\frac{1}{N} \times \sum_{i=0}^N [I_i - \mu_{alvo}]^2 \right)^{\frac{1}{2}} \text{ (Equação 5),}$$

Onde μ_{fundo} é o valor médio de um atributo visual do fundo ou ambiente ao redor do alvo, N é o número total de localizações espaciais, o I_i é o valor de um determinado atributo visual em um ponto específico da cena e μ_{alvo} é o valor médio de um determinado atributo visual do alvo.

¹ Abreviação do termo em língua inglesa *Root Mean Square*.

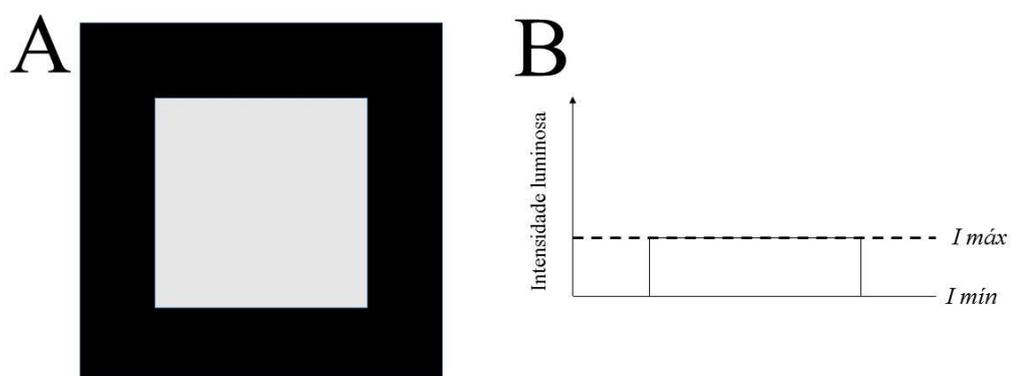


Figura 2. Imagem para aplicar a métrica de contraste de Weber. (A) Representação visual do estímulo. (B) Representação gráfica da intensidade luminosa ao longo de uma das dimensões espaciais do estímulo. I_{\max} (intensidade máxima do estímulo) e I_{\min} (intensidade mínima do estímulo).

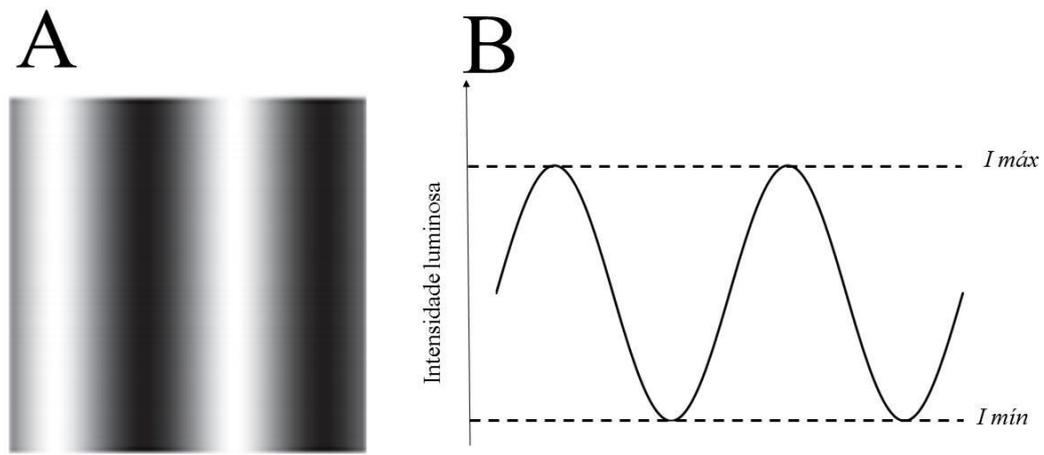


Figura 3. Imagem para aplicar a métrica de contraste de Michelson. (A) Representação visual do estímulo, rede senoidal. (B) Representação gráfica da intensidade luminosa ao longo da dimensão horizontal do estímulo. $I_{m\acute{a}x}$ (intensidade máxima do estímulo) e $I_{m\acute{i}n}$ (intensidade mínima do estímulo).

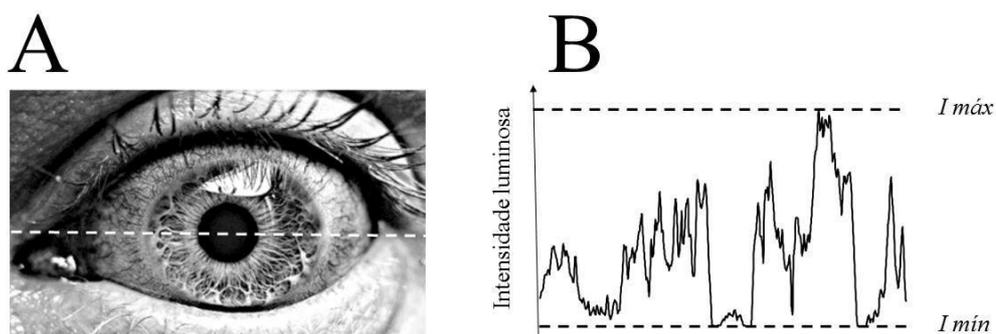


Figura 4: Imagem para aplicar a métrica de contraste de RMS. (A) Representação visual do estímulo. (B) Representação gráfica da intensidade luminosa da imagem ao longo da linha horizontal centralizada do estímulo (linha branca tracejada em A). $I_{máx}$ (intensidade máxima do estímulo) e $I_{mín}$ (intensidade mínima do estímulo).

1.2. SENSIBILIDADE AO CONTRASTE

Um sistema ou detector perfeito seria capaz de discriminar todas as magnitudes de uma determinada energia que lhe fosse aplicada e só deixaria de responder caso não lhe fosse aplicado nenhum estímulo. Os sistemas biológicos, como é o sistema visual, não são sistemas perfeitos. Assim, os vários detectores presentes no sistema visual não são capazes de perceber todo o domínio dos contrastes que lhe são mostrados. Os diferentes detectores neurais podem ser, pelo menos parcialmente, distinguidos pelo valor do contraste mínimo (limiar) que eles são capazes de responder.

A sensibilidade ao contraste é uma métrica que é inversamente proporcional ao contraste limiar estimado (Souza, *et al.*, 2013). Ela é uma forma de representar graficamente que o desempenho do detector cresce “para cima”, já que se for mostrada a métrica do contraste limiar, o desempenho do detector melhora quanto menor for o contraste limiar, tornando-se assim contra-intuitivo, à primeira vista, sua interpretação. A sensibilidade ao contraste é medida pela função inversa do contraste limiar (Equação 6).

$$\text{Sensibilidade ao contraste} = \frac{1}{\text{Contraste limiar}} \text{ (Equação 6)}$$

O contraste de qualquer atributo visual pode ocorrer no espaço e no tempo. No espaço podemos ter contraste entre áreas que podem ser desde extremamente grandes ou a áreas com pequena distância entre si (o mesmo poderia ser aplicado ao tempo, considerando a duração da variação da energia no lugar das distâncias). Toda a informação que se localiza no espaço, pode ser convertida também para um correspondente no domínio das frequências espaciais (Campbell & Maffei, 1974). Assim, torna-se possível estimar a sensibilidade ao contraste para os diferentes valores dentro do domínio do espaço ou das frequências espaciais. Vale ressaltar que ambas as análises refletem a mesma coisa, ou seja, análise do objeto observado em uma determinada dimensão espacial (Souza *et al.*, 2011).

1.3. FUNÇÃO DE SENSIBILIDADE AO CONTRASTE ESPACIAL (FSC)

Quando se estuda a sensibilidade ao contraste ao longo das periodicidades no qual se distribui o contraste. Os estímulos de redes senoidais normalmente são usados para representar periodicidades de áreas contrastantes (**Figura 4**). Ela é uma importante medida que determina o quão hábil é um sistema visual. Esta função pode ser alcançada por meio da mensuração da sensibilidade ao contraste em diferentes frequências espaciais. Conceitualmente a FSC é o inverso da curva de contrastes limiars no domínio das frequências espaciais (Santos & Simas, 2001).

Para Thomas (1986), introduzir o estímulo em grade senoidal como método de pesquisa nos estudos eletrofisiológicos e psicofísicos foi de grande importância para a investigação das funções visuais, pois proporcionou grande avanço no desenvolvimento da concepção em visão espacial.

O estudo da função de sensibilidade ao contraste vem sendo desenvolvido por pesquisadores que buscam investigar de maneira minuciosa a fisiologia visual dos homens e demais animais. A relevância dessa investigação é que, clinicamente, este é mais detalhado que o teste que mede acuidade visual e, portanto, melhor para identificar possíveis perdas visuais que não seria detectável no outro teste (Cruz & Machado, 1995).

A função de sensibilidade ao contraste representa o limite entre os contrastes visíveis e invisíveis ao detector visual, seja ele uma célula ou a percepção. A **Figura 5** mostra graficamente esta explicação.

1.4 FUNÇÕES DE SENSIBILIDADE AO CONTRASTE DE LUMINÂNCIA

O estudo pioneiro na investigação da função de sensibilidade ao contraste foi de Schade (1956) que se fundamentava em um estudo psicofísico desenvolvido em humanos onde se estudou o contraste acromático em múltiplas frequências espaciais. Neste estudo observou-se que o sistema visual apresenta diferentes sensibilidades às múltiplas frequências espaciais a que é submetido, sendo mais sensível às frequências medianas em detrimento das demais, sejam maiores ou menores. Logo, graficamente, esta apresenta uma função em forma de sino.

Outros estudos desenvolvidos na década seguinte apresentaram resultados similares ao de Schade (1956), uma vez que estes concluíram que o sistema nervoso visual ostentava sensível seletividade para uma estreita faixa de frequências. Os experimentos psicofísicos realizados em humanos por Campbell & Green (1965) mostraram as funções de transferência de contraste dos meios ópticos e da percepção. A função de transferência de contraste da óptica do olho mostrou uma queda expressiva com o aumento da frequência espacial e não em frequências espaciais baixas, o que caracteriza um perfil passa-baixa. Foi visto que assim como em Schade (1956) a função psicofísica assumia uma sintonia passa-banda, indicando a existência de processamentos não lineares que suprimiam a sensibilidade ao contraste principalmente em frequências espaciais baixas.

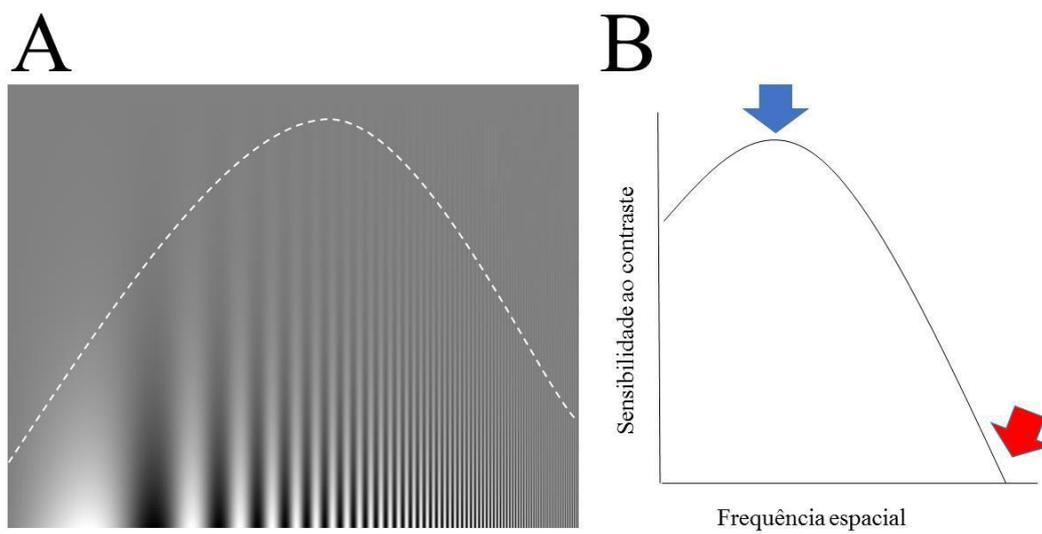


Figura 5. Função de sensibilidade ao contraste espacial. (A) A função de sensibilidade ao contraste espacial delimita o mundo visível (o que está para baixo da curva) do mundo invisível (o que está para cima da curva) do observador. (B) Além da faixa visível, é possível extrair informações como o pico de sensibilidade ao contraste e frequência espacial do pico (seta azul) e a acuidade visual ou máxima frequência (seta vermelha).

Por conseguinte, Robson (1966) estudou as funções de sensibilidade ao contraste espacial e temporal de luminância do sistema visual em seres humanos e mostrou a influência da frequência temporal sobre a sintonia da função de sensibilidade ao contraste espacial. Neste trabalho o pesquisador utilizou redes estacionárias moduladas senoidalmente em uma tela onde o estímulo era exibido. O autor identificou que com a introdução das frequências temporais ao estímulo estático, a diminuição de sensibilidade ao contraste nas frequências espaciais baixas desaparecia e a sintonia da função de sensibilidade ao contraste espacial de luminância deixava de ser passa-banda para passar a ser passa-baixa.

No mesmo ano, Enroth-Cuggell & Robson (1966) utilizaram um método eletrofisiológico e invasivo realizado em gatos. Neste trabalho verificaram as funções de sensibilidade ao contraste em células ganglionares destes animais e que elas tinham características muito parecidas com as funções obtidas em seres humanos, por exemplo, elas também apresentavam sintonia passa-banda. Campbell & Robson (1968) relataram a presença de uma sucessão de canais integrados entre si que decompunham uma cena em diversas frequências espaciais durante o processo de percepção visual, da retina até as áreas cerebrais mais especializadas. Desta forma, através de um padrão em grades senoidais verticais, é possível mostrar que as funções de sensibilidade ao contraste são dependentes do modo como é modulado o contraste de luminância do estímulo.

Um decisivo estudo desenvolvido na década seguinte foi feito por Campbell & Maffei (1970), nele os pesquisadores correlacionaram as funções de sensibilidade ao contraste psicofísico e de potencial cortical provocado visual (VECP) de humanos. Os pesquisadores utilizaram pela primeira vez o VECP como um instrumento que estimaria a sensibilidade ao contraste espacial de luminância. Foram utilizadas redes senoidais com reversão de fase de 180° numa frequência temporal de 8 Hz. Constataram com este estudo

que a ocorrência de uma diminuição na amplitude em relação ao contraste e, tanto os resultados eletrofisiológicos quanto os psicofísicos, apresentaram semelhante sensibilidade ao contraste na banda de frequências espaciais de 1,5 a 35 ciclos por grau (cpg).

O mesmo ocorreu em outro estudo realizado por De Valois & De Valois (1988). Os mesmos encontraram similaridade com o estudo mais antigo no que se refere a presença dos canais múltiplos e, conseguinte, a interpretação das informações do decurso desta percepção visual.

1.5 FUNÇÕES DE SENSIBILIDADE AO CONTRASTE DE COR

Um dos primeiros estudos que buscou descrever as funções de sensibilidade de cores destaca-se o estudo de Kelly (1983). Neste trabalho investigou-se a variação do limiar de contraste temporal e espacial, onde se utilizou como método investigativo a velocidade constante para detecção do limiar isoluminante verde-vermelho utilizando como estimulação redes senoidais. Observou-se que a visão cromática espacial e temporal apresenta picos de sensibilidade em frequências espaciais mais baixas do que na sensibilidade acromática.

Outro estudo nesta mesma linha de investigação, mas que se mostrou inovador foi desenvolvido por Kathy T. Mullen na Universidade de Cambridge, Reino Unido, em 1985. Este foi realizado em humanos e utilizou um método psicofísico e visou pesquisar a visão espacial de cores. Sua grande importância advém do fato de que este foi o primeiro estudo que objetivou corrigir as aberrações cromáticas na utilização de grades senoidais verde-vermelho e azul-amarelo isoluminantes. Para corrigir as aberrações (**Figura 6**) cromáticas usou-se de lentes por meio do telescópio Zeiss, e assim, obter campos de vários tamanhos, o que possibilitou avaliar frequências espaciais muito baixas. Com isto concluiu-se que em ambas as funções de sensibilidade ao contraste, verde-vermelho e azul-amarelo,

apresentam-se um perfil passa-baixa, diferentemente da FSC espacial de luminância que apresenta perfil passa-banda (**Figura 7**).

Outro estudo que apresentou resultados semelhantes ao clássico de Mullen (1985) foi executado por Johnson *et al.* (2001), todavia, este teve como sujeitos primatas não humanos (*Macaca fascicularis*). Nele as células do córtex de V1 foram estimuladas com redes senoidais de contraste de luminância, do contraste de cor para eixo verde-vermelho e redes isoladas para estimulação dos cones S, M e L. Johnson *et al.* (2001) constataram que as célula responsivas apenas para cor apresentam perfil passa-baixa, já células que respondem exclusivamente para luminância têm perfil passa-banda. Similarmente, células que respondem tanto para cor quanto para luminância apresentam seletividade também de passa-banda.

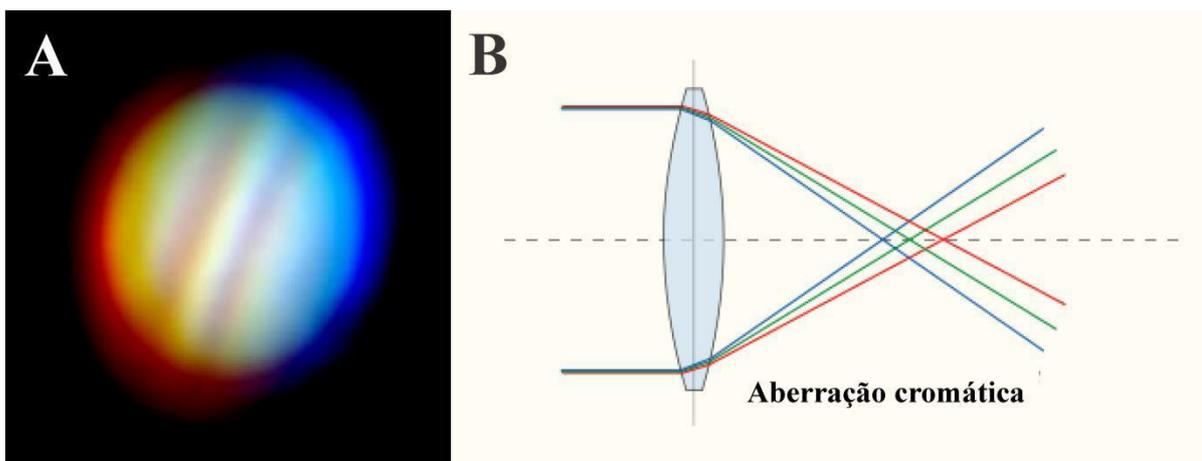


Figura 6. Aberrações cromáticas. Em **A** observa-se o efeito na percepção visual ocasionada pelas aberrações cromáticas nas cores azul e vermelho. Em **B** observa-se as distintas difrações que os diferentes comprimentos de onda, azul (curto) e vermelho (longo) sofrem ao adentrar no sistema visual.

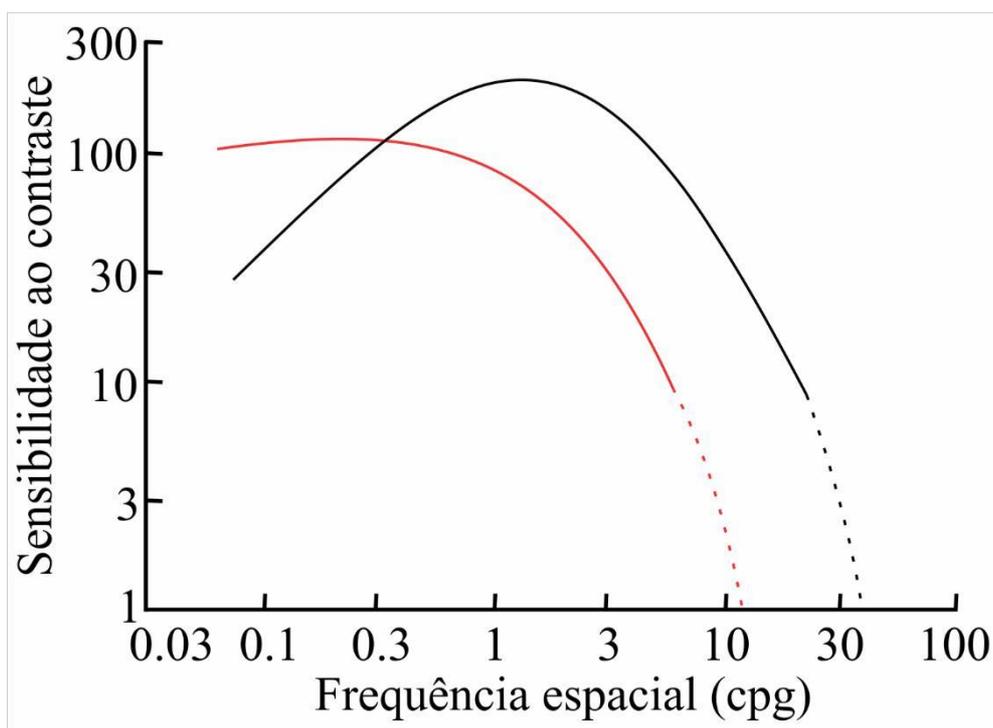


Figura 7. Comparação das funções de sensibilidade ao contraste psicofísica de cor (linha vermelha) e luminância (linha preta). A função de sensibilidade ao contraste de cor apresenta perfil passa-baixa, ou seja, maior sensibilidade ao contraste em baixas frequências espaciais, enquanto a função de sensibilidade ao contraste de luminância apresenta perfil passa-banda, o pico acontece em uma banda de frequências espaciais e atenua nas frequências mais baixas e mais altas. Adaptada de Mullen (1985).

1.6 FUNÇÕES DE SENSIBILIDADE AO CONTRASTE E A RELAÇÃO COM AS CÉLULAS M E P

Hicks *et al.* (1983) estudaram as respostas das células presentes no núcleo geniculado lateral (NGL) tanto das camadas parvocelulares quanto das camadas magnocelulares em macacos (*Macaca fascicularis*) diante de estímulos com grades senoidais. Para estímulos acromáticos, as respostas da via parvocelular não foram expressivas, entretanto, para as grades cromáticas, as respostas das células desta via foram bem mais satisfatórias, inclusive estas respostas não foram atenuadas nem em baixas frequências espaciais, todavia isto ocorreu mediante as frequências acromáticas. Também se observou uma maior sensibilidade ao contraste em células magnocelulares em comparação às células parvocelulares.

Lee *et al.* (1989) estudaram a sensibilidade das células ganglionares da retina em macacos (*Macaca fascicularis*), através do estímulo *flicker*. Neste, os contrastes limiares foram comparados por estímulo que se alternava em um *flicker* de luminância ou um *flicker* cromático. Eles observaram que as células ganglionares M e P respondem de maneiras distintas às variações de luz advindas do *flicker*. As variações de intensidade produzem um *flicker* de luminância, já uma variação na cor com uma luminância permanente acarretaria em um *flicker* de cor.

No ano seguinte, Lee *et al.* (1990) estudaram a sensibilidade das células ganglionares de primatas não humanos (*Macaca fascicularis*) para luminância e para modulação senoidal cromática. Os resultados obtidos deste estudo foi que as células ganglionares das vias parvocelulares foram mais sensíveis à modulação cromática e as células ganglionares das vias magnocelulares apresentaram maior sensibilidade para a modulação de luminância. Esses achados sugeriam que as células da via P formam o substrato fisiológico para detecção de modulação cromática, enquanto que as células da via M formam substrato fisiológico para detecção de modulação de luminância.

Um importante estudo foi desenvolvido nessa linha de investigação de discriminação do contraste de luminância foi realizado por Pokorny & Smith (1997). Este estudo consistia em descrever protocolos de avaliação à sensibilidade ao contraste que fossem enviesados para estimular ou a via M ou a via P. Os nomes dos protocolos eram: teste do pedestal constante, teste do pedestal pulsado e o teste do pedestal-delta-pedestal. Em todos os protocolos, havia um arranjo de quatro quadrados, dois superiores e dois inferiores. No teste do pedestal pulsado, o arranjo de quadrados aparece a partir de uma tela escura. Um dos quadrados tinha luminância diferente dos três restantes. No teste do pedestal constante, o arranjo dos quadrados estava presente na tela desde o começo do teste e subitamente apenas um dos quadrados tinha a luminância alterada. No teste do pedestal-

delta-pedestal, o arranjo de quadrados também aparecia desde o princípio do teste e era trocado pelo mesmo arranjo em uma diferente luminância média e com um dos quadrados com luminância diferente dos demais. Em todos os protocolos, a tarefa do sujeito era de identificar qual dos quatro quadrados tinha a luminância diferente dos demais. O contraste limiar era estimado em diferentes condições de luminância média do arranjo. Os resultados mostraram o protocolo do pedestal pulsado pode assumir características de ativação da via P ou da via M, dependendo da duração do pulso do estímulo, enquanto os protocolos do pedestal constante e o pedestal-delta-pedestal resultam em resultados condizentes com a ativação da via M.

No estudo de Leonova, *et al.*(2003) redes senoidais substituíam o arranjo de quadrados de Pokorny & Smith (1997) e os protocolos pedestais pulsado e constante foram utilizados com o intuito de estimar o contraste limiar em cada frequência espacial de estímulos com diferentes luminâncias médias. Os resultados obtidos foram que a FSC apresentava perfil passa-banda no paradigma do pedestal pulsado, enquanto que no paradigma do pedestal constante a FSC tinha perfil passa-baixa. Isso possibilitou a interpretação de que o perfil passa-banda mostrava atividade da via P e nas baixas frequências da função passa-baixa a atividade correspondia a via M.

1.7 PLACAS PSEUDOISOCROMÁTICAS E OUTROS ESTÍMULOS VARIEGADOS

Conseguir identificar objetos presentes em uma cena visual ocorre devido os diferentes tipos de contrastes que estão entre os objetos e o fundo em que tais objetos estão inseridos (Regan, 1994). Um dos cuidados ao se realizar estudos de visão de cores é que pistas de contraste de luminância não interfiram na medida do desempenho do observador

em relação à visão de cores. Diferentes métodos têm sido empregados para minimizar esta interferência (Wyszecki & Stiles, 1982; Kaiser, *et al.*; 1990; Lee, *et al.*; 1988).

Uma alternativa amplamente usada para estudar a visão de cores sem pistas de luminância e excluir a necessidade de realizar métodos prévios para diminuir o contraste de luminância sobre um estímulo é o uso das placas pseudoisocromáticas. Estes estímulos foram desenvolvidos por Jakob Stilling (1842-1915) (Krill, 1972). O diferencial desses estímulos é que o alvo (objetos) e o fundo são quebrados em um mosaico e assim, eliminam-se as bordas presente entre eles. Isso é possível em decorrência de que, num mosaico, o tamanho e a luminância diferem, fazendo com que o único recurso para a identificação de um objeto seja através da diferente cromaticidade existente (Regan, 1994). Esta característica possibilita que estas placas não precisem de reparos psicofísicos adicionais para uniformizar possíveis brilhos (Souza, *et al.*, 2014; Méndez *et al.*, 2016).

Como a ideia era eliminar as bordas entre um objeto alvo com o fundo ao redor foram introduzidos dois conceitos de ruído. Um ruído é a presença de um mosaico como estímulo. O mosaico por si já elimina as bordas físicas que delimitam dois objetos. Adicionado a isso, os elementos do mosaico também podem apresentar diferentes tamanhos. O outro ruído é a presença de uma distribuição aleatória de luminância nos diferentes elementos constituintes do mosaico, a qual elimina a percepção das cores pelas diferentes absorções espectrais delas pelos nossos fotorreceptores (Regan, *et al.*; 1994).

Assim, com um alvo que apresenta diferente coloração do restante do estímulo (mosaico), qualquer resposta a respeito do alvo será quase que totalmente dependente da percepção de contraste de cor entre as partes constituintes do estímulo. Desta maneira, os testes teriam maior confiabilidade já que seu objetivo investigativo estaria assegurado, uma vez que o estímulo só seria visualizado por intermédio de informações perceptuais cromáticas (Mollon & Reffin, 1989).

As placas pseudoisocromáticas podem apresentar formas, tamanhos e estruturas diferentes, dependendo da finalidade para a qual será empregada (Dain, 2004). Nas placas pseudoisocromáticas projeta-se uma imagem ou objeto que apresente diferença cromática em relação ao fundo que esteja inserida, deste modo, podendo confundir indivíduos dicromáticos de discriminar o objeto, isso se o mesmo estiver perto da linha de confusão cromática, o que impossibilitaria sua visualização.

O laboratório de neurologia tropical da Universidade Federal do Pará desenvolveu um estímulo para ser usado na avaliação da discriminação de luminância que fosse equivalente ao que as placas pseudoisocromáticas são para a visão de cor (Lacerda *et al.*, 2015; Miquilini *et al.*, 2016; Souza *et al.*, 2016). Neste estímulo, o mosaico apresenta um ruído de cor que mascara um alvo que difere do restante do estímulo devido contraste de luminância. A **Figura 8** mostra exemplos dos dois tipos de estímulos de mosaico descritos anteriormente.

Tem sido observado que tanto nos mosaicos com ruído de luminância (placas pseudoisocromáticas) quanto com ruído de cor, as informações de cor e luminância interagem e causam efeitos sobre a discriminação de um ou de outro (Souza *et al.*, 2014; Méndez *et al.*, 2016; Lacerda *et al.*, 2015; Miquilini *et al.*, 2016; Souza *et al.*, 2016). A presença de um maior número de áreas contrastantes de luminância no ruído do mosaico aumenta a discriminação de cor (Souza *et al.*, 2014) e a magnitude do contraste de luminância dentro do ruído de luminância também influencia diretamente a discriminação de cor (Méndez, *et al.*, 2016). A discriminação de luminância é piorada quanto maior for a magnitude do ruído de cor (Méndez, *et al.*, 2016; Lacerda *et al.*, 2015; Miquilini *et al.*, 2016; Souza *et al.*, 2016). Esses resultados confirmam resultados prévios de experimentos de interações entre cor e luminância realizados por Switkes, *et al.* (1988).

Ambos os tipos de estímulos surgem como possibilidades para estudar a discriminação espacial de cor e luminância. Ambos os estímulos são compostos por elementos com contrastes de cor e luminância (variegados) diferenciando a tarefa de discriminação de um dos atributos (cor ou luminância). Visto o sistema visual possuir células que respondem para estes dois atributos, como as células M e P, a estimativa da sensibilidade ao contraste à partir destes estímulos poderia contribuir para compreensão de como essas ou outras células contribuem para a percepção conjunta de cor e luminância na cena visual.

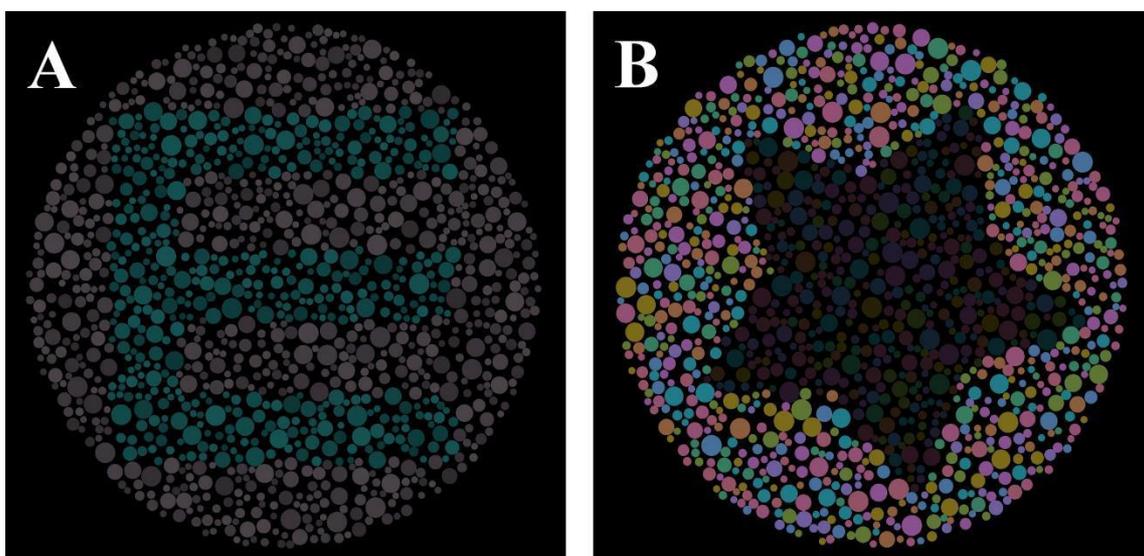


Figura 8. Exemplos de estímulos variegados de mosaico. (A) Estímulo com ruído de luminância e tamanho e alvo que difere do restante do estímulo pelas diferenças de cromaticidade. (B) Estímulo com ruído de cor e tamanho mascarando um alvo que difere do restante do estímulo pela luminância apresentada.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Estimar a função de sensibilidade ao contraste de cor e luminância usando estímulos de mosaicos variegados.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar e descrever limiares de discriminação de luminância a partir de estímulos com ruído de cor que mascaram um alvo de contraste de luminância.
- Estimar e descrever limiares de discriminação de cor à partir de estímulos com ruído de luminância que mascaram um alvo de contraste de cor.
- Normalizar as funções a partir do pico de sensibilidade da mesma.
- Aplicar os objetivos anteriores sobre os dados obtidos de um sujeito discromatópsico para a visão de cores verde-vermelho.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. SUJEITOS

Esta pesquisa testou 16 participantes de ambos os sexos, 9 mulheres e 7 homens com idade de $28,43 \pm 3,75$. Quinze participantes eram tricromatas e um era discromatópsico com fenótipo deutanópico. O fenótipo da visão de cores foi avaliado através do teste de Ishihara e Cambridge Colour Test (Cambridge Research System, Rochester, Reino Unido). Os mesmos foram recrutados diante de convite do Núcleo de Medicina Tropical da Universidade Federal do Pará (UFPA). Participaram estudantes da universidade e voluntários que manifestaram a vontade de integrar-se do presente estudo. Os participantes foram informados acerca dos objetivos do estudo, do método utilizado, dos seus benefícios e possíveis desconfortos. Também foram informados que poderiam desistir de participar do estudo a qualquer momento. Todos assinaram o termo de consentimento livre esclarecido (TCLE), permitindo assim que seus dados obtidos durante o estudo pudessem ser utilizados neste trabalho. Os procedimentos deste projeto foram aprovados pelo comitê de ética em pesquisa com seres humanos do Núcleo de Medicina Tropical da Universidade Federal do Pará (#570.434).

Todos os participantes desta pesquisa apresentaram acuidade visual normal ou corrigida e tinham mais de 18 anos. Os mesmos não apresentaram histórico de exposição à químicos, nem distúrbios cognitivos, nem antecedentes mórbidos, neurológico ou doenças oftalmológicas.

3.2. ESTÍMULOS E PROCEDIMENTO PSICOFÍSICO

Os estímulos visuais foram gerados pelo sistema ViSaGe (Cambridge Research Systems, Reino Unido) através da programação MATLAB. Um microcomputador MacBook (Apple, EUA) foi utilizado para gerar e apresentar os estímulos em uma tela de

crystal líquido de alta resolução espacial e temporal e com resolução de 10 bits de cor. Um colorímetro CS-100A colorimeter (Minolta, Osaka, Japão) foi utilizado para calibrar o monitor para a apresentação dos estímulos.

O campo do estímulo apresentava dimensões de 18 cm de altura e 20 cm largura. À distância de 40 centímetros, o campo exibia 28.07 de largura e 25.36 de altura por graus de ângulo visual. À distância de 200 centímetros, o campo apresentava 5.72 de largura e 5.15 de altura por graus de ângulo visual. À distância de 500 centímetros, o campo tinha 2.29 de largura e 2.06 de altura por graus de ângulo visual. O alvo do estímulo apresentava dimensões de 18cm de altura e 10 cm de largura. À distância de 40 cm o alvo exibia 14.25 de graus por ângulo visual. À distância de 200 cm o alvo ostentava 2.86 de graus por ângulo visual. À distância de 500 cm o alvo tinha 1.25 de graus por ângulo visual.

Os estímulos foram constituídos por mosaico cujo alvo era uma rede vertical que diferia do com fundo. Foram utilizadas 9 frequências espaciais: 0,1; 0,2; 0,4; 1; 1,6; 2,1; 2,7; 4 e 5,4 cpg. Para conseguir as frequências espaciais de 0,1; 0,2 e 0,4 cpg foram usados estímulos com tamanho de campo visual de 28,07° de largura x 25,36° de altura e redes com tamanho de 14,25° de ângulo visual apresentados a 40 cm do monitor. Para conseguir as frequências espaciais de 1, 1,6 e 2,1 cpg foram usados estímulos com tamanho de campo de 5,7° de largura x 5,15° de altura e redes de 2,86° de ângulo visual apresentados a 200 cm do monitor. Para conseguir as frequências espaciais de 2,7; 4 e 5,4 cpg foram usados estímulos com tamanho de campo de 2,29° de largura x 2,06° de altura de ângulo visual e redes de 1,25° de ângulo visual apresentados a 500 cm do monitor.

O mosaico foi composto por círculos que possuíam 5 diferentes tamanhos, os quais eram 30%, 25%, 20%, 15% e 10% do tamanho de metade de um ciclo espacial do estímulo.

Para estimar a sensibilidade ao contraste de cor, foram utilizados mosaicos com ruído espacial de tamanho e de luminância. O ruído de luminância apresentou 6 valores de luminância linearmente espaçados entre 8 e 18 cd/m^2 . As redes foram compostas por cromaticidades verde e vermelha, cujas coordenadas no espaço de cor da CIE1976 foram $u' = 0,175$ e $v' = 0,48$ para a cor verde e $u' = 0,225$ e $v' = 0,48$ para a cor vermelha. Para estimar a sensibilidade ao contraste de luminância, foram utilizados mosaicos com ruído espacial de tamanho e de cor. O ruído de cor foi composto por 8 cromaticidades distantes a 0,06 unidades no espaço de cor da CIE1976 da cromaticidade de referência $u' = 0,219$ e $v' = 0,48$. A **Figura 9** mostra exemplos dos estímulos utilizados para a avaliação da visão de cores e a **Figura 10** mostra exemplos dos estímulos utilizados para a avaliação da visão de luminância.

Para fazer a estimativa dos limiaries foi usado um método de escolha forçada de dois intervalos. Cada intervalo de apresentação teve 2 segundos intervalados por uma tela escura de 3 segundos. O sujeito deveria dizer se o estímulo aparecia no primeiro ou no segundo intervalo. No intervalo no qual o estímulo não era mostrado, foi mostrado apenas o mosaico de fundo. Um procedimento de escada com 20 reversões e regra de 2 acertos par 1 erro foi utilizado para estimar os limiaries de discriminação. O limiar foi considerado a média das últimas 14 reversões da escada.

O teste foi realizado binocularmente. O local em que ocorreu sua realização era uma sala climatizada e escura tendo como única fonte de luz a tela do monitor onde os estes estímulos foram mostrados para o participante. O tempo total para a realização de ambos os testes foi de 5 horas.

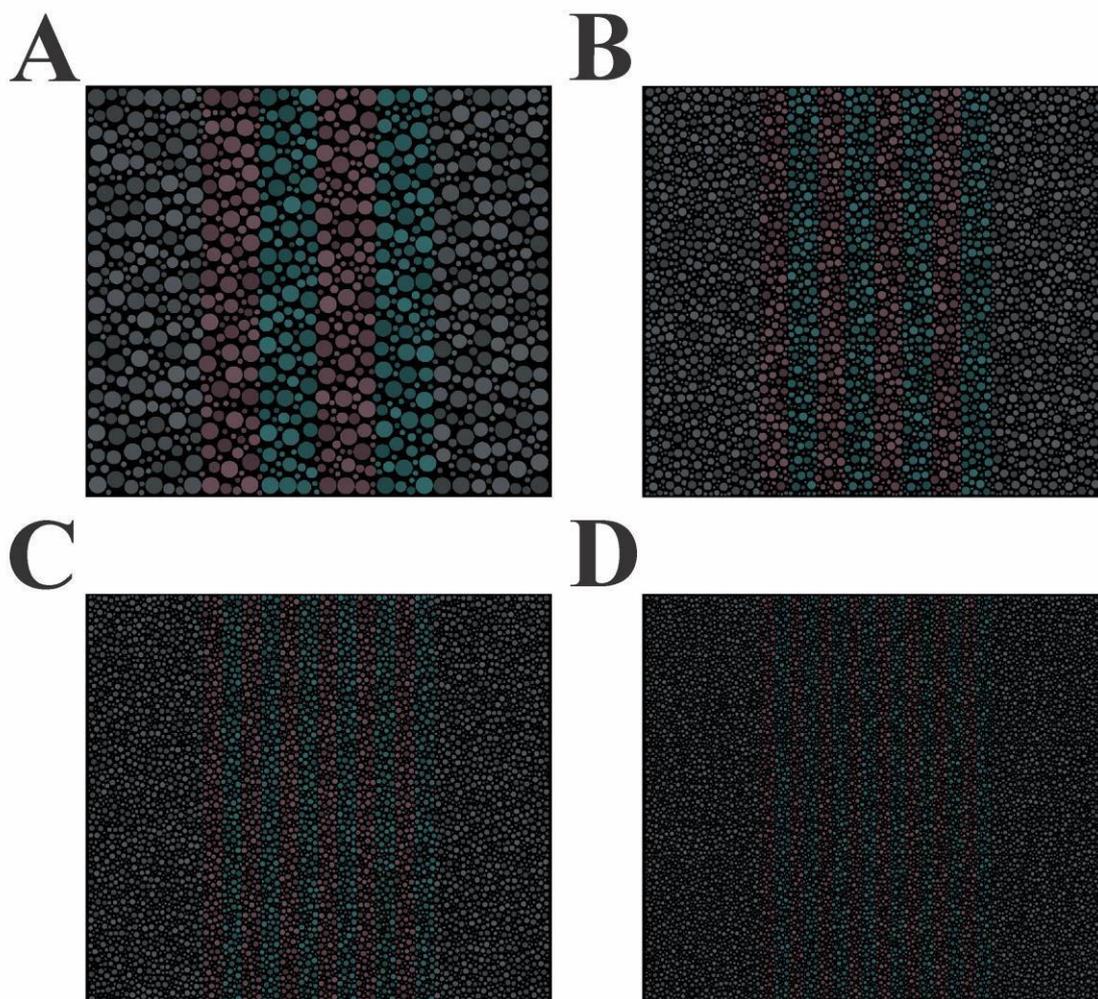


Figura 9. Exemplos de estímulos utilizados para estimar os limiares de discriminação de cor. Os estímulos apresentaram ruído espacial com os círculos apresentando diferentes raios de acordo com a frequências espacial testada. O ruído de luminância foi igual entre todos os estímulos usados para avaliar a visão de cores.

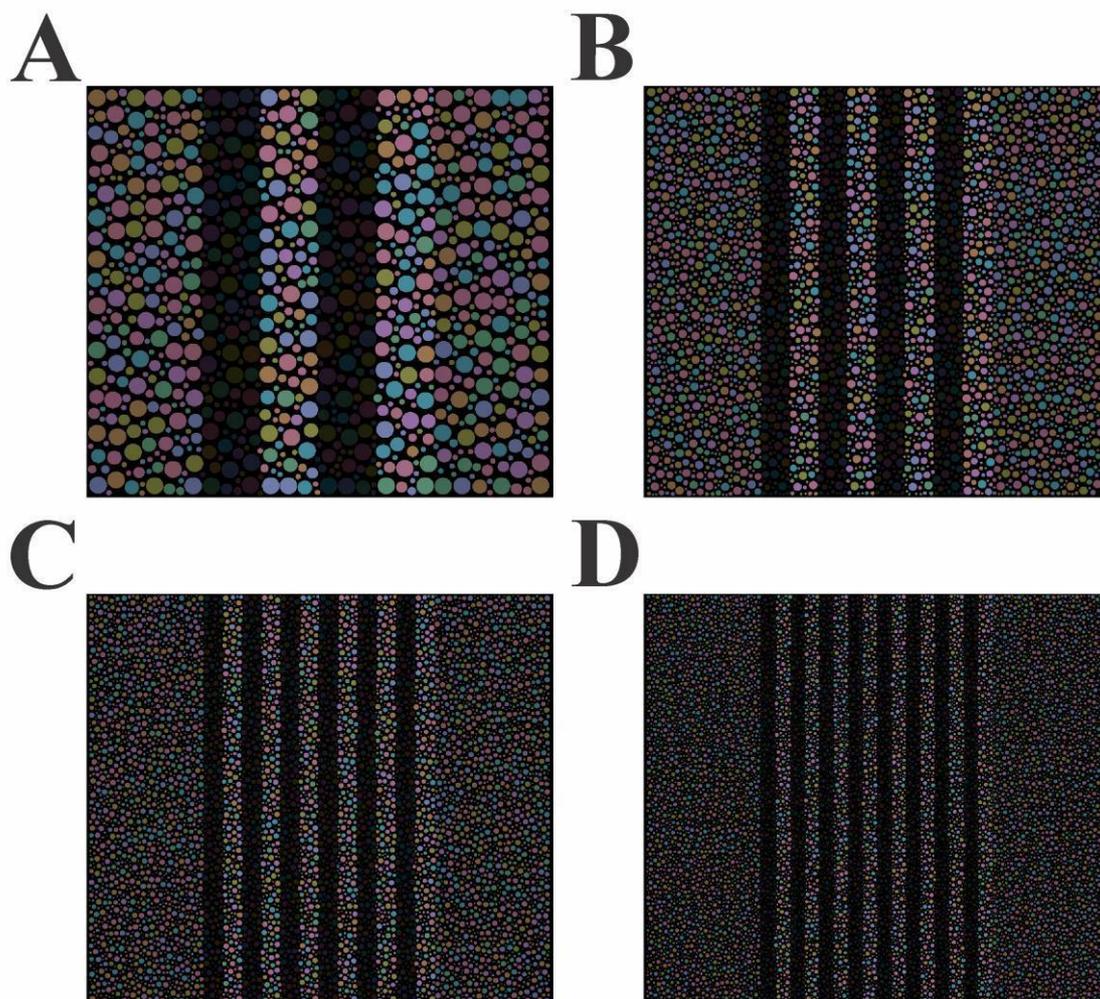


Figura 10. Exemplos de estímulos utilizados para estimar os limiares de discriminação de luminância. Os estímulos apresentaram ruído espacial com os círculos apresentando diferentes raios de acordo com a frequências espacial testada. O ruído de cor foi igual entre todos os estímulos usados para avaliar a visão de luminância.

4. RESULTADOS

4.1. DISCRIMINAÇÃO DE COR E LUMINÂNCIA DOS SUJEITOS TRICROMATAS NORMAIS

A **Figura 11** mostra os limiares de discriminação em função do contraste de cor e de luminância de três sujeitos representativos das amostras. Entre os vários sujeitos, os resultados para a discriminação de cor apresentaram menores limiares nas frequências espaciais mais baixas (entre 0,1 e 1,6 cp/g), enquanto os resultados de discriminação de luminância mostraram menores limiares nas frequências espaciais médias, especialmente 2,7 cp/g (10 sujeitos). A **Figura 12** mostra a distribuição dos valores de frequência espacial onde foi estimada os menores limiares para a amostra estudada.

Como forma de avaliar a atenuação da discriminação nas frequências espaciais mais baixas e mais altas, foi avaliado qual a diferença da discriminação nas frequências espaciais de 0,1 e 5,4 cp/g em relação à frequência de melhor discriminação. A atenuação da discriminação de cor para frequências espaciais mais baixas foi de $28,4\% \pm 23,1$, enquanto a atenuação da discriminação nas frequências espaciais mais altas foi de $85,6\% \pm 6,4$. A atenuação da discriminação de cor para as frequências espaciais mais altas foi de $82,2\% \pm 11,2\%$, enquanto a discriminação de luminância atenuou nas frequências espaciais mais altas em $65,4\% \pm 23,7$.

A **Figura 13** mostra os limiares médios para a discriminação de cor e luminância. Visto as dimensões de cor e luminância serem diferentes, os limiares de discriminação de cor estão sendo mostrados em unidades no diagrama da CIE1976 e os limiares de discriminação de luminância são mostrados em valores absolutos de contraste de Michelson. Como forma de representar os dados de discriminação limiar de cor e luminância em uma mesma unidade, foi realizada uma relativização dos limiares em relação ao limiar de melhor desempenho do sujeito. Cada sujeito em ambos os testes teve

seus limiares relativizados ao seu melhor em cada teste. Fazendo isso, ocorre também a conversão dos valores limiares em valores de sensibilidade.

A **Figura 14** mostra as funções médias para os dados de sensibilidade ao contraste para a discriminação de cor e luminância relativizadas aos valores de maior limiar para cada tarefa. Os resultados indicam que a discriminação de cor apresentou um perfil passa-baixa, já que o pico de sensibilidade ao contraste ocorreu nas menores frequências espaciais e teve pouca atenuação nesta faixa de frequências. Já a discriminação de luminância apresentou um perfil passa-banda com o pico na faixa de frequências espaciais médias e atenuações de sensibilidades moderadas a altas tanto nas frequências espaciais baixas quanto nas frequências espaciais altas.

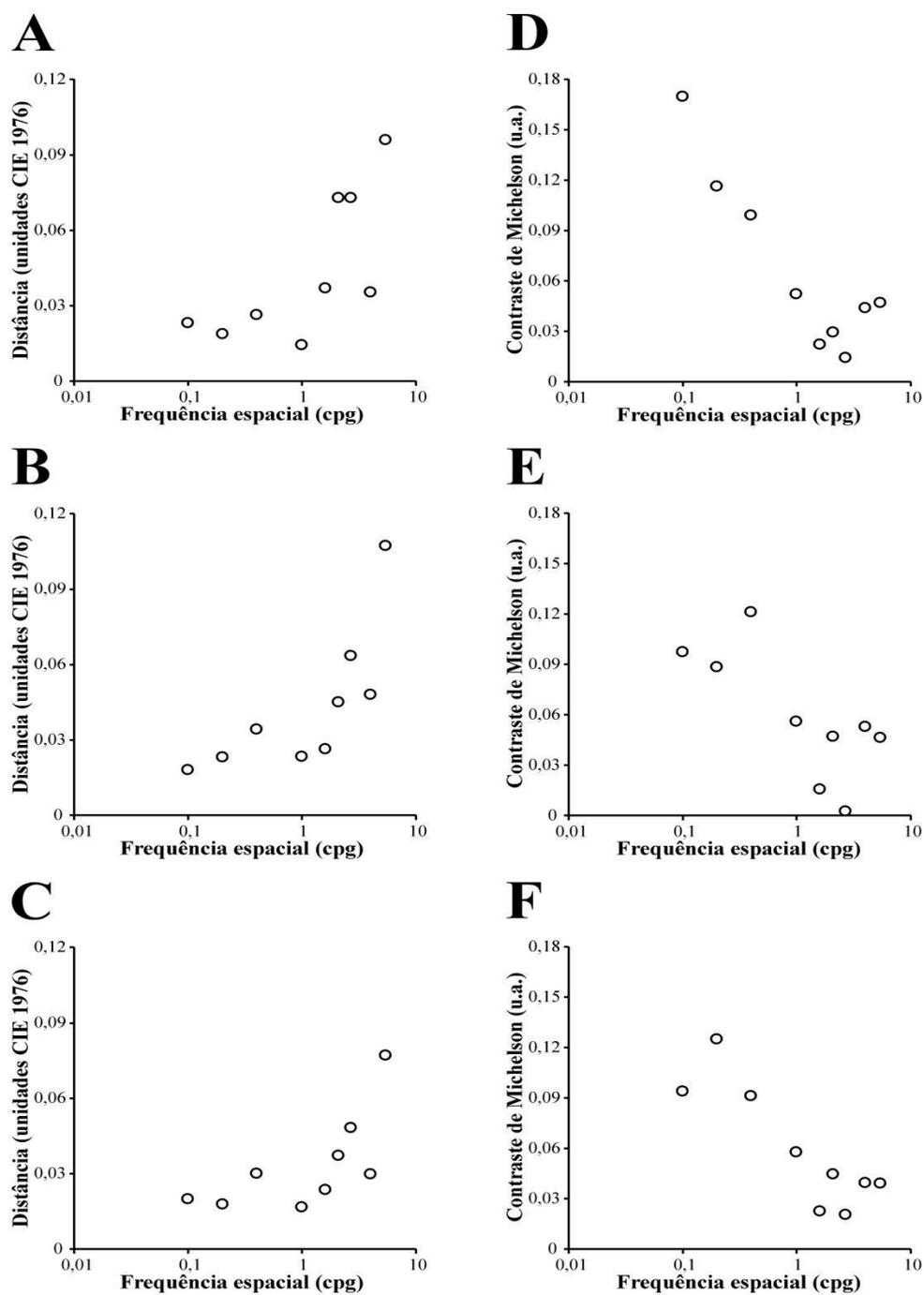


Figura 11. Limiares de discriminação de cor (A-C) e de luminância (D-F) em função das frequências espaciais de três sujeitos representativos da amostra.u.a.: unidades absolutas.

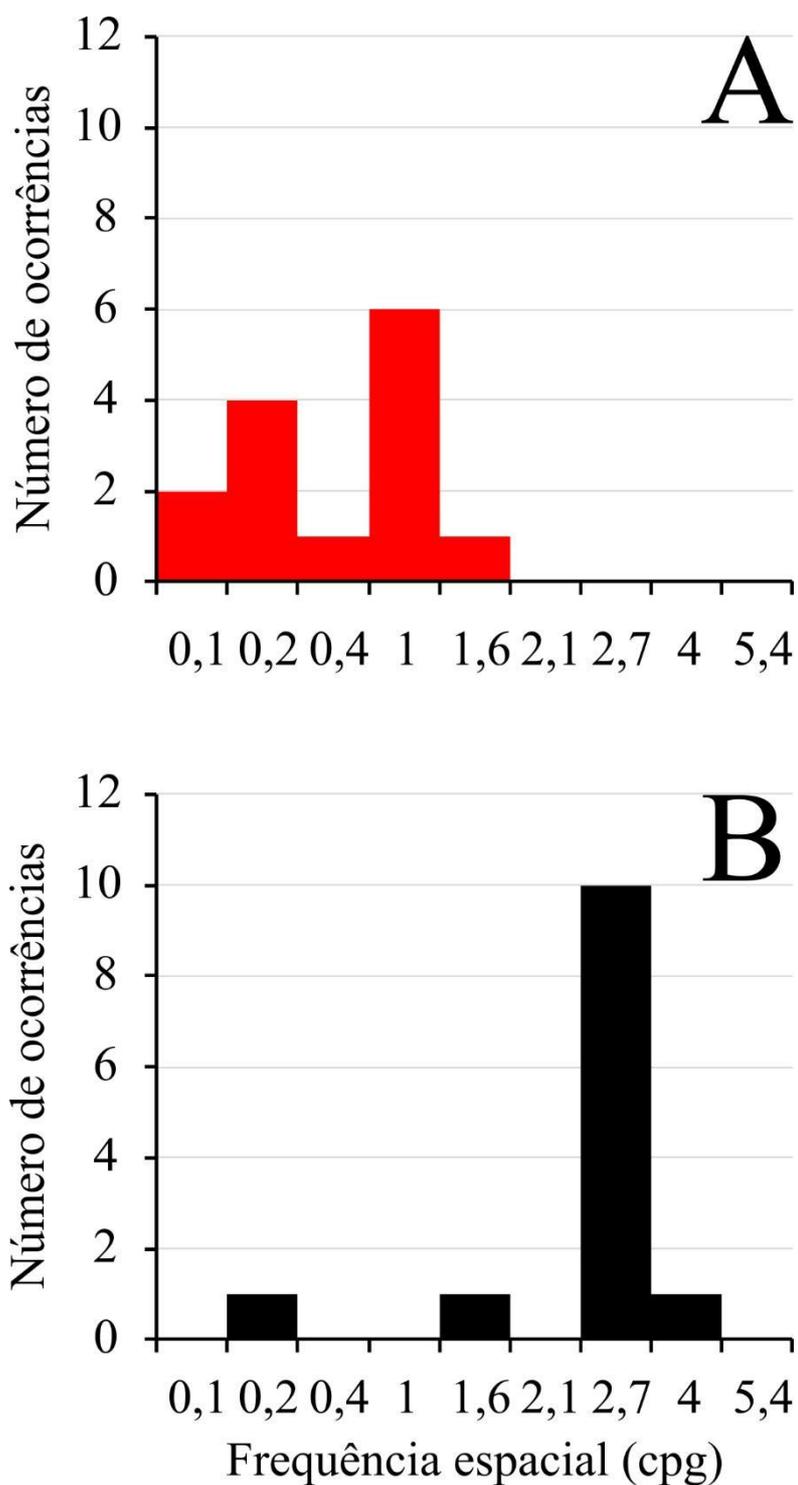


Figura 12. Distribuição do número de ocorrências que cada frequência espacial apresentou os menores limiares de discriminação de cor (A) e de luminância (B). Os testes de discriminação de cores tiveram melhores desempenhos nas frequências espaciais mais baixas e o teste de discriminação de luminância tiveram melhor desempenho nas frequências espaciais médias cpg: ciclos por graus de ângulo visual.

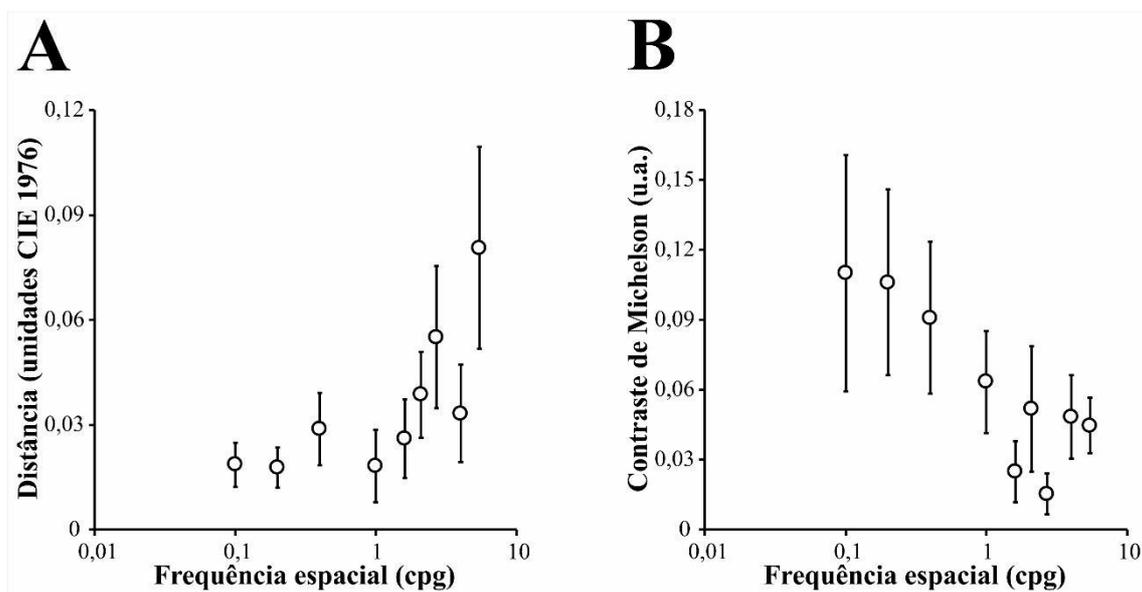


Figura 13. Contrastes limiares para discriminação de cor (A) e de luminância(B) em função das frequências espaciais.

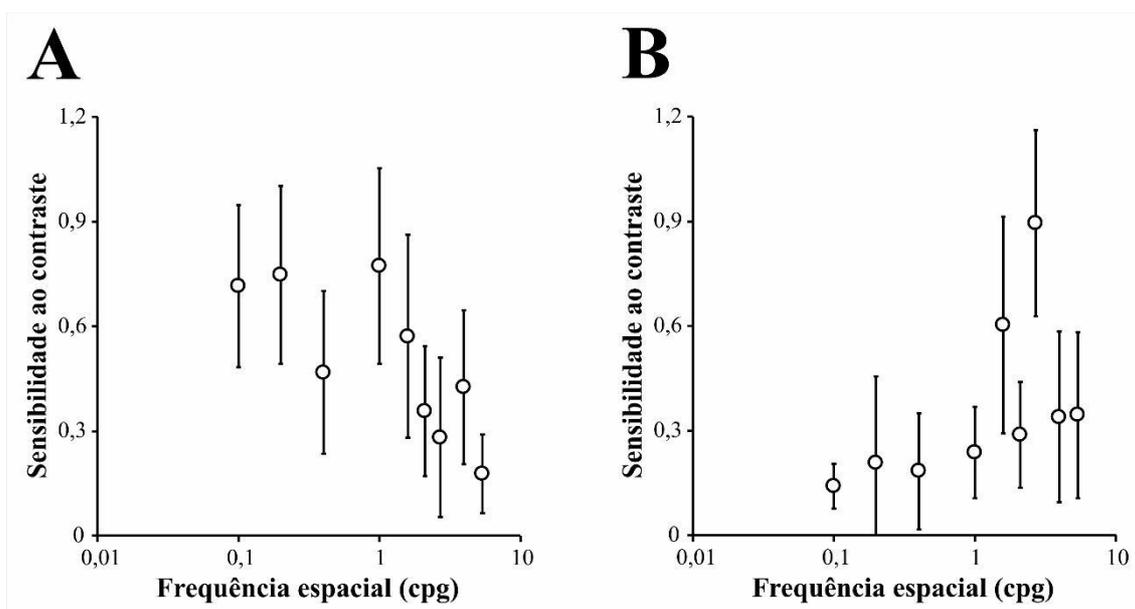


Figura 14. Médias das funções de sensibilidade ao contraste de cor e luminância. A função para a discriminação de cor teve um perfil passa-baixa de seletividade espacial, enquanto a função para a discriminação de luminância teve perfil passa-banda de seletividade espacial.

4.2. DISCRIMINAÇÃO DE COR E LUMINÂNCIA DO SUJEITO DISCROMATÓPSICO

A **Figura 15** mostra os limiares de discriminação de cor e de luminância do sujeito discromatopsico em função das frequências espaciais. É observado que a discriminação limiar de cor verde-vermelha foi diminuída em todas as frequências espaciais em comparação com os limiares dos tricromatas normais, no entanto a função continuou apresentando perfil passa-baixa, assim como os tricromatas normais. A discriminação limiar de luminância do sujeito deuteranópico não diferiu dos dados dos sujeitos tricromatas normais.

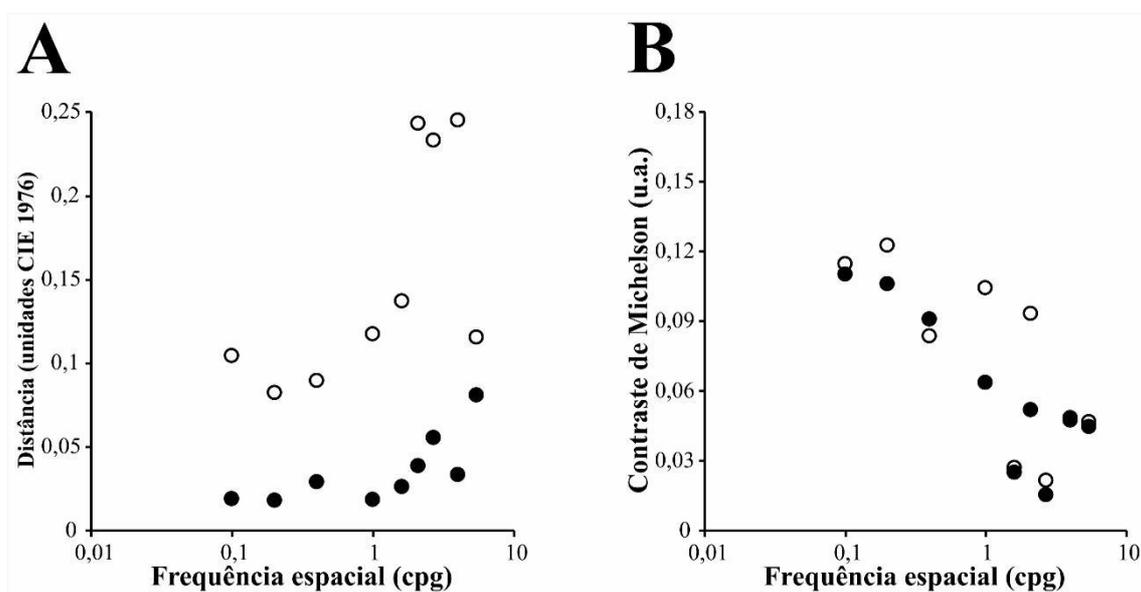


Figura 15. Comparação dos resultados obtidos do sujeito discromatopsico deuteranópico com os valores médios do grupo tricromata para os testes de discriminação de cor (A) e de luminância (B). A discriminação limiar de contraste de cor do sujeito discromatopsico (círculos brancos) foi sempre inferior à discriminação média dos sujeitos tricromatas normais (círculos pretos). Não houve diferença entre a discriminação limiar de contraste de luminância entre o sujeito discromatopsico e a média dos sujeitos tricromatas normais.

5. DISCUSSÃO

Nesta dissertação foi buscado estimar a função de sensibilidade ao contraste de cor e de luminância usando estímulos de mosaicos que misturam informações de cor e de luminância e foi encontrado que a seletividade espacial para as discriminações de cor e de luminância eram diferentes. A seletividade espacial de cor apresentou perfil passa-baixa e a seletividade espacial de luminância apresentou perfil, sugestivo, passa-banda.

Os resultados desta dissertação devem-se unicamente à discriminação isolada do contraste de cor (função de sensibilidade ao contraste cromático) e do contraste de luminância (função de sensibilidade ao contraste de luminância). Os estímulos utilizados neste trabalho apresentam características vantajosas para isolar as informações de cor e luminância na realização de tarefas discriminativas. Já é largamente conhecido que as placas pseudoisocromáticas permitem a discriminação de cor baseada apenas na diferença de cromaticidade (Regan *et al.*, 1994), visto a presença de um ruído espacial de tamanho dos elementos do mosaico assim como a presença de um ruído de luminância nos elementos do mosaico. Este mesmo princípio foi aplicado a todos os estímulos destinados a tarefas de discriminação de cor neste trabalho. Aqui também, introduzimos um estímulo com características espaciais compatíveis com estímulos pseudoisocromáticos, mas que pudessem ser utilizados à avaliação da discriminação de luminância. Neste estímulo foi empregado o mesmo ruído espacial já utilizado para as tarefas de discriminação de cor e um ruído de cor para mascarar a diferença de luminância entre as faixas do alvo do estímulo. Este novo conceito de estimulação foi desenvolvido no laboratório de neurologia tropical da Universidade Federal do Pará, o qual tem sido apresentado resultados prévios para seus estudos (Lacerda *et al.*, 2015; Miquilini *et al.*, 2016; Souza *et al.*, 2016).

Estudos que buscaram investigar a função de sensibilidade ao contraste de luminância são mais antigos que os estudos que se dedicaram a investigar a mesma função

para a discriminação cromática (Schade, 1956; Campbell & Green, 1965; Campbell & Robson, 1968; Campbell & Maffei, 1970; Kelly, 1983; Mullen, 1985). Os estudos para avaliação acromática são mais abundantes em relação àqueles para avaliação cromática. Além disso, pesquisar a visão espacial de cores é mais oneroso uma vez que é mais difícil obter resultados puramente cromáticos em um estímulo visual devido às propriedades ópticas naturais presentes nos olhos, isto acarreta na necessidade de um estímulo possuir uma equalização em sua luminância para não interferir nos resultados (Mullen, 1985). No presente estudo, os problemas quanto à presença de aberrações cromáticas foram resolvidos inserindo o ruído de luminância no estímulo. A distribuição aleatória de valores de luminância formava um mascaramento sobre a diferença de cor entre as faixas do alvo e dentre estas e o fundo.

Os resultados dos estudos psicofísicos têm mostrado que para redes estáticas existem dessemelhanças entre o formato da função que descreve a discriminação espacial contraste de cor e de luminância. A discriminação espacial de contraste de luminância em função das frequências espaciais em condições sem variação temporal do contraste foi encontrada ser maior em um conjunto de frequências espaciais médias e com atenuação nas frequências espaciais maiores e menores, caracterizando o que é conhecido como perfil passa-banda (Schade, 1956, Campbell & Green, 1965; Mullen, 1985). Já a discriminação de contraste de cor no domínio das frequências espaciais mostrou pouca atenuação nas frequências espaciais baixas, sendo mantida o nível de sensibilidade do pico da função encontrada nas frequências espaciais médias e forte em frequências espaciais baixas (Van Der Horst & Bouman, 1969; Granger & Heurtley, 1973; Mullen, 1985). Todavia, Bradley, Switkes & De Valois (1988) encontraram que a função de sensibilidade ao contraste de cor quando estimada após adaptação a estímulos cromáticos em determinadas frequências espaciais, deixava de ter perfil passa-baixa e passava a apresentar perfil passa-banda,

sugerindo que a função passa-baixa original seria composta por submecanismos que apresentavam perfil passa-banda. Nos estudos de Vimal (1998; 2002) foi descrita a presença de múltiplos mecanismos (C1, C2, C3, C4, C5 e C6) formando a função de sensibilidade ao contraste de cor. Dentre esses mecanismos, apenas um deles (C1) apresentava sintonia passa-baixa e os demais apresentavam sintonia passa-banda. No presente trabalho foi possível replicar os resultados clássicos, mesmo sem usar redes senoidais. Foram encontrados os mesmos perfis de seletividade espacial de cor (passa-baixa) e de luminância (passa-banda), mostrando que os mosaicos gerados isolavam os mecanismos psicofísicos já descritos por outras investigações anteriormente. A vantagem da presente abordagem se dá principalmente na estimativa da sensibilidade ao contraste de cor que não necessita de nenhum método prévio para a realização da equalização de luminância das cores das faixas constituintes do estímulo (Gomes *et al.*, 2006) ou da utilização de uma grande quantidade de combinações de estímulos cromáticos com diferentes razões de luminância entre os elementos das redes do estímulo (Mullen, 1985), tornando os testes de discriminação de cor mais rápidos.

Muitos estudos têm se dedicado a pesquisar sobre respostas visuais para estímulos que combinem cor e luminância (Mullen, 1985; Lee *et al.*, 2011; Cooper *et al.*, 2012; Li *et al.*, 2015; Souza *et al.*, 2014; Risuenho *et al.*, 2015; Méndez *et al.*, 2016). Os mecanismos perceptuais que processam a informação conjunta de cor e luminância devem ter como ponto de partida as informações de saída das células ganglionares M e P (Lee *et al.*, 2011). Essas duas populações de neurônios são capazes de processar a informação de cor e de luminância com diferentes sensibilidades ao contraste e seletividade espacial (Hicks *et al.*, 1983). A informação de cor e luminância parte da retina para o núcleo geniculado lateral e daí mantém-se segregado até a chegada no córtex visual primário (Silveira *et al.*, 2004; Conway, 2015). Os sinais cromáticos e de luminância podem ser processados separados ou

em conjunto no córtex visual primário (Johnson *et al.*, 2001; Li *et al.*, 2014; Xing *et al.*, 2015). Johnson *et al.* (2011) mostraram que os neurônios responsivos para apenas a informação de luminância estavam localizados principalmente na camada 4 do córtex visual primário, enquanto os neurônios responsivos unicamente para cor estavam localizados nas camadas 2/3 do córtex visual primário e os neurônios que respondiam para cor e para luminância estavam principalmente localizados na camada 6 do córtex visual primário. Eles observaram que tantos os neurônios responsivos apenas à luminância quanto os neurônios responsivos à cor apresentavam seletividade espacial do tipo passa-banda, enquanto os neurônios seletivos à informação isolada de cor apresentavam sintonia passa-baixa para as respostas no domínio das frequências espaciais. Li *et al.* (2015) encontraram que, assim como Johnson *et al.* (2001), as células que respondiam conjuntamente para cor e luminância estavam localizadas nas camadas profundas do córtex visual primário e codificavam uma grande diversidade de combinação de bordas cromáticas e acromáticas que eram equiparadas à distribuição de bordas presentes em imagens naturais. Os autores sugerem que as células do córtex visual primário combinem as informações de cor e luminância para aumentar diversidade de campos receptivos. O presente trabalho mostra resultados de tarefas de discriminação de cor mascarada por contraste de luminância e de tarefas de discriminação de luminância mascarada por contraste de cor. Os resultados de seletividade espacial para discriminação de cor encontrados nesta dissertação se assemelham àqueles encontrados na retina (Lee *et al.*, 2011), no núcleo geniculado lateral (Hicks *et al.*, 1983), no córtex visual primário (Johnson *et al.*, 2001) e na psicofísica visual (Mullen, 1985), no qual a sintonia passa-baixa é a uma das principais características da ativação de vias de oposição cromática. A sintonia passa-banda encontrada para a discriminação de luminância no presente trabalho também se encontra de acordo com os achados na retina (Lee *et al.*, 2011) e no núcleo geniculado lateral (Hicks *et al.*, 1983). No

córtex visual primário (Johnson *et al.*, 2001) também foi encontrado que células responsivas apenas para luminância tinham seletividade espacial passa-banda, assim como as células responsivas para cor e luminância. Devido ao estímulo usado para estimar a discriminação de luminância ser mascarado por um ruído cromático, é difícil sugerir se a atividade isolada da população neuronal responsiva para luminância ou a população neuronal responsiva para luminância e cor é o substrato celular dos nossos achados, além da possibilidade de nossos achados serem resultado da ativação conjunta desses dois grupos neuronais. Uma hipótese alternativa para explicar os resultados também seria que a via P era a base do processamento das funções cromáticas passa-baixa e a via M seria a responsável pelas funções acromáticas passa-banda, visto que ambas as vias respondem para os estímulos de contraste de cor e de luminância com diferentes sensibilidades (Lee *et al.*, 1989). Visto a pouca compreensão dos mecanismos de interação das informações de cor e de luminância no córtex visual, pode-se especular que as vias M e P podem estar contribuindo para as respostas comportamentais ao longo de todo o domínio das frequências espaciais, no entanto com diferentes balanços de contribuição, como sugerido para explicar outros mecanismos fisiológicos no córtex visual primário (Souza *et al.*, 2007; 2008).

Os dados oriundos dos testes realizados pelo sujeito discromatópsico também confirmam que os resultados são dependentes da percepção isolada de cor e de luminância nos dois diferentes testes. A sensibilidade ao contraste cromática do sujeito deuteranópico apresentou redução acentuada em todas as frequências espaciais comparada aos sujeitos controles, enquanto a sensibilidade ao contraste acromático apresentou valores semelhantes àqueles estimados do grupo controle em todas as frequências espaciais.

O presente estudo tem como limitações a faixa de frequências espaciais usadas, limitando-se em frequências espaciais tão altas quanto 5,4 cpg, diferindo de outros estudos

que utilizaram frequências maiores (Mullen, 1985). Isso ocorreu devido os círculos constituintes do mosaico terem sido configurados proporcionalmente ao período do ciclo espacial do estímulo. Esta estratégia foi escolhida como forma de manter valores semelhantes de elementos no mosaico por área de faixa contrastante na rede, caso contrário as redes de frequência espaciais mais baixas teriam sempre mais elementos de mosaico por área de faixa contrastante que os estímulos de frequências espaciais altas. Uma forma de consertar essa limitação no futuro seria o uso de monitores maiores ou mesmo projetores. Outra extensão natural da presente investigação é o uso de outros tipos de contrastes de cor, como azul-amarelo, ou combinações dos mecanismos oponentes verde-vermelho e azul-amarelo.

6. CONCLUSÃO

A presente pesquisa concluiu que mecanismos de processamento cromático e de luminância podem ser estudados separadamente através de experimentos psicofísicos com estímulos de mosaico. A sintonia passa-banda foi característica das percepções limiares de luminância e a sintonia passa-baixa caracterizou as respostas limiares para cor ao longo das frequências espaciais. Diferentes tipos neuronais podem estar contribuindo para a geração das respostas observadas no presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- Bradley, A., Switkes, E., & De Valois, K. (1988). Orientation and spatial frequency selectivity of adaptation to color and luminance gratings. *Vision research*, 28(7), 841-856.
- Campbell, F. W. & Green, D. C. (1965). Optical and retinal factors affecting visual resolution. *Journal of physiology*, London, v.181, p. 576-93.
- Campbell, F. W. & Robson, J. G. (1968). Application of Fourier analysis to the visibility of gratings. *Journal of physiology*, London, v.197, p.551-66.
- Campbell, F. W. & Maffei, L. (1970). Electrophysiological evidence for the existence of orientation and size detectors in the human visual system. *Journal of physiology*, London, v.207, p. 635-52.
- Campbell, F. W. & Maffei, L. (1974). Contrast and spatial frequency. *Scientific american*, 231, 106-114.
- Conway, B. R. (2014). Color signals through dorsal and ventral visual pathways. *Visual neuroscience*, 31(02), 197-209.
- Cooper, B., Sun, H., & Lee, B. B. (2012). Psychophysical and physiological responses to gratings with luminance and chromatic components of different spatial frequencies. *JOSA A*, 29(2), A314-A323.
- Cruz, A. A. V., & Machado, A. J. (1995). Sensibilidade ao contraste. *Arq. bras.oftalmol*, 58 (5), 384-6.
- Dain, S. J., Cassimaty, V. T., & Psarakis, D. T. (2004). Differences in FM 100-Hue test performance related to iris colour may be due to pupil size as well as presumed amounts of macular pigmentation. *Clinical and experimental optometry*, 87, 322-325.
- De Valois, R. L. & De Valois, K. K. (1988). *Spatial vision*. New York: Oxford University Press.
- Enroth-Cugell, C. & Robson, J. M. (1966). The contrast sensitivity of retinal ganglion cells of the cat. *Journal of physiology*, 187, 512-552.

- Gomes, B. D., Souza, G. D. S., Rodrigues, A. R., Saito, C. A., Silva Filho, M. D., & Silveira, L. C. D. L. (2006). Estimativa da sensibilidade ao contraste espacial de luminância e discriminação de cores por meio do potencial provocado visual transiente. *Psicologia USP*, 17(4), 63-85.
- Granger, E. M., & Heurtley, J. C. (1973). Visual chromaticity-modulation transfer function. *Journal of the optical society of America*, 63, 1173-1174.
- 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.
- Johnson, E. N., Hawken, M. J; Shapley, R. (2001). The spatial transformation of color in the primary visual cortex of the macaque monkey. *Nature*, 4:409-416.
- Kaplan, E., & Shapley, R. M. (1986). The primate retina contains two types of ganglion cells, with high and low contrast sensitivity. *Proceedings of the national academy of sciences*, 83(8), 2755-2757.
- Kaiser, P. K., Lee, B. B., Martin, P. R., & Valberg, A. (1990). The physiological basis of the minimally distinct border demonstrated in the ganglion cells of the macaque retina. *The Journal of physiology (London)*, 422, 153-83.
- Kelly, D. H. (1983). Spatiotemporal variation of chromatic and achromatic contrast thresholds. *Journal optical society of America*, 73:742-750.
- Krill, A. E. (1972). Evaluation of Color Vision. In: Hereditary Retinal and Choroidal Diseases. A. E. Krill. London, *Harper & How*.309-340.
- Lacerda, E. M. D. C. B. (2015). Development of a new stimulus to estimate luminance contrast threshold based in the presence of color and spatial noise. IBRO, Rio de Janeiro, Brasil.
- Lee, B. B., Martin, P. R., & Valberg, A. (1988). The physiological basis of heterochromatic flicker photometry demonstrated in the ganglion cells of the macaque retina. *Journal of physiology (London)*, 404, 323-347.

- Lee, B. B.; Martin, P. R.; Valberg, A. (1989). Sensitivity of macaque retinal ganglion cells to chromatic and luminance flicker. *Journal of physiology*, London, v. 414, p. 223-43.
- Lee, B. B., Pokorny, J., Smith, V. C., Martin, P. R., & Valberg, A. (1990) Luminance and chromatic modulation sensitivity of macaque ganglion cells and human observers. *Journal of the optical society of America A*, 7, 2223-2236.
- Lee, B. B. (2011). Visual pathways and psychophysical channels in the primate. *The journal of physiology*, 589(1), 41-47.
- Leonova, A., Pokorny, J., Smith, V. C. (2003). Spatial frequency processing in inferred PC-and MC-pathways. *Vision research*, v. 43, p. 2133-9.
- Li, X., Chen, Y., Lashgari, R., Bereshpolova, Y., Swadlow, H. A., Lee, B. B., & Alonso, J. M. (2015). Mixing of chromatic and luminance retinal signals in primate area V1. *Cerebral cortex*, 25(7), 1920-1937.
- Méndez, I. C., Martín, A., Charmichael, T. L., Jacob, M. M., Lacerda, E. M., Gomes, B. D., ... & Souza, G. S. (2016). Color discrimination is affected by modulation of luminance noise in pseudoisochromatic stimuli. *Frontiers in psychology*, 7.
- Miquilini, L. A. F. (2016). Discriminação de luminância através de ruído espacial de cor e tamanho: papel da magnitude e composição cromática do ruído. FeSBE, Foz do Iguaçu, Brasil.
- Mollon, J. D. & Reffin, J. P. (1989). A computer-controlled colour vision test that combines the principles of Chibret and of Stilling. Proceedings of the Physiological Society. *Journal of physiology* (London), 414, 5.
- Mullen, K. T. (1985). The contrast sensitivity of human colour vision to red-green and blue-yellow chromatic gratings. *The journal of physiology*, 359 (1), 381-400.

- Porkony, J.; Smith, V. C. (1997). Psychophysical signatures associated with magnocellular and parvocellular pathway contrast gain. *Journal of the optical society of America A*, v.14, p.2477-86.
- Regan, B. C; Reffin, J. P; Mollon, J. D. (1994). Luminance noise and the rapid determination of discrimination ellipses in colour deficiency. *Vision research*, 34:1279-1299.
- Regan, D. (2000). Human perception of objects: early visual processing of spatial form defined by luminance, color, texture, motion, and binocular disparity. Sunderland, MA, USA: Sinauer Associates.
- Risuenho, B. B., Miquilini, L., Lacerda, E. M. C., Silveira, L. C. L., & Souza, G. S. (2015). Cortical responses elicited by luminance and compound stimuli modulated by pseudo-random sequences: comparison between normal trichromat and congenital red-green color blinds. *Frontiers in psychology*, 6.
- Robson, J.G. (1966). Spatial and temporal contrast sensitivity functions of the visual system. *Journal of the optical society of America*, 56, 1141-2.
- Santos, N. A.; Simas, M. L. B. (2001). Função de sensibilidade ao contraste: indicador da percepção visual da forma e da resolução espacial. *Psicologia: reflexão e crítica*, v. 14, n.3, p. 589-597.
- Schade, O. H. (1956). Optical and photoelectric analog of the eye. *Journal of optical society of America*, v.46, p.721-39.
- Shapley, R., Kaplan, E., & Purpura, K. (1993). Contrast sensitivity and light adaptation in photoreceptors in the retinal network. *Contrast sensitivity*, 5, 103-116.
- Silveira, L. C. L., Saito, C. A., Lee, B. B., Kremers, J., da Silva Filho, M., Kilavik, B. E., ... & Perry, V. H. (2004). Morphology and physiology of primate M- and P-cells. *Progress in brain research*, 144, 21-46.

- Souza, G. S., Gomes, B. D., Saito, C. A., da Silva Filho, M., & Silveira, L. C. L. (2007). Spatial luminance contrast sensitivity measured with transient VEP: comparison with psychophysics and evidence of multiple mechanisms. *Investigative ophthalmology & Visual science*, *48*(7), 3396-3404.
- Souza, G. S., Gomes, B. D., Lacerda, E. M. C., Saito, C. A., Da Silva Filho, M., & Silveira, L. C. L. (2008). Amplitude of the transient visual evoked potential (tVEP) as a function of achromatic and chromatic contrast: contribution of different visual pathways. *Visual neuroscience*, *25*(03), 317-325.
- Souza, G. D. S., Gomes, B. D., & Silveira, L. C. L. (2011). Comparative neurophysiology of spatial luminance contrast sensitivity. *Psychology & neuroscience*, *4*(1), 29-48.
- 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., ...& 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.
- Souza, G. S. (2016). Application of chromatic and spatial noise to mask stimulus for luminance contrast threshold estimates, ARVO, Seattle, Estados Unidos da América.
- Schwartz, S. H. (2010). *Visual perception: A clinical orientation*. New York: McGraw Hill, 4^aEd.
- Switkes, E., Bradley, A., & De Valois, K. K. (1988). Contrast dependence and mechanisms of masking interactions among chromatic and luminance gratings. *JOSA A*, *5*(7), 1149-1162.
- Thomas, J. P. (1986). Spatial vision then and now. *Vision research*, *26*, 1523-1530.
- Van der Horst, G. J. C., & Bouman, M. A. (1969). Spatiotemporal chromaticity discrimination. *Journal of the optical society of America*, *59*, 1482-1488.

- Vimal, R. L. P. (1998). Spatial-frequency tuning of sustained non oriented units of the red–green channel. *Journal of the optical society of America*, 15(1), 1-15.
- Vimal, R. P. (2002). Spatial-frequency-tuned mechanisms of the Red–Green channel estimated by oblique masking. *Journal of the optical society of America*, 19(2), 276-288.
- Wyszecki, G. & Stiles, W. S. (1982). *Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and formulae*. (2nd ed.). New York: Wiley.
- Xing, D., Ouni, A., Chen, S., Sahmoud, H., Gordon, J., & Shapley, R. (2015). Brightness–Color Interactions in Human Early Visual Cortex. *Journal of neuroscience*, 35(5), 2226-2232.

APÊNDICE



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
PROJETO: FUNÇÃO DE SENSIBILIDADE AO CONTRASTE DE LUMINÂNCIA E
DE COR PARA ESTÍMULOS DE MOSAICO .

ESCLARECIMENTO DA PESQUISA

Este projeto tem o objetivo estimar a função de sensibilidade ao contraste de cor e luminância usando estímulos de mosaicos variegados utilizando estímulos pseudoisocromáticos. Para isso, será utilizado um teste pseudoisocromático em grades com contraste cromático verde-vermelho e de luminância que consiste na apresentação de um mosaico compostos por diferentes círculos entre si, com tamanhos e brilhos próprios, posicionados em grades verticais, que se destacam do fundo devido ao seu contraste cromático. O teste avalia o limiar de contraste cromático e de luminância gerados a partir da diferença perceptual entre o alvo e o fundo no qual o mesmo está inserido. As pessoas que participarem deste estudo terão a simples tarefa de verbalizar se elas enxergam o alvo num primeiro ou em um segundo momento de exposição. Os botões que controlam o computador serão manipulados pelo pesquisador mediante a resposta do participante. 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. Os procedimentos não são invasivos e serão aplicados nos sujeitos que **voluntariamente** desejarem passar pelo teste visual.

O possível desconforto do projeto para a pessoa que será testada está na disposição tempo para as avaliações e duração do teste e da 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 e de luminância. Deixamos claro que as pessoas testadas serão voluntárias e poderão desistir em qualquer parte do processo do teste, desde a avaliação até durante a sua aplicabilidade. 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. Patricia Seixas Alves
Santos

End.: Avenida Generalíssimo Deodoro, 92. Fone:
32010964/999044892/989342555

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@ufpa.br

ANEXOS

Anexo A - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITO DO RUIDO SIMBÓLICO SOBRE A DISCRIMINAÇÃO DE CORES UTILIZANDO ESTÍMULOS PSEUDOISOCROMATICOS.

Pesquisador: Givago da Silva Souza

CAAE: 21973813.3.0000.5172

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

Data da Relatoria: 13/02/2014

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 de mosaicos 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 seres 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.

Recomendações:

Recomendo a aprovação do Projeto.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O autor realizou as alterações sugeridas pelo relator anterior.

Situação do Parecer:

Aprovado